

【 신청서 요약문 】

〈신청서 요약문〉

중심어	지식의 지평 확장	신진과학자 육성	물리학 글로벌 리더 양성
	첨단 물리 지식 함양	미래 대처 능력 증진	리더 능력 함양
	혁신적인 연구	함께하는 연구	포스텍 플레그십 연구
교육연구 단의 비전과 목표	포스텍 물리교육연구단의 비전은 '탄탄한 기초실력으로 지식의 지평을 넓히는 신진과학자 육성'이다. BK21 FOUR가 종료되는 2027년에는 포스텍 물리교육연구단이 세계 정상급 대학(세계 20위권)과 대등하게 경쟁하는 수준에 도달하고자 한다. 물리학 분야의 글로벌 리더를 양성하고 세계 정상급 연구업적으로 인정받는 포스텍 브랜드 연구성과 7건 달성을 목표로 한다. 이 목표를 달성하기 위해 포스텍 물리교육연구단에서 배출되는 신진과학 인력이 (1) 첨단 물리 지식, (2) 미래 대처 능력, (3) 리더 능력 을 갖추 수 있도록 교육환경을 구축하고자 한다. 또한, 연구 측면에서는 (a) 혁신적인 연구, (b) 함께하는 연구, (c) 포스텍 플레그십 연구 를 통해 연구역량을 증진시키려 한다.		
교육역량 영역	포스텍 물리교육연구단은 지난 BK21과 BK21 Plus을 통해 혁신한 석·박사 통합과정 중심의 기초 및 첨단 분야의 전공교육 체계를 계승하면서, 급변하는 사회요구에 대처할 수 있는 창의·융합 능력과 학생 중심의 건강한 연구 교육이 강조된 교육 프로그램을 완성하고자 한다. 3대 교육 핵심과제인 '학문의 깊이와 너비를 겸비하는 연구교육', '학생중심의 건강한 연구·진로 멘토링', '능동적이고 소통하는 리더교육'을 중심으로 교육 프로그램과 지원체계를 확립한다. • 교과과정 - 교과과정을 통해 얻은 기초핵심능력과 심화된 전문지식을 바탕으로 학문의 경계를 넘는 안목을 갖추고, 이를 첨단·융합 연구에 적용하는 교육과 연구의 선순환을 달성한다. • 학사관리 - 기존의 엄정하고 합리적인 학사제도를 유지하면서, 학생의 필요에 관심을 갖는 학생 중심의 건강한 학사관리와 스스로 몰입하고 협력할 수 있는 연구환경을 지원한다. • 산업·사회·과학문제 해결 교육 - 산업계와 학계의 즉각적인 필요와 유행보다 산업과 과학 발전의 기초 원천을 발굴하는 역량 교육에 집중하고 지역사회와 소통하는 리더로서의 자질을 함양하는 기회를 제공한다. • 인력양성 및 국제화 - 소수정예의 원칙하에 대학원생(교수당 평균 6명)과 신진연구인력(연간 5~6명)을 유지하되 우수 인력 확보-육성-홍보의 선순환 체계를 만들고, 자기주도적이고 국제적 연구소양을 갖춘 글로벌 연구리더 양성에 집중한다. BK21 FOUR 사업기간 동안 첨단물리 지식 (Frontier Knowledge), 미래대처 능력 (Adaptability), 리더 능력 (Leadership)의 전문성을 갖춘 글로벌 물리 인재 양성소로 자리매김하고자 한다.		

연구역량 영역	포스텍 물리교육연구단은 우리나라 기초과학의 명맥을 이어나가는 역할을 자임한다. 대외적으로는 튼튼한 기초지식과 창의적인 사고방식으로 급변하는 사회가 요구하는 국가과학기술 창출을 뒷받침하는 것을 목표로 한다. 대내적으로는 단기적인 성과를 지양하고 지적 호기심에서 출발하여 근원적인 질문에 답하는 연구를 일생에 걸쳐 수행하는 문화를 정착시키고자 한다. '혁신적인 연구', '함께하는 연구', '포스텍 플래그십 연구'를 3대 추진 방향으로, 이에 맞춰 연구 제도를 정비하며 '유치-육성-도약'의 선순환적인 연구역량 강화 전략을 수립하였다: • 유치 - 긴 호흡으로 깊이 있는 연구에 몰입할 수 있도록 교원 평가 제도를 정비하고 '혁신적인 연구'를 중시하는 포스텍 물리교육연구단만의 고유한 색깔을 선명하게 드러냄으로써 세계선도형 연구를 추구하는 인재를 유치한다. • 육성 - 기존 연구의 정형화된 주제를 초월하여 혁신형 연구를 선도할 수 있도록 각 연구실이 가진 전문분야의 경계를 넘나드는 활발하고 자연스러운 융합연구를 촉진하는 '함께하는 연구' 문화를 마련한다. • 도약 - 유망한 분야를 발굴, '포스텍 플래그십'으로 집중 육성하여 이를 구심점으로 다시 새로운 혁신적인 연구의 토양이 갖춰지는 선순환 구조를 구축한다. BK21 FOUR 사업기간 동안 한국브랜드 연구성과 7건 이상 달성을 목표로, 물리현상의 근본적인 이해를 일관되게 추구하는 연구에 집중하여 우리나라 기초과학의 산실로 거듭나고자 한다.
기대 효과	• 첨단물리지식과 글로벌 리더십을 갖추고 급변하는 사회에 능동적으로 대처하는 과학기술 인력양성을 통해 21세기 지식기반 사회를 선도한다. • 세계 정상급 혁신적 연구 성과의 창출로 포스텍 브랜드 제고 및 국가경쟁력을 강화한다. • 학령인구 저하 시대에 우수 연구인력의 안정적 배출을 통한 국가적 연구역량을 제고한다. • 국제적 수준의 경쟁력 있는 교육, 연구 프로그램 개발과 제공으로 국가 교육제도 개선 및 정상화에 기여한다. • 세계적 수준의 연구, 교육 역량 강화를 통해 해외 우수학생을 유치한다.

I . 교육연구단 구성, 비전 및 목표

1. 교육연구단 구성

1.1 교육연구단장의 교육연구행정 역량

성 명	한글		영문	
소 속 기 관	포항공과대학교	단과대구분없음		물리학과

<표 1-1> 교육연구단장 최근 5년간 연구실적

연 번	저자	논문제목/저서제목 /book chapter/ 설계작품명	저널명/ 학술대회명/ 출판사/행사명	권(호), 페이지 /ISSN/ISBN (pp. ** - **)	게재· 출판· 행사 연도	DOI 번호 (해당 시)
1		General instanton counting and 5d SCFT	Journal of High Energy Physics	JHEP 1507 (2015) 063	2015	10.1007/JHEP07(2015)0 63
2		Factorization of the 3d superconformal index with an adjoint matter	Journal of High Energy Physics	JHEP 1511 (2015) 028	2015	10.1007/JHEP11(2015)0 28
3		Elliptic genus of E- strings	Journal of High Energy Physics	JHEP 1709 (2017) 098	2017	10.1007/JHEP09(2017)0 98
4		2D Seiberg-like dualities with an adjoint matter	Journal of High Energy Physics	JHEP 1710 (2017) 035	2017	10.1007/JHEP10(2017)0 35
5		On elliptic genera of 6d string theories	Journal of High Energy Physics	JHEP 1810 (2018) 100	2018	10.1007/JHEP10(2018)1 00

I. 교육연구단의 구성, 비전 및 목표

1. 교육연구단 구성

1.1 교육연구단장의 교육·연구·행정 역량

교육연구단장의 연구·교육·행정 역량

- (1) 인적사항: 포스텍 물리학과 교수 (입자물리 이론 전공)
- ☞ 포스텍 대학본부 교육위원 및 물리학과 교육비전위원회 위원장의 경험을 바탕으로 2016년 8월부터 연구와 교육의 균형적 발전을 위해 BK21 Plus 포스텍 물리사업단을 이끌었으며 그간의 발전에 기반 새로운 도약을 위해 4단계 BK21 포스텍 물리교육연구단을 이끌 예정입니다.
- (2) 교육 역량
- ☞ 포스텍 대학본부 교육위원 및 물리학과 교육비전위원회 위원장 역임.
- (3) 연구 역량
- ☞ 60 여 편 이상의 연구논문 발표 및 논문 1편당 평균 인용횟수 45회를 넘는 우수한 연구 성과 발표.
 - ☞ 'N=5,6 Superconformal Chern-Simons Theories and M2-branes on Orbifolds' (338회 (Google Scholar) / 302회 (inspirehep) 인용) 등 다수의 다인용 논문 발표.
 - ☞ 한국 끈 이론 및 장론 커뮤니티가 '3차원 및 고차원 초대칭 등각장론' 분야에서 국제적 리더 역할을 하는데 결정적 기여.
- (4) 국제적 인지도
- ☞ 끈 이론 분야의 최대 학회인 'Strings 2015' 초청강연을 비롯해서 다수의 국제학회 초청 강연.
- (5) 행정 역량
- 포스텍 BK21 Plus 물리사업단 사업단장 (2016. 08. ~ 현재).
 - 포스텍 물리학과 인사위원 및 대학 인사위원 (2015. 09. ~ 2019. 12.).
 - 포스텍 대학본부 교육위원 (2012. 09. ~ 2015. 08.).
 - 포스텍 물리학과 교육비전위원회 위원장 (2013. 09. ~ 2015. 08.).
 - 아태이론물리센터 (APCTP) Coordinator (2011 ~ 2016).
 - 포스텍 물리학과 부주임 (2017).

1.2 대학원 학과(부) 소속 전체 교수 및 참여연구진

<표 1-2> 대학원 학과(부) 소속 전체 교수 및 참여교수 현황

연번	성명 (한글/영문)		직급	연구자 등록번호	세부전공분야	신임교수	외국인	사업 참여
1					자성체물리	기존	내국인	참여
2					광과학	기존	내국인	참여
3					자성체물리	기존	내국인	참여
4					중시물리	기존	내국인	참여
5					자성체물리	기존	내국인	참여
6					플라스마물리	기존	내국인	참여
7					입자물리이론	기존	내국인	참여
8					에너지띠/전자구조	기존	내국인	참여
9					물성계측	기존	내국인	참여
10					에너지띠/전자구조	기존	내국인	참여
11					생물물리	기존	내국인	참여
12					생물물리	기존	내국인	참여
13					표면/경계면물리	기존	내국인	참여
14					물성계측	기존	내국인	참여
15					에너지띠/전자구조	신임	내국인	참여
16					중시물리	신임	내국인	참여
17					충돌및상호작용	신임	내국인	참여
18					입자물리이론	신임	내국인	참여

연번	성명 (한글/영문)		직급	연구자 등록번호	세부전공분야	신임교수	외국인	사업 참여
19					박막물리	신임	내국인	참여
20					에너지띠/전자구조	기존	내국인	미참여
21					비선형동역학	기존	내국인	미참여
22					양자정보	기존	내국인	미참여
23					응집물질물리	기존	내국인	미참여
24					초전도체물리/초전동비 정질	기존	내국인	미참여
25					가속기물리	기존	내국인	미참여
참여율							76.00	

1.3 교육연구단 대학원 학과(부) 현황

<표 1-3> 교육연구단 대학원 학과(부) 전임 교수 현황 (단위: 명, %)

기준일	대학원 학과(부)		전체 교수 수			기존 교수 수			신임 교수 수		
			전체	참여	참여비율 (%)	전체	참여	참여비율 (%)	전체	참여	참여비율 (%)
2020. 05.14	물리학과	임상, 건축학 인문사회계열 포함	25	19	76.00	20	14	70.00	5	5	100.00
		임상, 건축학 인문사회계열 제외	25	19	76.00	20	14	70.00	5	5	100.00

<표 1-4> 교육연구단 대학원 학과(부) 소속 전임 교수 변동 현황

(단위 : 명)

구 분	2017년		2018년		2019년		2020년		비고
	1학기	2학기	1학기	2학기	1학기	2학기	1학기	2학기	
전체 교수 수 (명)	24	24	27	26	25	25	26	26	
전임 교수 수 (명)	1	1	3	1	0	1	2	0	2020년 1학기 전임교수 수는 2020년 7월 임용 예정 신임교수 1명 포함
전출 교수 수 (명)	0	1	0	2	1	1	1	0	

<표 1-5> 최근 3년간 교육연구단 대학원 학과(부) 소속 전임 교수 변동 내역

연번	성명	변동 학기	전출/전입	변동 사유	비고
1		2017년 1학기	전입	신규 임용	
2		2017년 2학기	전출	정년퇴임	
3		2017년 2학기	전입	신규 임용	
4		2018년 1학기	전입	신규 임용	이전 직장: 전남대 물리학과 교수
5		2018년 1학기	전입	신규 임용	
6		2018년 1학기	전입	교내 타 학부에서 이동	첨단원자력공학부
7		2018년 2학기	전출	정년퇴임	
8		2018년 2학기	전출	정년퇴임	
9		2018년 2학기	전입	신규 임용	
10		2019년 1학기	전출	정년퇴임	
11		2019년 2학기	전출	정년퇴임	
12		2019년 2학기	전입	신규 임용	

연번	성명	변동 학기	전출/전입	변동 사유	비고
13		2020년 1학기	전출	교내 타 학부로 이동	첨단재료과학부
14		2020년 1학기	전입	교내 타 학부에서 이동	첨단재료과학부
15		2020년 1학기	전입	신규 임용	2020년 7월 임용 예정

<표 1-6> 교육연구단 대학원 학과(부) 대학원생 현황

(단위 : 명, %)

기준일	대학원 학과(부)	참여 인력 구성	대학원생 수											
			석사			박사			석·박사 통합			계		
			전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)
2020. 05.14	물리학과	전체	0	0	-	3	0	0.00	154	98	63.64	157	98	62.42
		자교 학사	0	0	-	0	0	-	84	53	63.10	84	53	63.10
		외국인	0	0	-	2	0	0.00	1	0	0.00	3	0	0.00
참여교수 대 참여학생 비율						515.79								

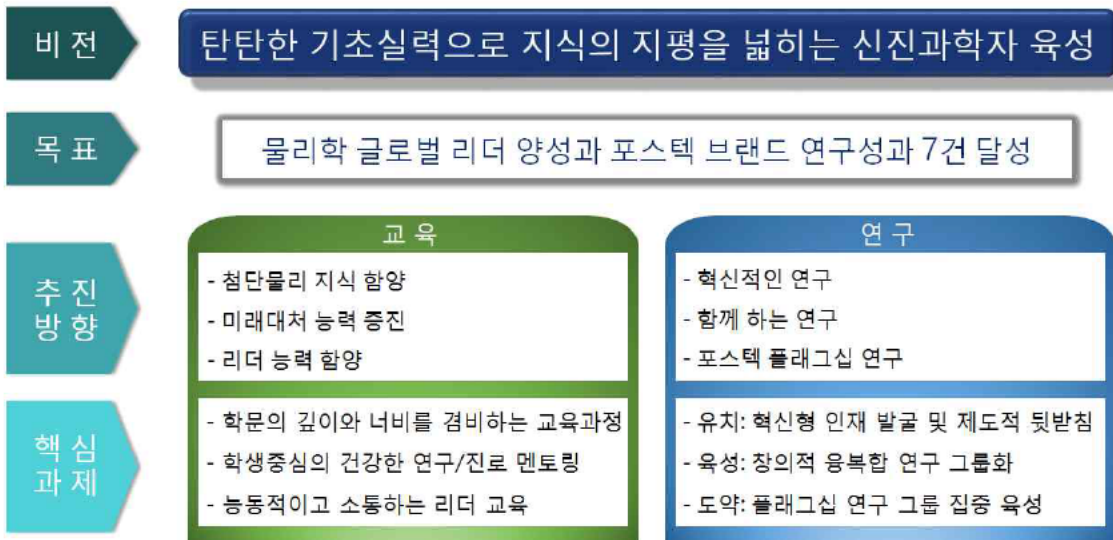
<표 1-7> 교육연구단 대학원 학과(부) 외국인 학생 현황

연번	성명	국적	학사출신대학	공인어학성적		비고
				국어	영어	
1		중국	Harbin Institute of Technology			
2		몽골	The National University of Mongolia		POSTECH ITP(550)	
3		파키스탄	Univ. of Punjab		Medium language	

2. 교육연구단의 비전 및 목표

2.1 교육연구단의 비전 및 목표

포스텍 교육연구단의 비전 및 목표



(1) 비전: 탄탄한 기초실력으로 지식의 지평을 넓히는 신진과학자 육성

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

(2) 목표: 물리학 글로벌 리더 양성과 포스텍 브랜드 연구성과 7건 달성

☞ 포스텍 물리교육연구단은 BK21 FOUR가 종료되는 2027년에는 세계 정상급 대학에 도달하고자 한다. BK21 FOUR 기간 동안, 세계 정상급 인재들과 대등하게 경쟁하는 신진과학자를 배출하고 ('II.3.2 대학원생 연구 수월성 증진계획' 참조) 국제 학계에서 포스텍 브랜드로 인정받는 연구 성과 7건 이상을 달성하는 것을 목표로 한다 ('III.1.3 교육연구단의 연구역량 향상 계획' 참조).

추진 방향

☞ 포스텍 물리교육연구단의 비전과 목표를 달성하기 위한 추진 방향을, 교육, 국제화, 연구 측면에서 아래에 제시한다.

(1) 교육 추진 방향

☞ 포스텍에서 배출되는 신진과학인력이 다음 세 가지 전문성을 갖추도록 교육 환경을 구축하고자 함.

○ 첨단물리 지식 (Frontier Knowledge)

- 물리학의 첨단 연구 주제들에 대한 전문적 지식 & 첨단 실험 기기 활용 능력.

○ 미래대처 능력 (Adaptability)

- '공대생이 1학년 때 배운 전공지식의 50%는 대학 졸업할 무렵이면 이미 시대에 뒤떨어진 지식이 될 정도로 사회 변화가 빠름 (출처: 세계경제포럼 2016년 보고서).
- 빠르게 변화하는 미래에 대처하기 위해 필요한 비판적 사고 능력, 협업 능력, 문제 해결 능력 함양.

○ 리더 능력 (Leadership)

- 리더는 비전을 제시하여 소속 집단에 동기 부여를 할 수 있어야 하고 이를 위해서는 미래에 대한 해안을 기반으로 전략적 목표를 설정 할 수 있어야 함.
- 또한 미래 목표에 대해 소속 집단과 소통하고 설득할 수 있는 능력이 필요.

(2) 국제화 추진 방향

☞ 포스텍 물리교육연구단은 다음 세 가지 측면에서 국제화 추진 계획.

○ 외향성 (Outbound) 국제화

- 국내에 국한되지 않고 세계 무대에서 활동하는 경쟁력 있는 신진인력 양성.

○ 내향성 (Inbound) 국제화

- 해외 우수 인력의 포스텍 취업/유학 등을 통해 포스텍 연구 경쟁력 강화.

○ 캠퍼스 국제화

- 포스텍의 내·외국인 구성원들이 영어를 통해 교육 및 연구를 진행하는 국제화된 캠퍼스 환경 구축.

(3) 연구 추진 방향

☞ 포스텍 물리교육연구단은 다음 세 가지 연구 추진 방향에 기반해 우수 연구 추진 계획.

○ 혁신적인 연구 (High Risk, High Reward)

- 기존 연구주제에서 성과를 개선하는 추적형 연구만으로는 학계에 미치는 영향력이 세계 정상급 대학과 대등해지는 것은 불가능.
- 추적형 연구에서 벗어나 ‘학문의 지평을 넓히는’ 혁신적인 연구 독려.

○ 함께 하는 연구 (Connectedness)

- 혁신적인 연구 결과는 여러 연구자의 공동연구를 통해 얻어지는 경우가 점점 많아지고 있음.
- 탈경계 (Frontiers Beyond the Border) 공동연구를 장려하는 문화 구축.

○ 포스텍 플래그십 연구 (POSTECH Flagship)

- 세계 정상급 대학들은 새로운 분야를 열고 국제 학계를 이끌어 가는 저명한 플래그십 연구자들이 있다는 점에서 다른 대학들과 차별화 됨.
- 포스텍 물리교육연구단을 대표하는 플래그십 연구자 및 연구분야가 만들어지는 환경 구축.

벤치마킹

☞ 물리분야 6대 정상급 대학 (Caltech, Stanford Univ., Univ. of California Berkeley, Univ. of Chicago, MIT, Harvard Univ.) 벤치마킹을 통해 파악한 주요 사항을 아래와 같이 정리한다.

(1) 교육 과정

○ 위 벤치마킹 대학은 수월성을 갖춘 엘리트 양성을 궁극적 목표로 다음 세 가지 덕목 강조.

- 기초핵심 (Core) 역량: 양자물리, 전자기, 통계물리, 역학 등 핵심과목 강조 (전체 벤치마킹 대학).
- 전문성 (Specialty): 세부전공 분야 강화 (전체 벤치마킹 대학).
- 학문적 너비 (Breadth): 비전공 분야 과목 수강 의무화 (Harvard, Univ. of Chicago, MIT)
 - 다양한 분야에 대한 학습 강조 및 연수, 파견, 교환 프로그램을 통한 다양한 경험 취득 강조.
 - ‘미래대처 능력’ 증진 및 ‘함께 하는 연구’를 위해서는 학문적 너비가 필수.

○ 기초핵심과 전문성 추구의 경우 모든 벤치마킹 대학에 공통 목표이며, 일부 대학의 경우는 학문적

너비를 강조하고 있음.

- 포스텍 물리교육연구단은 이 세 가지 덕목을 모두 추구.

(2) 학사관리

- 위 벤치마킹 대학은 학생 보살핌을 위한 다양한 제도 운영.
- 교수와 학생, 학생과 학생 간 갈등 해소를 위한 제도 도입.
 - 지도교수와 대학원생 책무 명문화 (Stanford).
 - 연구 지도교수(Research Supervisor)와 별도로 교무 지도교수(Academic Advisor)를 선정하여 대학원생 인권보호 및 진로 조언 제공 (MIT).
 - 학내 조정 센터를 통한 학생/학생, 교수/학생 간 갈등 조정 (전체 벤치마킹 대학).
 - 스트레스, 심리적 문제에 관한 상담 센터 운영 (전체 벤치마킹 대학).
- 학생 선택권 강화 및 다양한 진로 지도 채널.
 - 자유로운 전공 선택 및 변경 (Caltech).
 - 연구실 순환제도 (Lab Rotation) 실시 (Caltech, Stanford, Berkeley).
 - 교무 지도교수/연구 지도교수를 통한 기본적인 진로 지도 외에도 'Faculty-Student Round Table Discussion'을 통해 전공 및 진로 논의 (전체 벤치마킹 대학).
 - 커리어 개발 지원: 'Career Development Center' 및 'Communication Lab' 운영 (MIT).
- 학생 상황에 맞는 상세한 학업 및 연구 지도.
 - 교무 지도교수와 학생이 공동으로 학생의 연구 진행 계획을 대학원생 초기에 작성 (Caltech).
 - 교무 지도교수 또는 연구 지도교수와 'Annual Progress Report' 작성 (Berkeley, Chicago).
 - 연구 윤리에 대한 별도의 상담 센터 존재 (전체 벤치마킹 대학).
- 위 학사관리 제도를 포스텍 물리교육연구단의 운영 철학과 환경에 맞게 적용.

(3) 연구역량

- 위 벤치마킹 대학은 혁신적인 연구 강조 및 융합형 연구 기회 제공.
 - 학과 간, 연구소 간 소통과 연구 협력 장려.
 - 'Planning for Serendipity': 다른 분야의 연구진을 같은 공간에 모아 놓고 자연스러운 상호작용의 가능성을 높임 (예: Stanford Clark Center).
 - 연구센터를 통한 주도권 (Initiative) 확보.
 - 이를 통해 협력/집중 연구 수행 → 혁신적인 연구 결과 성취, 스타 연구자 양성.
- 적극적 연구 시설 활용.
 - 인근 대형연구 시설 활용 (Stanford의 SLAC 활용 등).
 - 공동 실험 기반 구축 & 고가 장비 유지, 전문관리자 운영.
- 세계적인 연구 트렌드인 융합화와 대형화에 맞게 포스텍 물리교육연구단은 소규모 대학 특성에 맞는 유연한 협력체계 구축.

교육 과정 운영: 목표 & 달성 방안

- ☞ 포스텍 물리교육연구단의 인재상에 부합하는 신진과학자 육성을 위해 아래 세 가지를 목표로 설정하고 이 목표들을 달성하기 위해 다음과 같이 교육 과정을 운영할 계획임 (상세 정보는 'II.1. 교육과정 구성 및 운영' 참조).

(1) 목표 1. 확고한 기초 핵심 능력 배양 (Core Strength)

- 현재 유행하는 연구주제에 국한할 경우 일부 핵심 과목 지식이 필요하지 않을 수 있지만 미래 환경 변화 가능성을 감안하면 핵심 과목 숙달 정도가 미래대처 능력 차이를 만들 수 있음.
- 달성 방안: 물리학 핵심 필수 과목들을 학생들이 숙달할 수 있는 교과 과정 운영.

(2) 목표 2. 최첨단 지식 습득 기회 제공 (Depth)

- 학계의 첨단 연구 주제들을 학생들이 가능한 일찍 접하고 그 배경 지식을 습득할 수 있는 기회 제공. 이를 통해서 학생들이 첨단 연구 주제에서 빠르게 연구 결과를 얻을 수 있는 능력 배양.
- 달성 방안: 첨단 연구 주제에 대한 특론 과목 개설 & 첨단 연구 장비 활용 능력 및 분석 방법 함양을 위한 튜토리얼 실시 & 선택과 집중에 의해 선택된 집중 분야의 교수 클러스터링을 통해 세미나, 집중 강의 시리즈 운영 등.

(3) 목표 3. 학문적 넓이 추구 (Breadth)

- 빠르게 변화하는 사회에 학생들이 대응하기 위해서는 본인의 전문분야를 좁고 깊게 (Depth) 파고드는 것 외에 타 분야에 대한 넓이도 (Breadth) 필요.
- 달성 방안: 각 학생이 본인 전문분야 이외의 타 분야/타 학과 과목을 일정 학점 이상 선택하여 이수하도록 의무화 추진 (예를 들어 응집물리 분야 학생이 광학 과목 수강 또는 컴퓨터 공학과의 AI 과목 수강 등) & ‘Cross-listing 제도’ 시행 & 두 개 학과 이상 교수가 공동 개설하는 팀티칭 과목 운영 등.
- 학문적 넓이 추구는 학과 내 & 학과 간 융합 연구를 촉진하는 효과도 기대됨.

대학원생 연구 환경 구축: 목표 & 달성 방안

☞ 대학원생 연구는 교육 측면에서 정규 교과 과정 못지 않게 중요한 요소이고 연구 측면에서도 연구경쟁력의 중요 요소임. 대학원생들이 박사학위 연구를 성공적으로 수행할 수 있는 환경 구축을 위해 아래 세 가지를 목표로 설정하고 다음 달성 방안을 추진하려고 함 (상세 정보는 ‘II.1. 교육과정 구성 및 운영’ & ‘II.3.2. 대학원생 연구 수월성 증진계획’ 참조).

(1) 목표 1: 함께 하는 연구를 통한 학문의 깊이와 너비 증진

☞ 지도교수의 연구지도에 전적으로 의존하는 방식을 떠나 ‘함께 하는 연구’ (Connectedness)를 통해 학문의 깊이와 너비를 증진시킬 수 있는 프로그램 운영.

○ 소규모 공동연구 제도.

- 착안점: 분야간 공동연구를 융합교육 기회로 활용.
- 내용: 공동연구를 수행하는 연구실 간 상호 동의하에 연구실들을 묶어서 대학원생 통합 지도가 가능한 소규모 공동연구 그룹 구성. 소규모 공동연구 그룹 내에서는 교수 대 교수, 학생 대 학생 뿐 아니라 A 연구실 교수 대 B 연구실 학생 등의 다양한 교류 채널이 존재하고 이를 융합교육 기회로 활용.

○ 첨단 연구주제에 대한 프로그램 체인 구성.

- 취지: 대학원생들이 첨단 연구주제에 대한 전반적 안목을 갖추고 최신 연구동향을 파악할 수 있도록 프로그램 체인 구성.
- 내용: 첨단 연구주제에 대한 관련 자원을 묶어 프로그램 체인 구성.
 - 포스텍 및 인근 연구기관에서 (아태이론물리센터, 포항가속기연구소 등) 열리는 동일 주제

School (1주), Tutorial (6시간), 콜로кви엄 (1시간), 세미나 (1시간) 등의 학술행사를 하나의 프로그램으로 조직하여 공지.

- 이외에도 다음 사항들을 시행할 예정.
 - 연구실 순환 (Lab Rotation) 제도 시행.
 - 융합과목 개설.
 - 학생주도 심층연구 특강 & 미래기술 특강.

(2) 목표 2: 학생중심의 건강한 연구/진로 멘토링

- 교무 지도교수 (Academic Advisor) 제도 실시.
 - 내용: 연구를 지도하는 연구 지도교수(Research Supervisor)와 별도로 교무 지도교수(Academic Advisor)를 각 학생에게 지정. MIT 등 해외 대학 제도 벤치마킹.
 - 취지: 교무 지도교수가 연구/진로 멘토 역할 수행 & 학생과 연구 지도교수 간에 문제가 생겼을 경우 교무 지도교수가 이를 중재하고 학생의 인권 보호자 역할.
 - 2020년 봄 학기부터 교무 지도교수 제도 실시 확정.
- 자기계발 심층면담 제도 도입.
 - 내용: 박사학위연구 제안 심사를 통과한 대학원생은 1년 단위로 박사학위연구 진행 상황 및 향후 추진 계획에 대해 연구 지도교수 (Research Supervisor) 및 박사학위연구 심사위원 중 한 명 이상과 심층 면담 의무화.
 - 취지.
 - 학생이 지도교수 이외의 학자와 토론하는 경험을 통해서 소통 능력 증진.
 - 이 제도를 통해 박사학위연구 심사위원회 역할 강화.
 - 학과 교수간 공동연구를 촉진하는 효과도 기대됨.
- 이외에도 다음 사항들을 시행할 예정.
 - 그룹-학과-대학차원의 대학원생 진로 상담 체계 구축.
 - 대학원생 업적관리 시스템 구축.
 - 대학원생 스트레스 상담.
 - 학생과 지도교수 갈등 경감을 위한 학생-지도교수 기대 설문 시행.

(3) 목표 3: 능동적이고 소통하는 리더 교육

- 역진행 특강 수업 (Flipped Learning) 도입.
 - 내용: 대학원생들의 비판적 사고, 분석력, 토론 능력 증진을 위한 방안의 하나로써 역진행 수업 (Flipped Learning) 도입 예정.
 - 취지: 수업 시간 이전에 학생들이 사전 학습을 하도록 유도하여 수업 시간에는 토론에 더 많은 시간을 할애. 이를 통해 비판적 사고와 분석력, 토론 능력 함양.
- 대학원생 주도 분야별 저널클럽 운영.
 - 내용: 개별 연구실 저널클럽과 별도로 대학원생들이 분야별로 모여 연구 주제 주요 이슈에 대해 동료 대학원생들에게 발표하는 대학원생 주도 저널클럽 운영.
 - 취지: 대학원생 토론/소통 능력 증진 & 리더십 증진.
- 이외에도 다음 사항들을 시행할 예정.
 - 능동적 리더양성을 위한 창립 펠로우 제도 신설.
 - 대학원생들이 가능한 이른 시기에 능동적 연구능력을 갖추는 것을 유도하기 위한 1st Paper Award 제도 실시 & 박사학위연구 제안 심사 시한 조정 (4년 → 3년 반).
 - Communication Skill, Presentation Skill, Writing Skill, 논문 작성법 강좌 개설.

연구 역량 향상: 목표 & 달성 방안

포스텍 물리교육연구단은 ‘혁신적인 연구’, ‘함께 하는 연구’, ‘포스텍 브랜드’ 연구라는 세 가지 연구 추진 방향을 달성하기 위해 다음 세 가지 전략을 추진하려 함 (상세 정보는 ‘III.1.3. 교육연구단의 연구 역량 향상 계획’ 참조).

(1) 전략 1: 유치 - 혁신적인 연구를 장려하는 연구문화 조성 및 제도적 뒷받침 강화

☞ 기초분야에 집중하고 혁신적인 연구를 긴 호흡으로 진행하는 포스텍 물리교육연구단의 정체성에 맞게 제도를 정비하여 재능 있고 깊이 있는 연구를 추구하는 신진연구자들을 포스텍 물리학과에 유치.

○ 개인의 커리어트랙에 맞춘 교수 평가 개선 (승진, 정년 보장, 연봉 평가 등).

- 기존 교수 평가의 문제점.
 - 논문이 게재된 학술지의 지명도가 논문 자체의 질적 수준과 동일시되는 경향성.
 - 혁신적인 연구의 경우 세부 전공분야 학술지에 실리는 경우 빈번 (노벨 물리학상 수상 통계에 의하면 Nature, Science에 실린 논문보다 Applied Physics Letters, Physical Review D에 실린 논문이 많음).
 - 혁신적인 논문이 기존 교수 평가에서 합당한 평가를 받지 못하는 부작용.
- 교수 평가 개선 방향.
 - 세부전공 분야 학술지에 게재된 논문이라도 학계에 미친 파급효과가 담보되는 논문을 뛰어난 연구 실적으로 인정하는 평가 체계 구축 (인용 횟수, 저명 학회 초청 강연, 정년보장 추천서 작성 학자의 평가 등).
 - 전문가 패널을 통한 업적의 질적 평가 시스템 도입 (정년 보장 대상자의 학계 평판 확인 및 업적 평가 등).

○ 혁신적인 연구 장려.

- 배경: 혁신적인 연구를 추구하는 젊은 교수들의 연구를 지원하는 정책 시행.
- 지원 정책.
 - 신입교수에게 경쟁력 있는 초기 정착금을 제공하고 강의와 행정 업무를 경감해 주어 연구에 몰두할 수 있는 환경 조성.
 - 연구 의욕이 왕성하지만 연구기반이 아직 다져지지 않은 젊은 교수들이 과감하게 도전적인 연구에 뛰어날 수 있도록 인프라 공동 활용 (전략 2 참조).
 - 혁신적인 연구성과를 얻은 교원의 조기 승진 및 정년 보장을 위해 승진 및 정년 보장 최소 근무연한 폐지 (대학본부 추진 사항).

(2) 전략 2: 육성 - 함께 하는 연구를 통한 창의적 융복합 연구 배양

☞ 지적 호기심에서 출발하여 근원적인 질문에 답하는 연구 협업이 자연스럽게 이루어질 수 있는 환경 조성.

○ 탈경계 공동연구 (‘Frontiers Beyond the Border: FBB’) 활성화.

- 취지: 전공분야에 국한된 공동연구를 넘어 전공이 다른 연구자가 서로 교류하여 자연스럽게 공동연구팀을 형성하는 역동적인 융복합 연구 유도. 추격형 연구의 틀을 넘어 새로운 연구 브랜드 개발로 이어지는 핵심 원동력.
- 활성화 정책.
 - 참여교수 대상 FBB 학회 개최: 포스텍 물리교육연구단 참여교수 전체가 참여하여 연구 내용을

발표하는 융합 워크숍 연중 추진.

- 대학원생 대상 'FBB 브레인스토밍 (Brain-Storming) 프로그램' 운영: 'Brown-bag Meeting', 'FBB 저널클럽' 등 자유로운 형식에서 서로의 연구 내용을 소개하고 각자의 전문지식을 나누는 기회 마련.
- 온라인 소통 채널 'FBB-SUDA (Shallow Understanding Deep Answer)' 운영: 정규 과목에서는 잘 다루지지 않지만, 실제 대학원생 연구에 필요한 전문 지식을 교환하는 Q&A 형식의 게시판 운영.

○ 공동 실험 환경 기반 구축 (Open Campus).

- 취지: 고가 실험/전산 시설 공유를 통한 연구 경쟁력 강화.
- 내용.
 - 전산 시설, 헬륨 액화시설, X선 분석 장비, 물성측정장비 (PPMS, MPMS) 등 고가 시설 공동 활용을 위한 체계 구축 (web에서 사용신청, 등록 등).
 - 'A-Core-Facility 지원 프로그램' 시행 (대학본부 추진 프로그램): 대학 내 핵심 공용장비들을 유지, 보수할 전문 기술 인력 지원.

○ 이외에도 다음 사항들을 시행할 예정.

- 해외 연구자와의 연구협력 증진 프로그램 운영 (국제학회 개최비 지원, 조교수들의 국제학회 참가비 지원 등).
- 인근 연구기관 (아태이론물리센터, 포항가속기연구소 등)과의 융합 연구 및 인근 연구기관을 통한 국제공동연구.

(3) 전략 3: 도약 - 포스텍 플래그십 발굴 및 집중 육성 (Postech Flagship)

☞ 전략 1, 2를 통해 발굴된 연구 주제 중에서 유망 분야를 선정하여 집중 지원 및 육성. 국내 뿐 아니라 세계를 선도하는 대표 연구 브랜드를 발굴하여, 이를 중심으로 학내외 연구 협력을 이끌어내는 선순환 구조 구축.

○ 스타급 리더 지원 프로그램 운영 (대학본부 추진 사항).

- 취지: 플래그십 연구자로 자라날 수 있는 젊은 연구자의 연구 지원 및 탁월한 업적을 이미 달성한 스타 연구자의 지속적 성과 창출 유도.
- 내용.
 - 젊은 교수부터 정년을 앞둔 교수까지 교원 전 주기에 걸쳐 우수교원 특별임용제도 운영 (젊은 석좌교수, 정규 석좌교수, 학과특임교수, POSTECH University Professor 등). 인센티브 지급 & 일부 특별임용제도의 경우 정년연장 혜택.
 - 실험실 공간 우선권 제공, 강의 시수 감면 등.

○ 선도연구센터 (SRC), 기초연구실 (BRL) 등 연구센터 유치 추진.

- 취지: 함께 하는 혁신적인 연구를 통해 플래그십 연구그룹 형성.
- 내용.
 - 포스텍을 대표할 혁신적인 연구그룹으로 성장할 수 있는 공동연구 그룹을 발굴하여 연구센터 유치 지원 (SRC, BRL 등).
 - 연구센터 플랫폼을 통해 해당 연구분야 국내외 학계를 선도하고 글로벌 포스텍으로 성장에 기여.
- 기대효과.
 - 연구센터 내부 공동연구 강화 및 이를 통한 혁신적인 연구 경쟁력 강화.
 - 연구센터 외부와의 학술교류 강화: 연구센터 주최 정기 학술행사를 통해 (월례 세미나, 국내·외 Workshop 등) 연구센터 외부와의 공동연구 도모.
 - 신진과학자 육성 플랫폼: 대학원생들이 연구센터 내 여러 교수들과 교류하면서 성장할 수 있는 풍요로운 학문적 환경 제공.

국제화: 목표 & 달성 방안

☞ 포스텍 물리 교육연구단은 ‘Outbound 국제화’, ‘Inbound 국제화’, ‘캠퍼스 국제화’라는 세 가지 국제화 방향을 실현하기 위해 다음 세 가지 전략을 추진하려 함.

(1) 전략 1: (‘포스텍 플래그십’ 주도) 기관 대 기관 국제연구 교류 플랫폼 구축 및 확대

- ☞ 포스텍 물리교육연구단 연구역량 향상 전략으로 제시된 ‘포스텍 플래그십’을 중심으로 국제화 사업이 육성될 예정. 특히 이러한 노력의 핵심 활동으로 ‘해외 연구 기관과의 교류 활성화’ 활동이 진행될 예정임.
- 포스텍 플래그십을 구성하는 물리교육연구단의 ‘주력 연구센터’와 해외연구기관 또는 연구그룹 전체와의 교류 활성화 - 센터 간 양해각서 (MOU) 협약 활성화.
 - 주력연구센터 주관 상호 교류 (Bilateral) 학회 등 정기행사를 개최 사업단 참여 연구자의 단체 교류 활동 도모.
 - 학생 및 신진연구자 방문 교류 - 센터 간 양해각서 (MOU) 및 교류 학술행사를 기반으로 양국 연구자의 중·장기 방문 교류 추진, 행정 및 경제적 지원.
 - 물리교육연구단의 새로운 주력연구센터로 부상할 ‘포스텍 포톤사이언스센터’의 경우 포항가속기연구소와의 연계 활동을 통해 국제 연구교류 프로그램 구축.

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

- ☞ 물리교육연구단 참여교수 개개인의 연구 우수성을 바탕으로 해외연구기관과의 교류를 확대하고 연구자 간 실제적 공동연구를 활성화하는 전략으로 추진.
- BK21 Plus 사업기간에 구축된 개인 기반 국제 공동연구 네트워크 적극 활용.
 - 교육연구단 참여교수 모두 국제 공동연구 활동이 매우 활발하게 진행되고 있음.
 - 더욱 활발한 국제공동연구 활동을 위해 개인연구의 수월성 향상을 통한 국제적 인지도 제고 노력.

(3) 전략 3: (사업단 행정 주관) 연구자 국제교류 프로그램 조성

- ☞ 물리교육연구단 차원에서 국제적인 교류 프로그램을 구축하고 지속적인 국제 연구 교류 활동이 이루어지기 위한 시스템 구축 통한 해외 연구자 교류 활성화 추진.
- 교육연구단 주관 ‘The Globe Fair’ 행사 개최 - 연 1회. 교내 체류 중인 외국인 연구자 초청 상호 인적 교류의 폭을 넓히는 행사로 진행.
 - 교육연구단 주관 학과 콜로кви엄 행사에 해외 연사 초청 및 경비 지원 (연 2회).
 - 교육연구단 대학원생 및 신진 연구자의 국제 학술대회 참여 경비 지원 (교육연구단 참여교수 연구실 당 연간 500만원 수준).

대학본부 혁신방향과의 정합성

☞ 포스텍 물리교육연구단은 대학본부 대학원 혁신안의 틀 안에서 비전, 목표, 인재상 및 추진 방향을 구체화하였다. 항목별 정합성을 아래에 요약하였다.

(1) 비전

- 대학본부 비전: 인류의 삶에 기여하고 ‘학문의 신지평을 개척’하는 혁신선도 대학.

○ 물리교육연구단 비전: 탄탄한 기초실력을 기반으로 ‘지식의 한계를 확장’할 신진과학자 육성.

(2) 목표

○ 대학본부의 대학원 혁신 목표.

- 정성 목표: 국가 · 인류 · 기업의 성장과 혁신을 견인하는 ‘창의 · 소통 · 혁신 인재’ 양성.
- 정량 목표: 2027년 ‘World Top 30’.

○ 물리교육연구단 목표: 물리학 ‘글로벌 리더’ 양성과 ‘포스텍 브랜드 연구성과’ 7건 달성.

(3) 인재상

○ 대학본부 인재상: 국가 · 인류 · 기업의 ‘성장 및 혁신을 견인하는 창의 소통 혁신’ 인재.

○ 물리교육연구단 인재상: 첨단물리 지식과 ‘미래대처 능력, 전략적 사고 능력, 소통 능력’을 갖춘 리더.

(4) 추진 방향

○ 대학본부의 대학원 혁신 추진 방향.

- 학문분야별 ‘분절화로 인한 문제점 해결’을 위한 연구환경 개선.
- ‘학생 중심’ 교육 강화.

○ 포스텍 물리교육연구단 핵심 과제.

- 교육
 - ‘함께 하는 연구’를 통한 학문의 깊이와 너비 증진.
 - ‘학생 중심’의 건강한 연구/진로 멘토링.
 - 능동적이고 소통하는 리더 교육.
- 연구
 - 혁신적인 연구.
 - 함께 하는 연구: ‘탈경계 융복합 연구’ 활성화.
 - 포스텍 플래그십 연구.

Ⅱ. 교육역량 영역

1. 교육과정 구성 및 운영

1.1 교육과정 구성 및 운영 현황과 계획

포스텍 물리교육연구단은 ‘탄탄한 기초능력으로 지식의 지평을 넓히는’ 물리학 글로벌 리더를 양성하고자 한다. 이를 위해 본 교육연구단의 인재상인 ‘첨단물리 지식 (Frontier Knowledge)’, ‘미래대처 능력 (Adaptability)’, ‘리더 능력 (Leadership)’을 갖추도록 교육과정을 혁신하고, 학사관리를 학생중심으로 전환한다.

이러한 목표를 달성하기 위해 교육과정 구성 및 운영 계획은 다음과 같은 원칙을 바탕으로 수립하였다.

- 현재 포스텍 물리학과와 교육과정과 학사관리의 장단점을 파악하여 운영 계획 수립.
- 교육위원회와 대학원위원회를 통하여 교과과정과 학사관리의 전문성을 확보하여 교육과정의 충실성과 지속성을 확보.
- 연구의 최신 결과를 교육에 활용하여 대학원생을 첨단 연구지식에 노출시키고 이를 본인의 연구에 활용하게 하는 연구-교육 선순환 구조 마련.
- 본 포스텍 물리교육연구단의 3대 교육 목표를 설정하고 구체적인 달성 방안 마련.
- 전임교수 대학원 강의 실적 및 강의 계획안 마련.

4단계 BK21 포스텍 물리교육연구단 교육목표 완성



【혁신적인 교육과정과 학생중심 학사관리를 통해 4단계 BK21 포스텍 물리교육연구단 교육목표 달성】

현 교육과정과 학사관리 내용 및 장단점

(1) 개요

포스텍 물리교육연구단은 석·박사통합과정을 중심으로 기초 및 첨단 전공분야 지식을 함양하고 창의·융합적 안목을 키우기 위한 체계적인 교과과정을 운영해 왔다. 포스텍 학사관리의 기본 철학은, 명확한 기준과 절차 안에서 지도교수의 교육적 성취와 대학원생의 자기계발이 균형을 이루도록 학생-지도교수-학과-대학이 함께 노력하는 데에 있다.

BK21과 BK21 Plus 사업을 통해 혁신적으로 개선된 제도를 활용·보완하여, 급변하는 사회의 요구에 대처할 수 있는 능력을 함양하는 학생중심의 교과과정과 학사관리를 완성하여 물리학 글로벌 리더 육성에 정진한다.

(2) 현 교과과정 구성 내용

① 석박통합과정 중심의 대학원 운영

- 고급 전문인력 (박사) 양성을 목표로 2011학년도부터 석사과정을 폐지하고 석박통합과정에 집중.
- 단 타대학원 석사학위 취득 후 포스텍에 진학하는 학생의 경우 박사 입학 허용.

② 균형 잡힌 교과 체계 구축

- 기초·전공분야 지식의 함양과 창의·융합적인 안목을 고취.
 - 해석역학, 전기역학, 양자역학, 통계역학 등의 기본 필수 교과목 운영.
 - 전공 연구의 입문 분야, 심화 분야, 최신 연구동향과 연계되는 특론 및 특강 운영.
 - 신입생에게 세부전공분야 탐색 기간을 제공하여 첫 학기 마친 후부터 지도교수 선정.
- 석박통합과정 및 박사과정 졸업요건.
 - 석박통합과정: 최소 교과학점 33학점과 연구학점 27학점, 총 60학점 이상 이수 필수.
 - 필수과목: 해석역학 (고급역학으로 대체 가능), 통계역학 (고급통계역학으로 대체 가능), 전기역학 I, 양자역학 I, 전기역학 II 또는 양자역학 II 중 1과목 (양자역학III으로 양자역학 I 또는 II 대체 가능), 콜로퀴움 (2단위), 박사논문연구 (가변학점, 중복수강 가능).
 - 통합과정을 중도 포기할 경우, 석사학위 수여 가능 (* 석사과정 졸업요건: 28학점 이상 이수, 전공 구두시험과 학위논문 심사 통과 필수).
 - 박사과정: 최소 교과학점 12학점을 포함하여 총 32학점 이상 이수 필수.
 - 필수과목: 해석역학 (고급역학으로 대체 가능), 통계역학 (고급통계역학으로 대체 가능), 전기역학 I, 양자역학 I, 전기역학 II 또는 양자역학 II 중 1과목 (양자역학III으로 양자역학 I 또는 II 대체 가능), 콜로퀴움 (2단위), 박사논문연구 (가변학점, 중복수강 가능).

③ 전 과목 영어강의 시행 및 강의자료 온라인 공개

- 영어강의 시행.
 - 글로벌 인재양성을 위해 모든 대학원 과목 (100%) 영어강의 조기정착.
 - 강의 평가 시 영어강의 시행 여부 조사.
- 강의자료 온라인 공개.
 - 모든 대학원 강의에 대한 홈페이지 개설 (학내 정보 시스템 POVIS에 학습관리시스템 운영; <http://lms.postech.ac.kr>).
 - 강의개요, 교재, 강의진도, 평가계획 등 강의 계획서를 의무적으로 게시 (교수 업적평가 반영).

(3) 현 학사관리 내용

① 입학부터 졸업까지 체계적인 학사관리 제도

- 투명하고 공정한 입학전형 제도 수립.
 - 소수정예 교육의 기본 철학으로 우수 대학원생 확보와 투명하고 공정한 심사 전형 실시.
 - 안정적인 교육 연구 환경 지원 시스템 구축 - 전학생 기숙사 제공, 적정 인건비 지급 등 (참조: '2.2 교육연구단의 우수대학원생 확보 및 지원 계획').
- 세부전공 및 논문지도교수 선정.
 - 대학원생과 교수의 선택권 존중, 입학 후 한 학기 지나 상호 합의하에 선정.
- 박사자격시험.
 - 필답 고사를 도입해 박사자격시험 수준 강화.
 - 학제적 연구의 중요성이 커지는 환경에서 기초 물리 분야의 전반적인 지식 함양.

② 엄격한 학위논문 심사 규정 및 제도

- 박사학위논문 심사 규정.
 - 교과 과정 수료 및 종합시험 (박사자격시험, 박사학위논문 제안서 구두시험, 박사학위 논문심사).
- 박사학위논문 제안서 구두시험 및 박사학위 논문심사.
 - 제안서 구두시험: 박사학위 논문심사 최소 1년 전까지 제안서 발표 및 구두시험 실시.
 - 학위 논문 연구의 타당성과 질적 수준에 대해 심사위원회의 평가와 조율을 받는 절차.

- 박사학위논문심사: 5인으로 구성된 심사위원회에서 학위논문연구의 전체 성과에 대해 총괄 심사.
- 학술지 게재에 대한 최소 요건 제도 시행.
 - Physical Review Letters급 이상 학술지에 1편 (또는 대학원위원회에서 인정하는 SCI 국제학술지에 두 편) 이상의 논문을 주저자로 발표.

③ 면학과 연구 몰입을 위한 지원제도

- 학사운영 내규의 제도화 및 학생안내 매뉴얼 제공.
- 온라인 강의지원 시스템 운영.
- 학위취득 소요기간의 장기화 방지를 위한 제도 운영.
 - 수업연한과 재학연한의 대학원규정 마련.
 - 통합과정의 경우 교과목 이수 5년의 수업연한, 논문연구를 포함해 졸업까지 총 7년의 재학 연한.
 - 엄격한 재학연한 연장 절차.
 - 2회에 한하여 1년씩 연장 가능 (학생청원서, 교수청원서 제출 후 학과 1차 심사, 대학 대학원위원회 심사. 2차 청원 시에는 본부 대학원위원회에 지도교수 필참하여 소명).
 - 재학 연한 초과자에게는 포스텍의 기숙사 거주 제한.

(4) 현 교과과정과 학사관리의 장단점

① 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.
- 학제간/그룹간 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 포기자 2% 미만 유지.
- 소규모 과학기술 중심 대학으로서의 장점: 학사관리의 효율성, 연구몰입환경 제공.

② 단점

- 연구 직결된 교육 강화로 인한 융합 교과목 부족: 전공 분야가 융합된 교과과정및 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.

교육과정과 학사관리 운영계획

(1) 개요

포스텍 물리학과는 이전 BK21, BK21 Plus 기간 동안 소수정예와 연구중심을 기본 철학으로, 혁신적인 교육과정과 합리적인 학사관리의 전형을 마련하고자 노력해왔다. 포스텍 물리교육연구단은 '탄탄한 기초 실력으로 지식의 지평을 넓히는 신진연구자 육성'을 BK21 FOUR의 비전으로 선정, 기존 체계의 장단점

을 각각 확대 또는 보완하여 변화된 시대상에 맞춘 3대 교육핵심 과제를 선언하고 이에 상응하는 교육 과정 및 학사관리 운영 방안을 마련하였다.

포스텍 물리교육연구단의 『3대 교육 핵심과제』

- I. 학문의 깊이와 너비를 겸비하는 연구 교육
- II. 학생중심의 건강한 연구/진로 멘토링
- III. 능동적이고 소통하는 리더 교육

(2) 교육과정 운영계획

☞ 포스텍 물리교육연구단의 3대 교육 핵심과제 중 'I. 학문의 깊이와 너비를 겸비하는 연구 교육'을 위해 교육과정은 다음과 같은 3대 기본 가치를 추구하여 운영하고자 한다.

포스텍 물리교육연구단의 『교육과정 3대 기본가치』

- 기초 핵심 능력 (Strong Core)
- 심화된 전문지식 (Depth)
- 학문적 너비 (Breadth)

① BK21과 BK21 Plus 사업을 통해 확립된 포스텍 물리교육연구단의 교과과정 체계를 계승 발전

☞ 앞서 정리한 현 교육과정의 장점을 살려 주요 제도를 유지, 강화함.

○ 학문의 깊이와 너비를 겸비하는 박사급 전문인력 양성.

- 석박통합과정 위주의 교과과정 운영으로 박사 인력 양성에 집중.
- 지도교수의 교육성취와 대학원생의 자기개발이 균형을 이루는 교육.
 - 기초·전공·융합의 균형 잡힌 강의교과목 개설.
 - 기초과목 및 박사자격시험 강화로 물리 지식 배양과 집중연구를 통한 문제해결력/창의력 함양.

○ 강의 질적 제고를 위한 제도 운영.

- 강의 개선을 위한 강의평가제도 시행 및 강의평가결과 환류시스템 운영.
 - 강의개선 및 교수 업적평가 자료로 강의평가 결과 활용.
- 교수 대상 '우수강의상' 및 대학원생 대상 '우수조교상' 제도 운영.
 - '우수강의상': 강의평가와 새로운 교과목 개발 등을 종합적으로 심사 (매년 1 ~ 2인).
 - '우수조교상': 조교 평가 결과를 토대로 매학기 최우수조교 (1인), 우수조교 (3 ~ 4인) 포상.
- 온라인 학습관리시스템으로 대학원생의 학사 및 학습 관리 편의성 도모.

○ 연구자의 기본 소양 교육.

☞ 우수한 교육능력, 연구능력, 의사소통 기술, 발표기술 등 연구자의 기본소양을 갖추도록 함.

- 전 교과목 영어강의 및 세미나 영어발표 시행.
- 영어 발표 및 영어 논문작성 능력 향상을 위한 교육 강화 (포스텍 어학센터 프로그램 활용).
- 대학원생들의 연구능력 향상을 위한 워크샵 개발·운영 (포스텍 교육혁신센터 프로그램 활용).
 - 논문 작성법, 실험연구의 설계/분석 세미나 및 워크샵, 예비교수 워크샵 등.
- 연구윤리 교육
 - 'POSTECH 대학원 윤리서약서' 작성 및 제출. 'Turn it in' 표절 예방 프로그램 사용 장려.

② 기초 핵심 능력 (Strong Core)

- ☞ 기초 핵심 과목에 대한 숙달 정도가 급변하는 미래에 대처하는 능력의 차이를 만듦.
- ☞ 첨단연구에서의 경쟁력 확보를 위해 해석역학, 양자역학, 전기역학, 통계역학 등 핵심 과목에 대한 숙련 추구.
- 기초 핵심 과목 강화와 엄정한 학사관리 운영.
 - 물리학 기초 핵심 과목 (4대 역학: 해석역학, 양자역학, 전기역학, 통계역학)의 중요성 강조.
 - 4대 역학에 대한 이해를 평가하는 박사자격시험의 엄정한 운영.
- 기초핵심과목 강의 질 제고.
 - 강의평가 우수 교수 및 성적 우수 대학원생 조교 배정.
 - 담당 교수와 조교의 'Office Hour' 강화.

③ 심화된 전문지식 (Depth)

- ☞ 현재 진행 중인 첨단 연구주제와 관련된 지식을 일찍 습득할 수 있는 기회 제공.
- ☞ 핵심 과목에 대한 깊은 이해를 바탕으로 대학원생 각자가 수행하는 첨단 연구주제에 대한 근본적인 문제 해결 능력 달성 추구.
- 첨단 연구주제에 대한 다양한 수준과 형식의 교과 및 교육 프로그램 개설.
 - 첨단 연구주제에 대한 교육 체인 (Chain) 프로그램 신설.
 - 동일한 첨단 연구주제에 연계된 대학원 특론 과목 (1학기) - 스쿨 (1주) - 튜토리얼 (6시간) - 세미나 (1시간)로 구성된 프로그램 제공.
 - 첨단 연구주제에 대한 특론·특강 과목을 매 학기 꾸준히 개설.
 - 첨단 연구 동향 파악 및 첨단 장비 활용 능력 함양을 위한 강의 및 튜토리얼 실시.
 - 학생주도 심층연구 특강 신설.
 - 학생들이 주도적으로 특정 연구주제에 대한 조사-발표-토론으로 진행되는 수업.
 - 미래 기술 특강 실시.
 - 미래 파급효과가 큰 주제(인공지능, 양자컴퓨터 등)에 대해 특강 과목 개설 및 세미나 진행.

④ 학문적 넓이를 추구하는 교육 기회 제공 (Breadth)

- ☞ 급변하는 사회적 요구에 대응하기 위해서는 타 분야에 대한 폭넓은 이해 (Breadth) 필요.
- 학제간 융합교육 제도 활성화.
 - 융합 학점 요건 신설.
 - 각 학생이 본인의 전문분야 이외의 타 분야/타 학과 과목을 일정 학점 이상 선택 필수 (6 학점으로 추진 중).
 - 융합 공동강의 활성화.
 - 두 개 분야 이상 교수가 동일한 주제에 대해 공동으로 개설하는 공동강의 과목 운영.
 - 소규모 공동연구 그룹화.
 - 공동연구를 수행하는 연구실간 대학원생 통합 지도가 가능한 연구그룹 구성.
- 교내외 부서와 협동을 통한 교과과정 다양화.
 - 교내 유관기관과의 협력 강화.
 - 포스텍 소재 외부 연구기관 (막스플랑크 한국/포스텍 연구소, 기초과학연구원, 포항가속기연구소, 아태이론물리센터)의 우수 학자를 학과 겸직교수로 초빙.
 - 석학교수, 겸직교수들의 대학원생 공동지도, 연구교류 등을 통해 연구 분야의 다양화 기여.
 - 국내·외 유관기관과의 협력 강화.
 - 대학원생의 국내외 우수대학·연구기관으로 장단기 파견/연수 기회 제공.
 - 독일 Max Planck 연구소 글로벌 연구 인턴십 제도 활용.



【 교육과정 및 학사관리 로드맵 - 기존 프로그램 및 신규 프로그램 】

(3) 학사 관리 운영 계획

☞ BK21과 BK21 Plus를 통해 확립된 엄정하고 합리적인 학사 관리를 계승하면서, 포스텍 물리교육연구단의 교육 핵심과제 ‘II: 학생중심의 건강한 연구/진로 멘토링’, ‘III: 능동적이고 소통하는 리더교육’을 목표로 학사관리의 운영계획을 아래와 같이 수립.

① 포스텍 물리교육연구단의 학사관리 체계 계승 및 발전

- ☞ 현재의 체계적이고 엄정한 전주기적 학사관리 제도를 계승하되, 교육 수요자인 대학원생의 입장과 필요를 반영한 학사관리 시스템을 구축함.
- ☞ 입학전형, 박사자격시험, 박사 학위논문 심사위원회 구성, 박사학위논문 제안서 구두시험, 박사학위논문심사 등은 현행 학사관리 시스템을 계승함 (‘현 학사관리 내용’ 참고).

○ 세부전공 및 논문지도교수 선정.

- 연구실 순환 (Lab Rotation) 제도 신설 (Caltech, Stanford 벤치마킹).
 - 대학원 신입생들이 대학원 첫 학기동안 1개월 단위로 최대 3개 연구실에서 연구 참여.
 - 대학원생의 세부전공/논문지도교수 선택 시 필요한 정보를 충분히 제공.
 - 대학원생의 학문적 폭을 넓히는 효과 기대.
- 교무지도교수 (Academic Advisor) 제도 신설 (MIT 벤치마킹).
 - 입학 후 연구 지도교수가 정해질 때까지 교육 및 생활 지도를 담당하는 교무지도교수 배정.
 - 학생과 연구 지도교수 사이의 문제 발생 시 학생인권 보호 역할 수행.

○ 박사학위논문 제안서 구두시험 기한 단축.

- 심사기한을 대학원 입학 후 3년 반으로 앞당길 예정 (기존 대비 평균 약 1년 단축 효과, 현행 기

한은 박사학위 논문심사 1년 전까지) - 빠른 연구 몰입 유도.

② 면학 요건 제공과 학생중심의 진로 멘토링

☞ 창의적 연구역량을 갖춘 인재 배출을 위해 양질의 교육제공 및 제도적 지원.

☞ 연구 몰입을 위한 면학 환경, 후생 제도, 전산화를 통한 효율적인 학사관리 체제, 개인별 특성을 고려한 탄력적인 교육과정 운영.

○ 학사운영 내부 규정의 정립 및 학생안내 매뉴얼 제공.

- 대학과 물리학과가 정한 학사제도 및 규정에 대한 충실한 안내.

- 대학요람, 학과 규정집, 학과 홈페이지 등으로 문서화, 개정제도는 이들 문서에 신속히 반영됨.
- 대학원 입학 전 교육 기간에 충분한 안내와 함께 학사안내, 장학제도, 교과과정, 논문제안서, 박사학위심사 등 제반의 정보가 제공되어 조기 면학 여건 조성에 도움을 줌.

○ 학생 중심의 연구 및 진로 멘토링 강화.

- 자기계발 심층면담 제도 신설 (UC Berkeley, Chicago 벤치마킹).

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

- 대학원생이 박사학위연구 심사위원 중 한 명 이상과 1년 주기로 연구 진행 및 계획에 대한 면담 실시.

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

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

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

- 대학원생 업적관리 시스템 신규 구축.

- 대학원생의 교육 및 연구 성과를 파악할 수 있는 데이터베이스 시스템 구축. 개인/학과/대학 차원에서 객관적, 체계적으로 관리.

- 그룹-학과-대학차원의 진로 상담 체계 신규 구축.

- 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.

③ 연구 몰입을 위한 지원제도 운영

○ 성취감 고취를 위한 포상제도 실시.

- ‘1st Paper Award’ 제도 실시.

- 조기에 첫 번째 논문을 쓰도록 유도하기 위해 첫 번째 논문을 대상으로 포상 실시.

- 융합인재 펠로우십 (Fellowship) 신설 (참조: ‘교육목표 달성 방안’ 및 ‘2.2 교육연구단의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획’).

- 지도교수에 얽매이지 않는 완전한 학생 주도 융합연구를 위해 최대 6년간 학비와 생활비 지급.

- 융합연구 계획서를 심사하여 우수한 융합인재를 매년 1 ~ 2인 선발.

- 2인 이상의 연구지도교수의 지도를 받음.

○ 대학원생의 연구 외 행정부담 경감을 위한 지원.

- 연구 행정 절차 간소화 및 지원 인력 지원.

- 대학 차원의 행정 및 구매 절차 중앙화 및 전산화.

- 연구실 별 행정 지원 인력 확충 및 공용.

- 학과 행정서비스 합리화 및 질 개선.

교과과정의 충실성과 지속성

(1) 개요

포스텍 물리학과는 교수 8인으로 구성된 교육위원회에서 대학원 교과과정을, 그리고 교수 7인으로 구성된 대학원위원회에서 학사관리를 관리하고 개선하여, 그 충실성과 지속성을 유지해오고 있다.

(2) 교과과정의 충실성

- 다양한 수준의 전공과목 개설로 균형 잡힌 교과과정 구축 (최근 5년 기준).
 - 대학원 심화과정 (500단위 이상) 매년 평균 21과목 개설.
 - 전공필수인 4대 역학, 전공선택 과목 (13개 주제), 다양한 주제의 특론 또는 특강 개설 (33개 주제).
- 충실한 강의평가제 시행으로 학생 만족도 및 강의 수준 증진 노력.
 - 시행률 100%로 대학 설립초기부터 운영. 수차례 개선을 거쳐 객관적이고 안정된 체계로 정착.
 - 강의평가 결과를 수업평가 및 강의개선 목적 외에 교수에 대한 업적평가 자료로 활용. 2020년부터 신설된 우수강의상 선정에 주요하게 반영됨.
- 학생 주도의 저널클럽을 통해 대학원생 주도적 연구/학습 기회 제공.
 - 2010년 응집물리 저널클럽 이후 생물물리 (2016년), 양자광학 (2016년), 입자이론 (2020년) 분야로 확대 (분야별 연평균 12회 운영).
 - 각 분야별로 연 150 만원 지원.

(3) 교과과정의 지속성

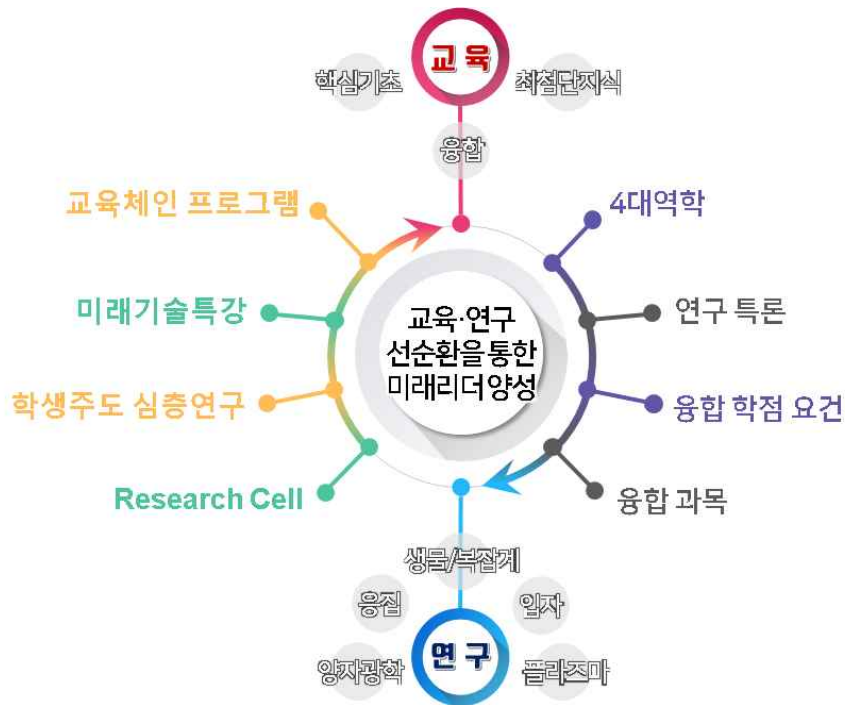
- 석박통합과정 중심의 교과과정 지속적 운영.
 - 고급 전문인력 양성을 목표로 2011학년도부터 석사과정을 폐지하고 석박통합과정 운영.
 - 현재 98%의 석박통합과정과 2%의 박사과정 학생 유지.
- 대학원 전 과목 영어강의 지속.
 - 2010년 2학기부터 모든 대학원 과목 영어강의와 세미나 영어발표 시행.
 - 10년 동안 유지하고 있으며 안정적으로 조기 정착.
- 박사자격시험 지속.
 - 학과 설립 초기부터 시행되어 두 차례에 걸쳐 부분적으로 수정되었으나 지속적 운영.
 - 100% 필기시험에서 학업성적에 따른 교과목별 면제 제도와 전공구술시험 병행 (2010년 개정) 운영하였고, 2015년에 교과목 면제와 필기시험으로 대체.

교육과 연구의 선순환 구조 구축 방안

(1) 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 추구한다.

이를 위해 탄탄한 4대 역학 (해석, 양자, 전기, 통계) 기초 위에 5개 전공분야 (응집, 양자광학, 입자, 플라스마, 생물/복잡계) 기반의 최첨단 물리 지식과 융합 교육을 제공하여, 이를 본인의 연구에 활용하게 하는 교육-연구의 선순환 구조를 구축한다.



【 교육과정-연구 선순환 구조 및 달성방안 】

(2) **[교육]** 기초 핵심 능력 (Strong Core) 강화 → **[연구]** 세계 선도형 포스텍 플래그십 연구 지향.

- 미래의 연구 환경 및 분야의 변화에 대처할 수 있는 기초 핵심 능력 배양 [교육].
- 지식의 신지평을 여는 선도적인 플래그십 연구 장려 및 지원 [연구].
- 달성방안.
 - 물리학 핵심 필수 과목들을 학생들이 숙달할 수 있는 교과과정 제공.
 - 엄정한 학사관리를 통한 수업의 충실한 이수.
 - 탄탄한 기초능력을 바탕으로 추격형이 아닌 선도적인 연구 주제 발굴.

(3) **[교육]** 심화된 전문지식 (Depth) 습득 → **[연구]** 혁신적인 연구 지향.

- 학계에서 현재 진행 중인 첨단 연구 주제에 대한 지식을 빠르게 습득할 수 있는 기회 제공 [교육].
- 도전적인 'High Risk, High Reward'의 혁신적인 연구를 추구하는 것을 장려 [연구].
- 달성방안.
 - 연구주제에 대한 특론/특강 및 연구 장비 활용/분석 튜토리얼 실시.
 - 현재 진행 중인 연구에 직접적인 연관이 있는 주제로 교육-연구의 연계 강조.
 - 연구주제에 대한 특론-스쿨-튜토리얼-세미나 교육 체인 프로그램.
 - 첨단 연구주제의 심층적인 이해를 통해 연구 주제 발굴과 학습의 환류.
 - 학생주도 심층연구 및 미래기술 특강.
 - 학생들의 주도적인 참여로 이루어진 조사/발표/토론 중심 수업으로 교육과 연구 활동의 결맞음.

(4) **[교육]** 학문적 너비 (Breadth) 추구 → **[연구]** 함께하는 연구 지향.

- 급변하는 사회의 요구에 대응하기 위해 타 분야에 대한 폭넓은 (Breadth) 이해 필요 [교육].
- 전공이 상이한 연구자가 교류하여 분야의 경계를 넘는 융복합 연구 유도 [연구].
- 달성방안.
 - 융합학점 요건 충족 및 융합과목 개설: 전문분야 이외의 타 분야/타 학과 과목을 6 학점 이상 필수. 두 개 이상의 분야를 포함하는 공동 강의 개설.

- 융복합 주제 발굴을 위한 온/오프라인 소통과 함께 대학원생 주도의 상향식 융복합 연구 유도.
- 소규모 공동연구 그룹 제도: 공동연구를 수행하는 연구실 간 상호 동의하에 실험실을 묶어서 대학원생 통합 지도가 가능한 그룹 구성.
- 1인 지도교수 체계와 1인 PI 체계를 넘어서는 유기적인 공동교육과 공동연구의 틀 마련.

교육 목표 달성 방안

(1) 개요

앞서 제시한 포스텍 물리교육연구단의 3대 교육 핵심과제를 달성하기 위해 현행 제도에 추가적인 교육과정과 학사관리 제도 및 교육 프로그램을 마련하였다. 신설된 제도의 구체적인 내용과 달성방안은 아래와 같다.

(2) 학문의 깊이와 너비를 겸비하는 연구 교육 제도

- 최첨단 연구주제에 대한 교육 체인 프로그램 운영.



【 3대 교육 핵심과제 및 달성방안 】

- 목표: 기초에서부터 최첨단 연구 동향에 이르는 다층적 교육 기회 제공.
- 방안:
 - 다양한 플랫폼의 강의/학술행사의 주제를 키워드로 연결하여 관련성 정보 제공.
 - 특론 (1학기)-스쿨 (1주)-튜토리얼 (6시간)-콜로퀴엄 (1시간)-세미나 (1시간)를 조직.
- 예시: (키워드-위상물질) <대학원 위상물질 특론수업> - <위상물질 튜토리얼> - <콜로퀴엄 중 위상물질 관련> - <학과 세미나 중 위상물질 관련 세미나>.
- 연구실 순환 (Lab Rotation) 제도 (Caltech, Stanford 벤치마킹).
 - 목표: 대학원 신입생들이 세부전공과 지도교수를 선정할 때, 연구주제와 해당 연구그룹의 현재 상황에 대한 정보를 제공하여 선택의 어려움 해소.
 - 방안: 신입생들이 대학원 첫 학기 동안 한 달 단위로 최대 3개 연구실에서 연구참여 후 지도교수 선정.
 - 기대효과:

- 대학원생이 연구실 선택에 필요한 정보 확보.
- 학문적 폭을 넓히고 연구실 간 공동연구 촉진.

○ 융합 공동 강의 개설.

- 목표: 하나의 연구주제에 대한 다양한 접근방법과 관점을 제시. 물리전공 분야 간, 또는 학제간 융합교육 기회 제공.
- 방안: 특강 형식으로 한 가지 연구주제에 대해 물리학과 내 다른 전공 교수들이 팀을 이루거나 다른 학과의 교수들이 팀을 이루어 수업진행.
- 예시: 2019년 2학기에 “2차원 물질 물리 특강”을 물리 및 신소재학과 교수 7명이 팀으로 강의.
- 물리+신소재, EM/AFM/X-Ray/바이오이미징 주제로 학과 내 고체+광학+생물물리 등으로 확대.

○ 소규모 공동연구 그룹화 교육 제도.

- 목표: 다른 분야의 대학원생, 교수들과의 공동연구를 1인 지도교수 중심의 연구교육을 넘어서는 융합교육의 기회로 활용함.
- 방안: 프로젝트 기반으로 물리학과 내 또는 타 학과와의 소규모 공동연구팀 조직. 참여 학생/지도 교수들 간 상호 교차 지도를 통해 연구 협력을 높이고, 다양한 교육기회를 제공.
- 기대효과: 지도교수 외 타 교수, 타 연구실 대학원생들과 교류의 기회가 늘어남.

○ 학생주도 심층연구 및 미래기술 특강.

- 목표: 전통적인 물리 분야 외에 미래 파급효과가 높은 연구 분야 또는 주제에 대한 이해 증진.
- 방안: 미래 파급효과가 클 것으로 예상되는 주제 (인공지능, 양자컴퓨터 등)에 대해 특강/세미나 개설. 해당 주제에 대해 학생이 주도하는 조사/발표/토론 중심의 수업.
- 예시: 2020년 1학기에 AI 관련 특강 개설. 물리학에서 AI의 활용 워크샵 개최.

○ 국제학회 발표 의무화.

- 목표: 대학원생이 본인의 연구결과를 학회에 발표함으로써 여러 전문가와 토론할 기회 확대.
- 방안: 국제학회 참석 및 발표를 의무화하여 졸업 심사 전 국제학회 1회 이상 발표 필수.
- 기대효과: 본인 세부전공 분야에 대한 깊이 있는 토론 기회 및 연구동향에 대한 폭넓은 안목을 얻을 수 있는 기회 부여.

(3) 학생중심의 건강한 연구·진로 멘토링

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

- 목표: 연구 지도교수 선정 전 대학원 생활 적응에 도움. 연구 지도교수 선정 후 학생과 연구 지도 교수 사이에 갈등 발생 시 학생의 인권 보호.
- 방안: 2020년 봄 학기부터 교무 지도교수 제도 실시.

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

- 목표: 지도교수와의 정기적인 연구계획 설정과 진로 면담 기회를 제공하고, 다양한 연구자와의 소통능력 증진.
- 방안:
 - 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.
- 기대효과: 박사학위연구 심사위원회 (Thesis Committee) 역할 강화. 교수 간 공동연구를 촉진.

○ 학생-지도교수 기대 설문 (Stanford 벤치마킹).

- 목표: 학생-지도교수 선정 시 연구/진로 지도방식에 대해 사전에 소통하여 오해와 갈등의 소지 해소.
- 방안: 지도교수가 선정되기 전에 교수와 대학원생의 연구 성향에 대한 설문을 실시하여 학생과 희망 지도교수 간 상호 이해 증진.

- 예시: 설문 예제 항목, 1 ~ 5 단계로 정도를 표기.
(설문 항목) “연구의 방향을 지도교수가 정한다” vs “학생이 연구주제를 선택한다” .
(설문 항목) “연구일정을 지도교수가 결정한다” vs “학생이 일정을 정해서 진행한다” .

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

- 목표: 대학원생에게 체계적인 업적관리와 진로지도를 제공.
- 방안: 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 대비를 위한 개별 다면적 인·적성 검사 및 분석 실시.

○ 대학원생 정신건강 관리.

- 목표: 교육·연구 성과 및 미래에 대한 불안감으로 인한 대학원생의 정신적 스트레스 완화.
- 방안: 교내 상담센터, 인권센터를 활용한 대학원생 특화 상담 프로그램 운영 및 정신건강 증진 프로그램 도입.

(4) 능동적이고 소통하는 리더 교육

○ 역진행 특강 수업 (Flipped Learning).

- 목표: 대학원생들의 비판적 사고, 분석력, 토론 능력 증진.
- 방안: 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.

○ 대학원생 주도 분야별 저널클럽 운영.

- 목표: 능동적인 그룹 활동을 통한 리더십 및 토론/소통 능력 증진.
- 방안: 대학원생이 본인의 연구 결과 또는 관련 연구 주제에 대해서 발표하는 형식.
- 현황: 응집물리, 생물물리/복잡계, 양자광학, 입자물리 등 4개 분야 대학원생이 분야별 저널클럽 운영 중 (학과에서 각 분야별 연 150 만원 지원).
- 기대효과: 대학원생 간 토론/소통 증진. 폭넓은 연구 내용에 노출로 연구 시각 확대.

○ ‘1st Paper Award’ 제도 실시.

- 목표: 주제 설정, 문헌 조사, 연구 수행, 논문 작성 등의 연구 전 과정을 일찍 경험하게 함.
- 방안: 일정 기간 이내에 (석박통합 과정 입학 후 4년, 박사 과정 입학 후 2년) 첫 번째 논문을 발표한 대학원생에게 포상.
- 기대 효과: 연구 전 과정 경험 후, 후속 연구를 더욱 능동적으로 수행할 수 있을 것으로 기대.

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

- 배경: 학생이 주도하는 융합연구의 활성화.
- 방안: 최소 2인의 연구 지도교수(Research Supervisor)의 지도하에 수행할 융합연구 계획서를 심사하여 새로운 융합인재를 매년 1 ~ 2인 선발하여 학생에게 직접 학비와 생활비 지급.
- 기대효과: 지도교수에 얽매이지 않는 완전한 학생주도 융합연구.

○ 상호 연수/파견 제도 확대.

- 목표: 국제적인 감각을 기르고, 토론과 소통능력 함양.
- 방안: 내향성 (Inbound)과 외향성 (Outbound) 연수 및 파견 추진.
- 포스텍 대학원생의 해외기관 장·단기 방문연구 (외향성).
- 해외기관의 대학원생 또는 신진연구자를 포스텍에 초청하여 연구 교류 확대 (내향성).

- 기대효과: 국제공동연구 활성화 및 대학원생의 국제적인 연구협력과 소통능력 함양.

전임교수 대학원 강의 실적 및 계획

(1) 개요

포스텍 물리학과는 기초/전공과목의 심층적 학습과 다양한 주제의 폭넓은 지식의 함양을 목표로 대학원 교과과정을 운영하고 있다. 대학원 강의는 100% 전임교수가 3년 주기로 담당하고 있으며, 강의평가가 우수한 전임교수가 '4대 역학' 전공필수 과목 강의를 맡고 있다. 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 것이다.

(2) 실적

- 최근 5년 이내 (2015. 03. 01 - 2020. 02. 29) 개설된 과목명 (학기별 개설과목명 및 담당 교수 표 참고).
- 4개 주제의 전공필수, 13개 주제의 전공선택, 33개의 다양한 주제의 특론 또는 특강 개설.

전공필수	• 해석역학 • 통계역학 • 전기역학 I • 콜로퀴움 • 양자역학 I • 전기역학 II 또는 양자역학 II			
전공선택	• 양자장론 • 고급광학 • 양자광학 • 다체론 • 상대성이론 • 표면물리학 • 양자역학 III • 고급통계역학 • 자성체 물리학 • 초전도 물리학 • 상전이와 임계현상 • 고체물리학 (I, II) • 플라스마물리학 (I, II)			
특론 및 특강	(응집물리) • 강상관계 물리 • 위상부도체 • 초전도 입문 • 양자전도 • 고체 분광학 • 위상초전도체 • 근접 탐침 현미경 입문 • 양자스핀액체 입문 • 강상관계 물리 산화물 • 극한환경 양자전도 • 재료 시뮬레이션 • 중급 탐침 현미경 • 그래핀과 위상부도체 전도특성 • 양자상전이 현상의 이해를 위한 양자장론 접근 방법 • 응집물리실험 연구동향 • 2차원 물질연구의 연구동향			
	(양자/극고속 광학) • 극고속과학 • 비선형광학 • 다광자 양자간섭계 • X선 레이저물리 • 단일양자 (Single Photon) 측정 • 결맞음 광학 및 이미징 (Coherent Optics & Imaging).			
특론 및 특강	(플라즈마/가속기) • 방사광분석 입문 • 플라즈마 물리 수치해석 • 빔 및 가속기 물리이론. • 전산모사를 통한 플라즈마 물리연구 • 플라즈마물리 및 공학을 위한 수치 모델링			
	(생물물리) • 세포 물리학 • 비평형통계 • 복잡계 모델링. • 고급 생물 분광학 (Advanced Biological Spectroscopy) • 단일 분자/단일세포 물리학 (Single-Molecule & Single-Cell Biophysics),			

○ 강의평가 결과 (5점 만점).

- 2017년 2학기부터 꾸준히 상승. 2019년 2학기에 5점 만점에 4.88 점을 획득하여 학교 전체 평균 (4.69 점)보다 월등히 높은 평가를 받음.
- 대학과 학과에서 보인 교육의 중요성 강조 (인사평가 반영 등). 강의 평가 상승으로 나타남.

(3) 전임교수 대학원 강의 계획

- 전임교수의 강의평가와 전공을 고려하여 대학원 전공필수 과목에 담당 교수 배정 (현행 유지).
- 2021학년도부터 “연구실 순환 (Lab Rotation)” 과목을 신설하여 대학원 신입생이 연구실을 정하기 전에 관심있는 연구실을 탐색할 수 있는 기회 제공 (최대 3개의 연구실 선택).
- 분야별 불균형을 해소하기 위해 매년 연구 분야별 대학원 전공선택 또는 특론/특강 등 최소 한 과목 개설.
- 역진행 방식의 특론, 학생주도의 심층/미래기술 특강 개설.
- 융합학점제를 신설하여 융합형 인재 양성: 비전공분야 과목의 최소 6학점 취득을 필수로 함.
- 2021학년도부터 최소 2개 분야의 전임교수가 공동으로 강의하는 융합수렴 과목 개설: 비전공분야 과목으로 인정.

1. 교육과정 구성 및 운영

1.2 과학기술산업사회 문제 해결과 관련된 교육 프로그램 현황과 구성 및 운영계획

포스텍 물리학과는 ‘과학기술 연구 수월성 중심’과 ‘지방의 중규모 도시 소재’라는 포스텍의 특성과 환경을 반영하여 산업·사회·과학기술 문제 해결과 관련된 교육 프로그램을 운영하고 있다. 이러한 결과로 국내 산업계와 정부출연 연구소에서 활동 중인 우수 인재를 배출해 오고 있으며 (참고: ‘2.3 대학원 취(창)업 현황’), 지역사회와 과학교육 대중화에 대한 성과를 보였다.

새롭게 시작하는 BK21 FOUR 사업은 이러한 방향성을 계승하고, 앞으로 본 연구단을 통해 배출하고자 하는 과학기술, 산업, 사회, 문제 해결형 인재가 갖추어야 하는 핵심 소양을 세 가지로 정리하고, 이를 위한 구체적인 교육 프로그램을 계획하였다.

(1) 포스텍 물리연구단의 산업·사회·과학 문제 해결 교육 프로그램 현황

① 요약

- 산업계의 문제를 해결하고 산업계 진출을 대비한 산학협력 프로그램 운영.
 - 산업계의 필요와 인재상에 대한 다양한 강연 프로그램 진행.
 - 산업계와의 직접적인 연구협력을 통해 참여 대학원생의 응용 연구 활동 장려.
- 과학 대중화를 위한 교육 프로그램 진행.
 - 고교생/일반인 대상 온라인/오프라인 강좌 및 연구 심화 과정 제공.
 - 지역사회 대상 물리시연 활동.

② 산학 협력 프로그램 현황.

- 산학협력 과제 수행을 통한 응용 연구 교육 실적 및 현황.
 - 삼성미래기술육성재단 연구과제 (총 2건).
 - 교수: ‘2차원 적층형 구조에서 파라페르미온 생성 및 제어에 관한 연구’ (2017. 12. ~ 2020. 11.).
 - 교수: ‘궤도 자유도를 이용한 스핀-궤도 토크 극대화’ (2015. 06. ~ 2020. 05.).
 - 포스코 Steel & Green Science 및 철강 기술개발 연구과제 (총 5건).
 - 교수: ‘FeSi에 레이저가 조사되는 비평형 상태에서 란셋도메인의 생성 원리에 대한 연구’ (2018. 08. ~ 2019. 07.).
 - 교수: ‘방향성 전기강판 자구미세화 구조에 미치는 조사각도 영향연구’ (2016. 01. ~ 2016. 11.).
 - 교수: ‘강자성 2차원 소재를 이용한 스핀 정보 소자연구’ (2016. 07. ~ 2017. 07.).
 - 교수: ‘저온 엑스선영상을 통한 세포핵 초미세 3차원 구조규명’ (2015. 07. ~ 2016. 06.).
 - 교수: ‘비정질 물질의 구조상변이 원자모형 분석방법 연구’ (2015. 12. ~ 2016. 11.).
 - 산학협력과제 (총 2건).
 - 교수: ‘스핀-궤도 결합을 이용한 반금속 p-MRAM 기술개발 과제’ (협력 기관: 한국반도체연구조합, 삼성전자, SK 하이닉스 / 연구 기간: 2013. 06. ~ 2018. 05.).
 - 교수: ‘차세대 Topological Materials 개발’. (협력기관: 삼성중기원 / 연구 기간: 2019. 10. ~ 2020. 09.).
- 산업계 연계 강연 및 창업 프로그램 현황.
 - 기업 CEO 초청 및 기업설명회 개최.
 - 최근 4년간 총 13회, 매년 평균 3회 개최 (2016년: 5건, 2017년: 9건, 2018년: 1건, 2019년: 1건).
 - LG전자, 삼성엔지니어링, 다음소프트 등 국내 우수 기업 임원의 초청 강연.
 - 산업계에 진출 동문 초청 강연 시행: 총 8건 진행 (2016년: 3건, 2017년: 1건, 2018년: 3건).
 - 창업 보육·지원 프로그램 운영.
 - 포스텍 학부 및 대학원생들 대상의 창업 교육 및 우수 창업 아이템 발굴을 위해 창업캠프 (‘과하게 매력적인 기술’ 캠프) 및 창업경진대회를 2015년도부터 년 2회 (상/하반기) 시행 중.

- 창업실습 (Tech+Star 프로그램): 창업을 희망하는 예비 창업팀들이 아이디어를 구체화하고 MVP 제작 지원 등의 창업 인큐베이팅 프로그램 시행 중.

③ 과학 대중화 프로그램 실적 및 현황

- 나노과학 기술에 관한 온라인 세미나 강좌 개설 (<http://e-nano.kontrs.or.kr/>).
 - 교수 (2015. 12. 11.): “전자 한 개씩 흘러보내는 원자 전선 발견”.
 - 교수 (2017. 02. 13.): “DNA 염기쌍 오류를 바로잡는 원거리 신호전달 메커니즘 규명”.
 - 교수 (2018. 09. 11.): “Large anomalous Hall current induced by topological nodal lines in a ferromagnetic van der Waals semimetal”.
- 고교생 과학 심화 연구학습 프로그램 진행.
 - 교수 (2017. 05. 10 ~ 2017. 05. 11): 경남과학고 현장 연구 프로그램 및 포스텍 탐방.
 - 교수 (2017. 01. 05 ~ 2017. 01. 25 / 2018. 01. 11 ~ 2018. 01. 26): 포스텍 잠재력 개발, 뉴턴역학 및 광학 분야 관련 강의 및 실험 실습 활동.
 - 교수 (2015. 04. 10): 과학영재 창의연구 과학고/영재고 학생 대상 특강.
 - 교수 (2017. 09. 02): 서울과학고등학교, 과학영재 창의연구 (R&E) 중간발표회 특강.
- 일반인 대상 물리 시연 활동 시행.
 - 2015년 1월 19일, 대전 동신 과학고, 학생 및 교사 83명 대상 이공계 진로체험 진행 외 5년 총 48회.
 - 교수 (2017. 08. 18): 초중고교 방문특강. 경주 계림고등학교.
 - 교수 (2018. 08. 09): 한국고등교육재단, TEDxKFAS 프로그램 강연.
- 대중매체를 활용한 과학 대중화.
 - 30회 이상 과학기술·사업·국제 협력에 대한 보도 및 기고 “한·러 4차 산업협력 대응, 과학기술 협력 강화” 외 다수.

(2) 포스텍 물리교육연구단이 지향하는 과학문제·산업·사회 문제 해결형 인재의 기본 소양

『과학문제·산업·사회 문제 해결형 인재의 기본 소양』

- 기초연구 주도형 산학 협력에 대한 소양
- 사회로 열린 과학 대중화 소양
- 과학기술 지식 한계 확장을 위한 연구 소양

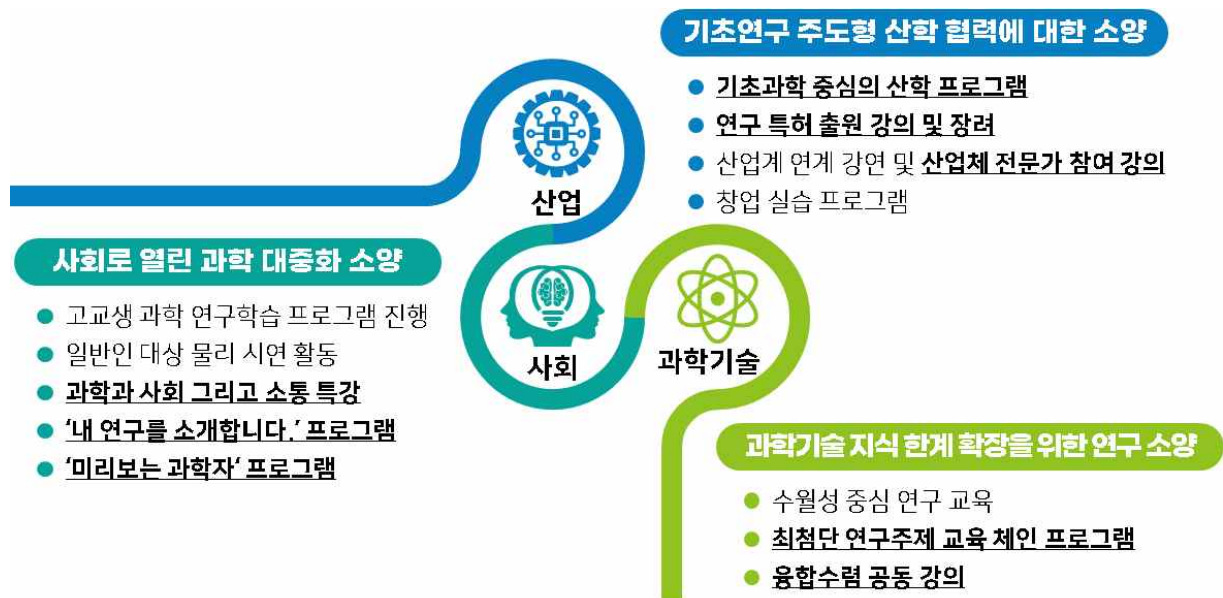
- ☞ 위의 과학문제·산업·사회 문제 해결형 인재가 갖추어야 할 기본 소양은 포스텍 물리교육연구단의 인재상 중 ‘리더 능력’에 부합하고, 연구단의 교육목표 중 ‘학문적 너비 추구’에 부합함.
- ☞ 아래 기술할 관련 계획은 포스텍 물리교육연구단의 추진 계획 중 ‘학문의 깊이와 너비를 겸비하는 교육과 연구’와 ‘능동적이고 소통하는 리더교육’과 밀접한 연관이 있음.

(3) 과학·산업·사회 문제 해결형 인재 교육의 구체적 계획

① 기초연구 주도형 산업 기여 소양 교육

- ☞ 산업·사회의 요구에 즉각적으로 대응하는 방식의 문제 해결을 지양하고 기초연구에 기반 한 원천 기술 개발로 산업 문제를 해결하기 위한 기본 소양 교육에 중점을 맞춤.
- ☞ 산업계의 필요에 의한 일방적 대학원생 인력 공유, 우수재원 선점을 위한 산학협력은 원천적 배제.
- 기초과학 중심의 산학 프로그램 및 기술 컨설팅 활동 강화.
 - ☞ 연구 주도형 산학협력 프로그램을 통해 참여 대학원생의 기초연구 주도형 산학협력 경험.

- 기초과학기반 산학과제 프로그램 참여.
 - 국제적 경쟁력을 갖춘 기초과학 연구수행에 기반 한 산업체 과제인, ‘삼성미래기술육성’ 과제, 포스코의 기초과학 육성 프로그램 (‘Green & Steel Science’)등 유치하고, 해당 과제의 대학원생 참여를 통해 기초 연구의 수월성에 바탕을 둔 산업문제 해결 교육.
- 미래기술 산학협력 및 산업체 전문가와 교류.
 - 삼성전자 또는 삼성종합기술원 등과 진행 중인 미래 기술에 대한 산학협력 프로그램 및 기술 컨설팅 (스핀기반 차세대 위상 소자개발, 양자 컴퓨팅용 양자소자 개발)을 지속적으로 유치.
 - 해당 산업체의 전문가와 산학과제 참여 대학원생 간 교류 증진.
- 대학 ‘벤처밸리 창업 인큐베이팅 센터 (Incubating Center)’ 프로그램에 적극 참여.
 - 기초연구 중심의 기술산업화를 위한 노력을 체계적으로 수행하고 관련 정보 습득 및 연계 활동 추진.



【 산업·사회·과학기술 문제 해결을 위한 기존 프로그램 및 신규 프로그램 (밀줄) 】

○ 연구 특허 관련 강의 및 특허 출원 장려.

☞ 기초연구로 개발한 원천기술을 특허로 만드는 일련의 연구·개발 과정에 대한 교육과 경험 축적.

- 특허 등록 과정 소개 강의 상시적 운영 및 특허 출원 장려.
 - 참여교수의 연구 수행 과정에서 얻어진 성과를 이용한 특허 등록이 꾸준히 이뤄지는 상황.
 - 본 연구단 참여대학원생이 성과 수당 지급시 특허 등록 실적을 연구논문 동일 비중으로 반영.
- 특허정보 활용 교육.
 - 국내·외 특허정보와 활용방안 등에 대한 교육 실시.
 - 학술성과 빅데이터 분석을 통해 연구방향 및 연구주제 설정 지원과 해당 연구 분야의 동향 등 분석을 위한 학술성과분석 프로그램 이용교육 실시.
 - 교내 온라인 특허분석 솔루션 서비스 (100개 이상의 데이터 소스 및 9천만 건이 넘는 특허 데이터가 매주 업데이트되어 제공) 활용 교육.

○ 산업체 전문가와 함께하는 교육 프로그램.

- 산업체 전문가 초청 콜로퀴엄 행사.
 - 일선 산업체에서 활동 중인 전문가를 연사로 초청 첨단과학의 기술산업화에 관한 이해도 고취.
 - 매 학기 최소 1회의 학과 콜로퀴엄에 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.

② 사회로 열린 과학 대중화 소양 교육

☞ 자신의 연구내용과 성과를 사회와 소통하는 능력을 함양하고 과학 대중화에 기여하는 기회를 제공.

○ 과학과 사회 그리고 커뮤니케이션 특강.

- 과학기술의 사회적 책임과 대중과의 소통에 대한 공동 강의 (Team Teaching).
 - 과학기술을 통한 사회문제 해결 및 과학기술의 사회적 발전에 기여할 수 있는 과학기술 전문인력 및 리더십을 육성.
 - 참여교수 및 외부 강사를 포함하여 강사진을 구성하고 매주 1회 토론식 강의 진행.
- ‘내 연구를 소개합니다’ 교육프로그램.
 - 본인의 연구 내용과 성과를 비전공자에게 대중의 언어로 소통하는 방식에 대한 교육 프로그램.
 - 2015년 이후 매년 대학에서 진행 중인 교내 3분 과학토크대회 ‘내 연구를 소개합니다’에 적극 참여를 유도.

○ 과학 대중화 프로그램 참여.

- ‘미리 보는 과학자’ 프로그램.
 - 고교생 대상 과학 심화 연구학습 (R&E: Research & Education) 프로그램 적극 지원.
 - 대학의 ‘이공계 대탐험’ 프로그램에 연구단 차원의 적극적이고 주도적인 참여 유도.
- ‘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.
 - 물리학과 데모강의실에서 일반인을 위한 물리실험 시연 강의 개설.
 - 데모 실험에 대한 아이디어와 시연에 관심이 있는 대학원생의 참여를 유도.

③ 과학기술 지식 한계 확장을 위한 연구 소양

☞ 현 과학기술의 문제 해결을 위해 본인의 전문분야에 대한 깊이 있는 연구능력과 분야의 경계를 넘어설 수 있는 융합 능력이 동시에 필요.

○ 최첨단 연구주제에 대한 교육 체인 프로그램.

- 배경: 대학원생이 원하는 연구주제에 대해 공부할 때, 각자의 수준과 상황에 맞는 교육기회를 접하기 힘들고, 해당 연구주제의 전반적인 이해를 하기 힘들.
- 목표: 기초에서부터 최첨단 연구 동향까지 수준과 깊이가 다양한 교육 기회를 제공.
- 방안: 동일한 주제에 대해 특론 (1학기) - School (1주) - 튜토리얼 (6시간) - 콜로퀴엄 (1시간) - 세미나 (1시간) 들 조직 (가능한 수준에서)하고 공지 (Keyword 표시).
- 예시: 현재 <대학원 위상물질 특론수업> - <튜토리얼 중 위상관련> - <콜로퀴엄 중 위상물질 관련 발표> - <학과세미나중 위상물질 관련 세미나>를 하나의 체인으로 계획하고 상호 공지해서 관심있는 학생들이 다양한 수준의 강의를 듣도록 장려함.

○ 융합분야 공동 강의 활성화.

- 배경: 대부분의 교과과목의 경우 한 분야의 전문가의 이해에 기반하여 진행되기 때문에, 전문분야 간, 또는 학제간 융합교육기회가 부족함.
- 목표: 다양한 전문분야와 학문 분야의 전문가가 동일한 주제에 대해 팀을 이루어 수업을 진행하

여, 하나의 연구주제에 대한 다양한 접근방법과 관점을 제시.

- 방안: 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.

2. 인력양성 계획 및 지원 방안

2.1 최근 3년간 대학원생 인력 확보 및 배출 실적

<표 2-1> 교육연구단 소속 학과(부) 대학원생 확보 및 배출 실적

(단위: 명)

대학원생 확보 및 배출 실적					
실적		석사	박사	석·박사 통합	계
확보 (재학생)	2017년	1.50	8.00	149.00	158.50
	2018년	3.50	7.00	147.50	158.00
	2019년	2.00	4.00	150.50	156.50
	계	7.00	19.00	447.00	473.00
배출 (졸업생)	2017년	2	23		25
	2018년	6	16		22
	2019년	5	17		22
	계	13	56		69

2. 인력양성 계획 및 지원 방안

2.2 교육연구단의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획

우수 대학원생 확보 계획

(1) 개요

우수 대학원생 확보를 위해 포스텍 물리교육연구단은 학과에 연구단에 대한 일방적인 설명과 홍보를 넘어 다양한 연구 참여 프로그램을 제공하고자 한다. 이는 우수 학부생이 대학원 진학에 필요한 정보와 경험을 갖도록 하면서, 본 교육연구단의 교육환경과 연구풍토를 충분히 이해할 수 있는 기회가 된다.

(2) 확보 계획

① 포스텍 학부생 대상 대학원 연계 진학 지도

☞ 우수한 포스텍 학부생들에게 미리 연구할 수 있는 기회를 제공하여 대학원연계 진학 유도.

○ 다양한 학부생 대상 연구참여 프로그램 활용.

- 교내 학부생 연구참여 프로그램 (Undergraduate Research Program) 활용.
 - 교내 학부생이 제출한 연구계획서 중 우수계획서에 연구비 지원 (최대 200 만원).
 - 연구계획서 제출-선정-결과 제출-성과발표회 및 시상.
- 학과 내 학부 연구참여 프로그램 활용.
 - 학부 연구참여 프로그램을 통해 학사학위 논문 작성 장려.
 - 매년 말 졸업 연구발표회 시행 및 ‘물리인의 밤’에서 시상 (대상, 최우수 등 5개 팀 시상).
- 나의 첫 논문 프로그램 운영.
 - 학부생 3, 4학년을 대상으로 참여교수가 제시한 주제에 대한 1년 이상의 기간 동안 연구 참여.
 - SCI 논문 발표 장려. 논문 발표 시 해외학회 참석 기회 부여 및 경비 지원.

○ 학부-대학원 연계 교육과정 및 홍보행사 진행.

- 대학원 세부전공에 대한 정규과목 편성.
 - ‘물리학 연구동향’ 과목: 학과 내 교수들이 본인의 전공분야의 연구 동향에 대해 1회씩 강의.
- 학부-대학원 속진과정 운영: 학부·대학원 연계 단기간에 박사학위를 취득할 수 있는 제도.
 - 우수한 학부생의 대학원 전공과목 수강 가능: 대학원 진학 시 학점 인정.
- 포스텍 학부생 대상 대학원 설명회.
 - 물리학과 및 타 학과 학부생을 대상으로 물리학과 대학원 소개 및 설명회를 매년 개최.

② 국내외 타 대학 우수 학부생 대상 탐방 및 홍보

○ 타교 학부생 대상 포스텍 물리학과 방문 탐방 프로그램 진행.

- 물리학과 Open Lab 실시: 타 대학 학부생들이 포스텍 물리학과를 직접 방문.
 - 다양한 연구실과 대학 주요 시설에 대한 탐방 기회 제공 (여비 보조 및 기숙사 제공).
- ‘Summer Research Fellowship’ 프로그램 실시: 포스텍 대학원 연구실 활동을 직접 체험.
 - 타 대학 학부생들이 여름방학 중 포스텍 물리학과 연구실의 프로젝트에 직접 참여 가능.

○ 대학원 설명회 및 홍보행사 활용.

- 타 대학 학부생 대상 대학원 설명회 (매년 2회 개최).
 - 새로 개편한 대학원생 지원 계획을 적극적으로 홍보 (‘우수 대학원생 지원 계획’ 참조).
- 재학생 모교방문 설명회: 재학 중인 타 대학 학부출신 학생들의 모교 방문 및 홍보 (경비지원).

○ 외국인 대상 대학원 설명회 및 방문 지원.

- 외국인 교환학생 프로그램: 외국인 교환학생 학점인정, 수업료 면제, 장학금 및 기숙사 지원.
 - 포스텍의 교육 및 연구 환경을 경험케 하여, 향후 본 대학원 진학을 유도.
- 해외 대학 방문설명회: 외국인 면학 환경 (Bilingual Campus 체제, 기숙사 및 장학금 지원 등) 홍

보. 상세 현황은 '6.1 우수 외국인 학생 유치 현황 및 계획부분' 참고.

우수 대학원생 지원 계획

(1) 개요

포스텍 물리교육연구단은 우수한 학생이 입학 후 충분한 교육과 훈련으로 본인의 잠재력을 발휘할 기회를 얻고, 졸업 후에 여러 과학기술 분야에 진출하여 각자의 위치에서 리더로 성장하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 전체 학생에 대해 '건강하고 안정적인 교육·연구 환경'과 '국제적 연구 활동'을 지원하면서, 동시에 우수 학생에 대한 선별적인 포상제도를 실시하여 집중 지원할 계획이다.

(2) 지원 계획

① 건강한 교육·연구 환경 지원.

○ 'Two-advisor' 제도 신설 (MIT 벤치마킹).

- 대학원 입학 시, 모든 신입생에게 교무 지도교수 (Academic Advisor) 배정.
 - 연구 지도교수 (Research Supervisor)와 별도로 정교수 중에서 배정.
 - 신입생의 경우, 대학원 생활 및 학업에 빨리 적응하도록 도와줌.
- 박사학위 학위논문 제안서 심사 후, 학위심사위원 중 한 명 선정 (UC Berkeley, Chicago 벤치마킹).
 - 대학원생의 교육·연구 환경을 주기적으로 모니터링하고 중재 및 조언.
 - 대학원생들의 스트레스를 경감시키고, 투명하고 유연성 있는 교육·연구 환경 도모.

○ 개방적인 소통 환경 지원.

- 대학원생이 자체 운영하는 저널 클럽 활동 지원.
 - 신청 분야별로 매년 최대 150 만원 (2020년 1학기 현재 4개의 분야에서 진행 중).
- 교수-대학원생 간담회 개최: 교육·연구 환경에 대한 토론 및 진로 상담 진행.



【 우수 대학원생 확보계획 및 지원 계획】

② 안정적인 교육·연구 환경 지원

○ 학업과 연구에 전념할 수 있는 안정적 주거 지원.

- 전원 기숙사 배정. 기혼자의 경우 가구 단독 대학원 아파트 지원.

○ 교육조교/연구조교 (TA/RA) 장학 제도.

- 대학원생 전원을 교육조교 (TA) 또는 연구조교 (RA) 장학생으로 등록, 학비와 생활비 지원.

- 포상 제도(우수조교상, 우수논문상)와 연계하여, 우수 대학원생들의 더욱 안정적인 생활을 보장.

○ 대학원 신입생의 안정적인 정착 지원.

- 대학원 신입생 첫 학기에 학업장려금 지원 (월 35만원 추가지급).
- 연구실 탐색 과목 신설:
 - 대학원 신입생들이 첫 학기에 1 ~ 3개의 연구실을 선택하여 탐색 기회부여.
- 신입생 대상 예비교육 (대학원 생활, 연구 윤리 등) 실시.

③ 다양한 국제 연구 활동 지원

○ 포스텍 내 국제워크숍 개최 및 대학원생의 발표 장려.

- 포스텍에서 지원하는 국제심포지움 개최 활용 (3000만원 지원)
- 학과 지원 (500만원) 및 외부 지원 [예: 아태이론물리센터 (APCTP)] 활용.

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

- 국제적 위상이 있는 학회 (예: 미국물리학회)에서 구두 발표시 지원 (체제비 혹은 항공료).
- 국제적 위상이 있는 기관 (예: 해외 빔라인)에서 단기연구 진행시 지원.

④ 대학원생의 면학 및 연구장려를 위한 포상 제도 시행

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

- 자유롭게 융합연구를 수행하고자 하는 대학원생을 선발하여 최대 6년간 학비와 생활비 지급.
- 융합연구 연구계획서를 심사하여 새로운 융합인재를 매년 1 ~ 2인 선정.

○ '1st Paper Award' 제도 시행.

- 대학원 입학 후 4년 이내에 주저자로서 SCI(E) 저널에 논문을 게재한 대학원생 포상.
- 학위논문 작성에 앞서 과학기술 글쓰기 능력의 함양 기회 제공.

○ 기존의 우수 대학원생 포상 및 성과금 제도 유지.

- 우수조교상 (Excellent TA Award): TA평가설문 결과를 바탕으로 매학기 4 ~ 5인 우수조교 포상.
- 우수논문상: Physical Review Letters 이상의 우수한 저널 발표논문을 선정하여 시상.
- BK21 성과금 지급: 논문, 학술대회 성과에 기반하여 지급.

⑤ 외국인 학생을 위한 지원 프로그램

○ 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 대학원생의 취(창)업 현황

① 취(창)업을 및 취(창)업의 질적 우수성

<표 2-2> 2019.2/2019.8 졸업한 교육연구단 소속 학과(부) 대학원생 취(창)업률 실적 (단위: 명, %)

구분		졸업 및 취(창)업현황						취(창)업률 (%) (D/C) × 100
		졸업자 (G)	비취업자(B)			취(창)업 대상자 (C=G-B)	취(창)업자 (D)	
			진학자		입대자			
			국내	국외				
2019년 2월 졸업자	석사	4	1	0	0	3.0000	2	92.3077%
	박사	10			0	10.0000	10	
2019년 8월 졸업자	석사	1	0	0	0	1.0000	0	87.5000%
	박사	7			0	7.0000	7	
계	석사	5	1	0	0	4.0000	2	50.0000%
	박사	17			0	17.0000	17	100.0000%

2.3 대학원생의 취(창)업 현황

① 취(창)업률 및 취(창)업의 질적 우수성

취업의 질적 우수성

(1) 개요

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

(2) 2019년 졸업자 기준 취업 분석

○ 2019년 졸업자 기준 (2월 및 8월 졸업생 기준) 91%의 취업률 달성.

- 박사학위 취득자 취업률 100% (대상자 17명 전원 취업).
 - 국내외 대학 및 연구소 연구원 취업 (11명).
 - 기업 취업 (6명).
- 석사학위 취득자 취업률 60% (대상자 5명 중 3명 취업).
 - 기업취업 (2명).

○ 취업 분석 평가.

- 취업 유형과 수치 분석 결과 전공 적합성과 활용도가 높은 취업이 이루어지고 있음.
- 과학기술, 사회경제 발전에 기여도가 높은 취업 분야 선택.

【 표: 해당기간 박사학위 취득자의 취업기관 】

기간	성명	연구 분야	취업 기관
2019년 2월		(생물/복잡계)	삼성전자 연구원
		(생물/복잡계)	연세대학교 의과대학 부설연구소 연구원
		(광학)	삼성전자 연구원
		(응집이론)	막스플랑크 한국/포스텍 연구소 (MPK) 박사후연구원
		(응집이론)	포스텍 기초과학연구원 박사후연구원
		(플라즈마)	포스텍 첨단원자력공학부 박사후연구원
		(생물/복잡계)	Univ. of Washington 박사후연구원
		(생물/복잡계)	삼성전기 연구원
		(생물/복잡계)	삼성전자 연구원
		(플라즈마)	세메스 연구원
2019년 8월		(생물/복잡계)	Max Planck Institute for Human Development 박사후 연구원
		(생물/복잡계)	포스텍 BK21 Plus 물리사업단 박사후연구원
		(플라즈마)	SLAC National Accelerator Laboratory Experimental Research Associate
		(생물/복잡계)	KAIST 생명과학부 박사후연구원 (병역특례)
		(플라즈마)	포스텍 첨단원자력공학부 박사후연구원
		(응집이론)	포스텍 BK21 Plus 물리사업단 박사후연구원
		(응집실험)	삼성반도체 연구원

【 표: 해당기간 석사학위 취득자의 취업기관 】

기간	성명	연구 분야	취업 기관
2019년 2월		(응집실험)	파크시스템즈 연구원
		(응집실험)	SK 하이닉스 연구원
		(응집실험)	POSTECH 화학공학과 대학원 진학
		(응집실험)	-
2019년 8월		(생/복)	-

학위취득자의 취업기관에 대한 전공 적합성

(1) 학위 취득자 취업기관에 대한 전공 적합성

- 모든 취업 대상자의 전공 적합성이 매우 높음.
 - 2019년도 박사학위 취득자의 취업률 100%.
 - 국내·외 대학 및 연구소 11명 (65%), 산업체 (삼성전자, 삼성전기, 세메스, SK 하이닉스, 파크시스템즈 등 졸업자의 전공분야와 일치) 연구원 6명 (35%) 취업.
 - 높은 취업률과 전공 적합성은 석박통합정책으로 박사학위중심의 학위배출이 이루어진 결과.
- 박사학위자의 취업 특성 분석 - 학문연구분야.
 - 국내외 대학 및 연구소 진출: 전체 박사학위 취업자 총 17명 중 11명 (65%).
 - 학문연구분야로 꾸준한 취업은 국내·외 전임교수로 임용되는 포스텍 물리학과 학위취득자 숫자 증가로 이어지고 있음.
 - 국외 대학 및 연구소 박사후연구원 취업: 박사 학위취득자 총 17명 중 6명 (35%, 예정자 포함)
 - 학위 취득 후 1년 미만 국내 박사후연구원 재직 후 해외 대학·연구소로 이직하는 경우가 많음.
 - 국제공동연구, 국제학술대회 참여를 통해 해외 우수 그룹에 체계적인 홍보가 이루어지고 있음.
 - 학문 연구분야에서 해외 대학·연구소 취업률의 꾸준한 증가는 BK21 Plus 사업기간 동안 학교, 학과가 추진한 다양한 국제화 노력들이 실현된 결과임.

【 표: 박사학위자 취득자의 해외 취업기관 】

Univ. of Washington	미국
SLAC National Accelerator Laboratory	미국
대만 국립대학 (2020년 9월 예정)	대만
Max Planck Institute for Human Development	프랑스
Worcester Polytechnic Institute (2020년 6월 예정)	미국
Peter Grunberg Institute	독일

- 외국인 박사학위 취득자: 총 1명, 전체 박사학위 취득자 17명의 6%.
 - (2019년 2월 박사학위 취득, 지도교수 정우성)
 - 현재 미국 University of Washington 박사후연구원으로 재직
- (*) 대학 교원 임용 실적.
 - 학문연구분야의 주요 실적인 대학 교원 임용은 학위취득 1, 2년 내에 이루어지는 경우가 거의

없으므로 최근 10년 학위취득자 중 대학 교원 임용 사례를 아래에 정리 (상세 사항은 <표 2-3> 참조).

- (2010년 2월 박사학위 취득): Tohoku Univ. Research Institute of Electrical Communication 조교수 임용 (2018년 4월).
- (2010년 8월 박사학위 취득): 홍콩 Univ. of Hong Kong 조교수 임용 (2018년 9월).
- (2010년 8월 박사학위 취득): 부경대학교 물리학과 조교수 임용 (2017년 9월).
- (2013년 8월 박사학위 취득): KAIST 생명과학과 조교수 임용 (2019년 4월).
- (2014년 2월 박사학위 취득): 포스텍 물리학과 조교수 임용 (2017년 7월).
- (2014년 2월 박사학위 취득): 군산대 물리학과 조교수 임용 (2018년 3월).
- (2014년 8월 박사학위 취득): KAIST 물리학과 조교수 임용 (2018년 11월).
- (2015년 2월 박사학위 취득): DGIST 신물질과학전공 조교수 임용 (2019년 6월).
- (2015년 2월 박사학위 취득): DGIST 뉴바이올로지전공 조교수 임용 (2018년 3월).
- (2015년 2월 박사학위 취득): 인천대학교 물리학과 조교수 임용 (2019년 3월).
- (2015년 8월 박사학위 취득): 경북대학교 물리교육과 조교수 임용 (2018년 9월).

○ 박사학위자의 취업 특성 분석 - 산업분야.

- 국내 산업체 및 산업체 연구소 진출: 전체 박사학위 취업자 총 17명 중 6명 (35%).
- 포스텍 물리학 학위 취득자의 직접적인 산업부문 기여가 꾸준히 이어지고 있음.
- 삼성전자, 삼성전기, SK 하이닉스, 파크시스템 등 소자 및 장비 관련 대기업이나 전문기업 취업.
- 실험 뿐 아니라 이론전공자도 고르게 산업체에 채용되어 본인 전공과 밀접한 연구를 수행.

○ 2019년도 박사학위 취득자의 국내·외 대학 및 국가 연구소 취업 현황.

- (2019년 8월 박사학위 취득, 지도교수).
 - 현재 포스텍 BK21 Plus 물리사업단 박사후연구원으로 재직.
 - “Transport and anomaly phenomena in a Weyl metallic phase & Universal phenomena in a charge/spin density wave quantum critical metal” 란 주제로 박사학위 취득.
 - 학위과정 중 양자물질의 위상과 비정상적인 수송 현상을 예측하는 연구를 수행.
 - 현재 양자스핀의 비정상 열적수송에 대한 연구를 수행중이며 대만국립대 연구원에서 관련 연구를 계속해나갈 예정임 (2020년 9월).
- (2019년 8월 박사학위 취득, 지도교수).
 - 현재 독일 Max Planck institute for Human Development 박사후연구원으로 재직.
 - “Complexity and Scaling in Cities” 란 주제로 박사학위 취득.
 - 학위기간 중 Harvard University, Northwestern University, MIT에서 공동연구 수행.
 - 공동연구자가 설립한 Max Planck Institute for Human Development에서 관련 연구 진행.
- (2019년 2월 박사학위 취득, 지도교수).
 - 현재 미국 University of Washington 박사후연구원으로 재직.
 - “Cellular networks for immunological recognition and metabolic homeostasis” 란 주제로 박사학위 취득.
 - 학위기간 중 Biophysics 분야를 연구함.
 - 임상과 Bio-device 분야의 선두 그룹인 University of Washington 대학병원과 연계학과에서 관련연구 수행 중.

- (2019년 8월 박사학위 취득, 지도교수).
 - 현재 Stanford University, SLAC National Accelerator Laboratory Experimental Research Associate 으로 재직.
 - “Beam optics of a compact gantry for carbon-ion radiotherapy” 란 주제로 박사학위 취득.
 - 가속기의 저장링 관련 연구를 수행하고 있음.
- (2019년 2월 박사학위 취득, 지도교수).
 - 현재 국가핵융합연구소 박사후연구원으로 재직.
 - “Disruption by coupled tearing modes in toroidal plasmas” 란 주제로 박사학위 취득.
 - 학위과정 중 토카막 플라즈마 붕괴 프로세스를 연구하였음.
 - 국가핵융합연구소 KSTAR 에서 플라즈마 붕괴 제어 연구를 수행하고 있음.
- (2019년 8월 박사학위 취득, 지도교수).
 - 현재 포스텍 첨단원자력공학부 박사후연구원으로 재직.
 - “Semi-Analytic Expression of High-harmonic Electron Cyclotron Emission in Tokamak Plasma” 란 주제로 박사학위 취득.
 - 학위과정 중 전자공명 고조파 방출 스펙트럼 계산 방법 개발.
 - 프랑스 ITER 연구소에 파견되어 전자공명 고주파 신호 해석 연구를 수행하고 있음.
- (2019년 2월 박사학위 취득, 지도교수).
 - 현재 막스플랑크 한국/포스텍 연구소 (MPK) 박사후연구원으로 재직.
 - “Studies on unusual magnetic properties of 4d and 5d transition metal compounds with the strong spin-orbit coupling” 이란 주제로 박사학위 취득.
 - 학위 기간 중 한-EU 연구자 교류협력 사업 지원으로 비엔나 공대에서 자기발현 물질계의 전자 구조와 자성 및 위상적 물성 연구 수행.
- (2019년 9월 박사학위취득, 지도교수).
 - 현재 병역특례로 카이스트 생명과학부에서 박사후연구원으로 재직.
 - “Mismatch elimination in DNA mismatch repair at the single-molecule level” 이란 주제로 생물 물리 박사학위 취득.
 - 카이스트 생명과학부 생물물리 연구실에서 바이오 이미징 관련 연구 수행 중.
- (2019년 8월 박사학위취득, 지도교수).
 - 현재 포스텍 BK21 Plus 물리사업단 박사후연구원으로 재직.
 - “Diffusion mechanics of PCNA interacting with p15 on DNA” 란 주제로 박사학위 취득.
 - 미국 Worcester Polytechnic Institute에 동종분야 연구원으로 취업 예정 (2020년 6월).
- (2019년 2월 박사학위 취득, 지도교수).
 - 현재 포스텍 기초과학연구소 박사후연구원으로 재직.
 - “Orbital dynamics and transport in spintronics” 란 주제로 박사학위 취득.
 - 학위과정 중 전자의 오비탈 자유도와 스핀트로닉스 현상 분석 연구 수행.
 - 독일 Johannes Gutenberg University Mainz에서 연구 수행. 2020년 4월부터 독일 Peter Grunberg Institute 연구원으로 재직.

○ 2019년도 박사학위 취득자의 산업체 및 산업체 연구소 취업 현황.

- (2019년 2월 박사학위 취득, 지도교수).
 - 현재 삼성전자에서 연구원으로 재직.
 - “A study on single-photon generation and its applications in quantum simulation” 이란 주제로 박사학위 취득.
 - 학위과정 중 고전광을 이용한 얽힘 상태에 구현에 대한 연구를 수행.
 - 삼성전자에서 학위논문 연구와 밀접하게 연관된 양자통신 연구를 수행.
- (2019년 2월 박사학위 취득, 지도교수).
 - 현재 세메스(주) 연구소 선임연구원으로 재직.
 - “Study of core MHD structures and slow crashes in modified sawtooth patterns driven by localized electron cyclotron heating and current drive in KSTAR plasma” 란 주제로 박사학위 취득.
 - 학위과정 중 플라즈마 안정성 제어 연구를 수행하였음.
 - 세메스(주) Etch 설비그룹에서 반도체 플라즈마 공정 장비 개발 업무.
- (2019년 2월 박사학위 취득, 지도교수).
 - 현재 삼성전자 SLSI (System Large Scale Integration) 연구원으로 재직.
 - “Phase dynamics of coupled oscillator systems on complex networks” 란 주제로 박사학위 취득.
 - 대규모집적회로 및 시스템 반도체를 학위분야 지식을 이용해 연구개발.
- (2019년 2월 박사학위 취득, 지도교수).
 - 현재 삼성전기 연구소에서 빅데이터 분석 분야 연구원으로 재직.
 - “Link prediction in complex networks: A network structural perspective” 란 주제로 박사학위 취득.
 - 머신러닝/빅데이터 분석에 필수인 데이터의 시간 흐름 변화 및 예측에 관한 연구 수행.
 - 삼성전기에서 제조현장 및 고객의 데이터를 분석하는 관련 분야 연구원으로 초빙.
- (2019년 2월 박사학위 취득, 지도교수).
 - 현재 삼성전자 연구소에서 데이터 분석 연구원으로 재직.
 - “Generative model and method for correlated bursty dynamics” 란 주제로 박사학위 취득.
 - 학위기간 중 핀란드 Aalto University 등에 공동연구를 위해 파견되어 Microsoft (구 Nokia) 연구소의 데이터를 활용한 연구 수행.
 - 삼성전자 연구소에서 IT 분야 데이터를 분석을 학위분야 지식을 이용해 연구 수행 중.

② 졸업자의 대표적 취(창)업 사례 (최근 10년)

<표 2-3> 최근 10년간 교육연구단 소속 학과(부) 대학원생(졸업생) 대표적 취(창)업 사례

연 번	성명	졸업연월	수여 학위 (박사/석사)	학위취득 시 학과(부)명	재학 시 BK21사업 참여 여 부 (Y/N)	최종학위 (박사/석사) 및 수여 대 학/학과	현 직장 및 직위
	대표 취(창)업 사례의 우수성						
1		2019.08.	박사	물리학과	Y	동일	독일 Max Planck Institute for Human Development, 박사후연 구원
	● "Complexity and scaling in Cities"라는 연구주제로 박사학위 취득. ● 학위기간 중 미국 Harvard University, Northwestern University, MIT 등에 파견 및 공동연구를 수행. ● MIT Media Lab 소속 공동연구자가 독일에 Max Planck Institute for Human Development를 설립하며 옮기어, 그 기관에 박사후연구원으로 합류함.						
2		2019.02.	박사	물리학과	Y	동일	미국 Univ. of Washington, 박사후연구 원
	● “Cellular networks for immunological recognition and metabolic homeostasis” 연구로 박사학위 취득. ● 임상 뿐 아니라 Bio-device 분야의 선두그룹이며, 게이트 재단의 지원도 받고 있는 미국 시애틀 소재의 University of Washington으로 진로를 결정하여, 박사후연구원으로 합류함.						
3		2017.02.	박사	물리학과	Y	동일	미국 Oak Ridge National Laboratory, 박사후연구 원
	● “Novel electronic phases in strongly spin-charge coupled heterostructures” 연구로 박사학위 취득. ● 미국 Oak Ridge National Laboratory에서 산화물 인공 박막을 이용한 헤테로 구조 신물질 관련 연구수행. ● 박사후연구원 지도교수인 박사는 산화물을 이용한 인공 박막 신물질 합성의 세계적인 권위자임.						

연번	성명	졸업연월	수여 학위 (박사/석사)	학위취득 시 학과(부)명	재학 시 BK21사업 참여 여부 (Y/N)	최종학위 (박사/석사) 및 수여 대학/학과	현 직장 및 직위
	대표 취(창)업 사례의 우수성						
4		2019.08.	박사	물리학과	Y	동일	미국 SLAC National Accelerator Laboratory, Experimental Research Associate
	● “Beam optics of a compact gantry for carbon-ion radiotherapy” 연구로 박사학위 취득. ● 포항가속기연구소 빔운영팀에서 연구원으로 연구 수행. ● 2019년 11월부터 미국 Stanford Univ., SLAC National Accelerator Laboratory에서 Research Associate 로 재직.						
5		2015.08.	박사	물리학과	Y	동일	경북대학교 물리교육과 조교수
	● “Phonon softenings, metal-insulator, structural, and magnetic phase transitions in strongly-correlated transition metal oxides” 연구로 박사학위 취득. ● 미국 Harvard 대학에서 박사후연구원. 강상관계 전이금속 산화물 연구. ● 2018년 9월 경북대학교 물리교육학과 조교수 임용.						
6		2019.02.	박사	물리학과	Y	동일	독일 Johannes Gutenberg University Mainz, Peter Grunberg Institute, 박사후연구원
	● “Orbital dynamics and transport in spintronics”란 주제로 박사학위 취득. ● 학위과정 중 전자의 오비탈 자유도와 스핀트로닉스 현상 분석 연구 수행. ● 포스텍 기초과학연구원에서 박사후연구원으로 연구 수행. ● 2020년 4월부터 독일 Johannes Gutenberg University Mainz, Peter Grunberg Institute 박사후연구원으로 재직.						

연번	성명	졸업연월	수여 학위 (박사/석사)	학위취득 시 학과(부)명	재학 시 BK21사업 참여 여부 (Y/N)	최종학위 (박사/석사) 및 수여 대학/학과	현 직장 및 직위
	대표 취(창)업 사례의 우수성						
7		2015.02.	박사	물리학과	Y	동일	인천대학교 물리학과 조교수
	● “Topological insulating property of chalcogenide phase change materials” 연구로 박사학위 취득. ● 미국 Univ. of California, Irvine에서 박사후연구원으로 스핀트로닉스, 촉매, 태양광 에너지 관련 연구. ● 2019년 3월에 인천대학교 물리학과 조교수 임용.						
8		2015.02.	박사	물리학과	Y	동일	DGIST 뉴바이올로지전공 조교수
	● “Generalized quantum measurement and its applications in quantum information” 연구로 박사학위 취득. ● 미국 Johns Hopkins University에서 박사후연구원으로 바이오이미징 연구. ● 2018년 3월에 DGIST 뉴바이올로지학과 조교수 임용.						
9		2014.08.	박사	물리학과	Y	동일	KAIST 물리학과 조교수
	● “Decoherence in multi-photon interference and generation of multi-photon entangled states” 연구로 박사학위 취득. ● 프랑스 Laboratoire Kastler Brossel 연구소에서 압축광을 이용한 양자통신 기술 연구. ● 2018년 11월에 KAIST 물리학과 조교수 임용.						

연번	성명	졸업연월	수여 학위 (박사/석사)	학위취득 시 학과(부)명	재학 시 BK21사업 참여 여부 (Y/N)	최종학위 (박사/석사) 및 수여 대학/학과	현 직장 및 직위
	대표 취(창)업 사례의 우수성						
10		2014.02.	박사	물리학과	Y	동일	군산대학교 물리학과 조교수
	● “Electronic structure and magnetic properties of correlated transition metal complexes with octahedral environment” 연구로 박사학위 취득. ● 오스트리아 Univ. Vienna에서 박사후연구원으로 강상관계 전이금속 산화물 제일 원리 계산 연구. ● 2018년 3월에 군산대학교 물리학과 조교수 임용.						
11		2014.02.	박사	물리학과	Y	동일	POSTECH 물리학과 조교수
	● "Electrical transport in graphene-based hybrid superconducting devices" 연구로 박사학위 취득. ● 하버드 대학교 물리학과 김필립 교수 박사후연구원으로 그래핀-초전도 접합소자의 양자전도 연구. ● 2017년 7월 포스텍 물리학과에 조교수 임용.						
12		2013.08.	박사	물리학과	Y	동일	Lablup Inc. CEO
	● “Spatiotemporal characteristics of superimposed complex network and its optimization: cases of social and brain systems” 연구로 박사학위 취득. ● 벤처기업 Lablup Inc. CEO로서 AI 오픈 알고리즘 및 플랫폼 등에 대한 연구개발 및 사업 추진.						

연번	성명	졸업연월	수여 학위 (박사/석사)	학위취득 시 학과(부)명	재학 시 BK21사업 참여 여부 (Y/N)	최종학위 (박사/석사) 및 수여 대학/학과	현 직장 및 직위
	대표 취(창)업 사례의 우수성						
13		2013.08.	박사	물리학과	Y	동일	국가보안기술연구소 선임 연구원
	● “Implementation of B92 quantum cryptography protocol using weak laser pulse in FREE-SPACE” 연구로 박사학위 취득. ● 양자통신 및 양자암호 분야 선도 그룹인 프랑스 Laboratoire Kastler Brossel 연구소에서 박사후연구원으로 암흑광을 이용한 양자정보 연구. ● 현재 국가보안기술 연구소 선임연구원으로 재직 중.						
14		2013.08.	박사	물리학과	Y	동일	KAIST 생명과학과 조교수
	● “Single-molecule studies on DNA mismatch repair: MuSt and MuSt/Beta-clamp” 연구로 박사학위취득. ● MIT 물리학과에서 박사후연구원으로 재직. ● 2019년에 KAIST 생명과학과 조교수 임용.						
15		2015.02.	박사	물리학과	Y	동일	Lablup Inc. Research Director
	● “Proofreading of DNA polymerase & ssDNA binding by MutL at the single-molecule level” 연구로 박사학위 취득. ● 클라우드 컴퓨팅과 AI 관련 벤처기업 Lablup Inc. 공동창업. 현재 Research Director로 재직 중.						

연번	성명	졸업연월	수여 학위 (박사/석사)	학위취득 시 학과(부)명	재학 시 BK21사업 참여 여부 (Y/N)	최종학위 (박사/석사) 및 수여 대학/학과	현 직장 및 직위
	대표 취(창)업 사례의 우수성						
16		2012.02.	박사	물리학과	Y	동일	국가보안기술연구소 선임 연구원
	● “Two-photon quantum interferometry and its applications in quantum-enhanced measurement” 연구로 박사학위 취득. ● KIST에서 박사후연구원으로 양자암호 분야 연구 수행. ● 현재 국가보안기술연구소 선임연구원으로 재직 중.						
17		2017.08.	박사	물리학과	Y	동일	삼성종합기술원 연구원
	● “Josephson effect by robust surface conduction in a topological insulator” 연구로 박사학위 취득. ● 박사학위 기간 동안 수행한 소자의 위상학적 특성 연구를 활용하여 양자계산 소자 (큐비트) 개발 연구 수행. ● 현재 삼성종합기술원 연구원으로 재직 중.						
18		2010.08.	박사	물리학과	Y	동일	홍콩 Univ. of Hong Kong 물리학과 조교수
	● “Quantum transport properties of graphene and topological insulators” 연구로 박사학위 취득. ● 스위스 제네바 대학 Alberto Morpurgo 그룹에서 박사후연구원 및 연구원으로 2차원 물질 전도특성 연구. ● 2018년 9월에 Univ. of Hong Kong 물리학과 조교수 임용.						

연번	성명	졸업연월	수여 학위 (박사/석사)	학위취득 시 학과(부)명	재학 시 BK21사업 참여 여부 (Y/N)	최종학위 (박사/석사) 및 수여 대학/학과	현 직장 및 직위
	대표 취(창)업 사례의 우수성						
19		2010.08.	박사	물리학과	Y	동일	부경대학교 물리학과 조교수
	● “First-principles study for the atomic and electronic structure of the Pb/Si(111)-($\sqrt{7} \times \sqrt{3}$) surface” 연구로 박사학위 취득. ● 동국대 물리학과에서 박사후연구원으로 배터리 전극물질 연구. ● 2017년 9월에 부경대학교 물리학과 조교수 임용.						
20		2010.02.	박사	물리학과	Y	동일	일본 Tohoku Univ. Research Institute of Electrical Communication 조교수
	● “Engineering entangled photons for quantum information” 연구로 박사학위 취득. ● 일본 Tohoku Univ. 및 미국 Duke Univ.에서 박사후연구원으로 Ion-trap quantum computing에 대한 연구 수행. ● 현재 일본 Tohoku Univ. 조교수로 재직.						
21		2012.02.	박사	물리학과	Y	동일	KIST 선임연구원
	● “Quantum measurement and it's applications in photonic quantum information” 연구로 박사학위 취득. ● 미국 Los Alamos National Lab.에서 원거리 양자통신과 양자메모리 연구 수행. ● 현재 KIST 선임연구원으로 재직. 양자 암호 관련 연구를 수행.						

연번	성명	졸업연월	수여 학위 (박사/석사)	학위취득 시 학과(부)명	재학 시 BK21사업 참여 여부 (Y/N)	최종학위 (박사/석사) 및 수여 대학/학과	현 직장 및 직위
	대표 취(창)업 사례의 우수성						
22		2019.02.	박사	물리학과	Y	동일	연세대학교 의과대학 부설 연구소 연구원
	● “The development of tools for in vivo mouse brain circuits with optogenetics” 연구로 박사학위 취득. ● 학위 기간 중 복잡계 및 뇌신경 회로망 연구 수행. ● 연세대학교 의과대학부설연구소 연구원으로서 복잡계 방법론을 기반으로 한 질환 진단 및 분석에 대한 연구를 수행 중.						
23		2014.08.	박사	물리학과	Y	동일	IBS 원자제어 연구단 Research Fellow
	● “Engineering of edge and surface state of 2D and 3D topological insulator” 연구로 박사학위 취득. ● 미국 Univ. of Utah에서 2차원 물질의 전자구조 및 위상 특성에 대해 연구. ● 현재 IBS 원자제어 연구단의 Research Fellow로 재직 중.						
24		2015.02.	박사	물리학과	Y	동일	DGIST 신물질과학전공 조 교수
	● “Quantum transport property of twisted/bernal bilayer graphene” 연구로 박사학위 취득. ● 독일 Max Planck Institute for Solid State Research 에서 Graphene 및 2차원 전자계의 양자홀 효과 연구를 수행. ● 2019년 6월에 DGIST 신물질과학과 조교수 임용.						
최근 10년간 졸업생 수			석사	46		24	
			박사	186			

3. 대학원생 연구역량

3.1 대학원생 연구 실적의 우수성

① 대학원생(졸업생) 대표연구업적물의 우수성

<표 2-4> 교육연구단 소속 학과(부) 대학원생 대표연구업적물

연번	최종 학위 (박사 /석사)	졸업생 성명	세부 전공 분야	졸업 연월	실적구분	대표연구업적물 상세내용
1	박사		자성체물리	2017.2.	저널논문	
						Violation of Ohm's law in a Weyl metal
						NATURE MATERIALS (IF = 38.887)
						16(11), 1096
						2017
2	박사		표면/경계면물리	2017.2.	저널논문	10.1038/NMAT4965
						Atomically abrupt topological p-n junction
						ACS NANO (IF = 13.903)
						11(10), 9671
						2017
						10.1021/acsnano.7b03880

연번	최종 학위 (박사 /석사)	졸업생 성명	세부 전공 분야	졸업 연월	실적구분	대표연구업적물 상세내용
3	박사		자성체물리	2019.8.	저널논문	
						Emergence of a metal-insulator transition and high-temperature charge-density waves in VSe ₂ at the monolayer limit
						NANO LETTERS (IF = 12.279)
						18(9), 5432
						2018
4	박사		생물물리	2019.8.	저널논문	10.1021/acs.nanolett.8b01764
						DNA skybridge: 3D structure producing a light sheet for high-throughput single-molecule imaging
						NUCLEIC ACIDS RESEARCH (IF = 11.147)
						47(18), e107
4	박사		생물물리	2019.8.	저널논문	2019
						10.1093/nar/gkz625

연번	최종 학위 (박사 /석사)	졸업생 성명	세부 전공 분야	졸업 연월	실적구분	대표연구업적물 상세내용
5	박사		에너지피 /전자구조	2018.8.	저널논문	
						Two-dimensional Dirac fermions protected by space-time inversion symmetry in black phosphorus
						PHYSICAL REVIEW LETTERS (IF = 9.227)
						119(22), 226801
						2017
6	박사		중시물리	2019.2.	저널논문	10.1103/PhysRevLett.119.226801
						Intrinsic spin and orbital Hall effects from orbital texture
						PHYSICAL REVIEW LETTERS (IF = 9.227)
						121(8), 86602
6	박사		중시물리	2019.2.	저널논문	2018
						10.1103/PhysRevLett.121.086602

연번	최종 학위 (박사 /석사)	졸업생 성명	세부 전공 분야	졸업 연월	실적구분	대표연구업적물 상세내용	
7	박사		에너지피 /전자구조	2019.8.	저널논문		
						Giant magnetic anisotropy induced by ligand LS coupling in layered Cr compounds	
						PHYSICAL REVIEW LETTERS (IF = 9.227)	
						122(20), 207201	
						2019	
						10.1103/PhysRevLett.122.207201	
최근 3년간 졸업생 수			석사		13		7
			박사		56		

3. 대학원생 연구역량

3.1 대학원생 연구 실적의 우수성

① 대학원생(졸업생) 대표연구업적물의 우수성

대학원생 대표 연구 업적물의 우수성

(1) 대학원생 전체 실적 및 대표 연구 업적물 실적 요약

○ 최근 3년간 포스텍 물리학과 인력 배출 및 논문 성과.

- 총 69명 (박사 56명, 석사 13명) 배출, 졸업생 참여 총 SCI(E) 주저자 논문 수 134편.
- 박사 졸업생 중 15명(전체 박사학위 과정생의 26.8%)이 주저자로 IF 9 이상(Physical Review Letters IF 9.227)의 학술지에 17 편의 논문을 출간.

○ 대표 연구 업적물 성과.

- 선정기준: 포스텍 물리교육연구단의 연구인력 양성 목표에 기반하여 수월성 위주로 선정.
- 대표 연구 업적물 환산 졸업생 수 (박사 + 석사×1/2) 63명의 10%에 해당하는 7편의 논문을 대표 연구 업적물로 선정 (<표 2-4> 참고).

○ 대표 연구 업적물의 창의성/혁신성.

- 대표연구 업적물의 논문당 평균 IF 14.842, 보정 ES 5.404.
 - 물리학분야의 우수 저널인 Physical Review Letters (IF: 9.227)을 상회.
- 대표 업적물의 내용은 ‘새로운 개념을 제시’ 하거나 ‘새로운 현상을 최초로 구현한’ 경우.

<새로운 개념 제시>

• 옴 법칙이 성립하지 않는 위상전도 개념 제시		
Nature Materials, 2017. 11.	• IF = 38.887	• 내부 공동연구, 플래그십
• 마이크로 펄스를 이용한 단일 단백질 이미징 방법론 제시		
Nucleic Acids Research, 2019. 10.	• IF = 11.147	-
• 오비탈 질감 (texture)에 의한 스핀/오비탈 홀효과 개념 제시		
Physical Review Letters, 2018. 08.	• IF = 9.227	• 플래그십
• 리간드 스핀-궤도 상호작용을 통한 강한 자기 이방성 개념 제시		
Physical Review Letters, 2019. 05.	• IF = 9.227	• 내부 공동연구, 플래그십

<새로운 현상 구현>

• 대칭성으로 결정되는 2차원 디락 전자의 최초 구현		
Physical Review Letters, 2017. 11.	• IF = 9.227	• 플래그십
• 2차원 극한에서의 전하밀도파와 금속-비금속 상전이 현상 최초 관측		
Nano Letters, 2018. 09.	• IF = 12.279	• 플래그십
• 원자수준에서 급격한 위상 p-n접합 최초 구현		
ACS Nano, 2017. 10.	• IF = 13.903	• 내부 공동연구, 플래그십

○ 대표 연구 업적물의 교육연구단 비전과 목표와의 부합성.

- 본 교육연구단의 비전: 탄탄한 기초실력으로 지식의 한계를 확장할 신진과학자 육성.
- 본 교육연구단 연구 추진 방향: ‘혁신적인 연구’, ‘함께하는 연구’, ‘포스텍 플래그십 연구’.
- 대표업적물의 연구 내용은 모두 ‘새로운 개념 제시’와 ‘새로운 현상 최초 구현’한 경우.
 - ‘지식의 한계 확장’이라는 비전과 ‘혁신적인 연구’의 추진방향에 부합함.
- 대부분의 연구성과는 학과 내부의 두 개 이상의 그룹의 공동연구 논문 (3건)이고, 해당 주제의 성과

가 포스텍 물리교육연구단 소속 교수들에 의해 지속적으로 나오는 플래그십 연구의 성과 (6건)임.
- ‘함께하는 연구’와 ‘포스텍 플래그십 연구’에 부합함.

(2) 대학원생 전체 실적 및 대표 연구 업적물 상세내용.

○ 대표업적 1 - ‘Violation of Ohm’s law in a Weyl metal’, Nature Materials, 2017. 11.

- IF 38.887, 보정 ES 1.908, 피인용수 Google Scholar 27회, ‘새로운 개념 제시’, 학과 내부 공동연구, 플래그십 성과.

(연구결과, 창의성)

- 카이럴 변칙 (Anomaly)의 핵심 현상인 비선형 저항 현상의 존재를 이론적으로 증명하고, 종적 자기저항 (Longitudinal Magneto-Resistivity)의 비선형 반응 최초 관측.
- 보편축척함수 (Universal Scaling Function)로 기술됨을 확인하여 카이럴 변칙원리를 증명.

(전공분야기여)

- 페르미 면이 존재하는 모든 금속은 옴의 법칙을 따라야 한다는 상식을 뒤엎는 연구결과로, 위상적 특성에 의해 전기장에 대한 비선형 반응을 보일 수 있음을 보여주는 최초의 실험 결과.
- 향후 여러 가지 비선형 수송 현상에 대한 실험들이 수행될 것으로 기대.

○ 대표업적 2 - ‘Atomically abrupt topological p-n junction’, ACS Nano, 2017. 10.

- IF 13.903, 보정 ES 3.504, 피인용수 Google Scholar 12회, ‘새로운 현상 구현’, 학과 내부 공동연구, 플래그십 성과.

(연구결과, 창의성)

- 위상부도체의 표면 상태의 스핀 텍스처 및 전하 밀도를 국소적으로 조절하는 방법론 제시.
- 본 연구는 위상부도체의 국소적인 금속증착을 통해, 원자수준에서 n형과 p형이 바뀌고, 스핀특성도 바뀌는 현상에 대해서 최초로 구현함.

(전공분야기여)

- 전하의 운동으로 스핀정보가 조절되는 스핀소자의 스핀 정보 생성부분으로의 활용가능성 확인.
- 국소적인 도핑을 통해 위상부도체 표면상태의 스핀 조절 기초자료를 제공.

○ 대표업적 3 - ‘Emergence of a metal-insulator transition and high-temperature charge-density waves in VSe₂ at the monolayer limit’, Nano Letters, 2018. 09.

- IF 12.279, 보정 ES 3.234, 피인용수 Google Scholar 39회, ‘새로운 현상 구현’.

(연구결과, 창의성)

- 단원자층 VSe₂에서 2차원 특성으로 인해 페르미 면 겹싸기 (Fermi Surface Nesting) 현상이 급격히 강화됨을 확인.
- 3차원 시스템에서는 존재하지 않는 금속-절연체 전이가 일어나며 이질 계면에 의한 강한 격자 뒤틀림이 동반되는 것을 최초로 확인.

(전공분야기여)

- 2차원 물질에서 차원과 계면으로 인한 전자 상호작용 조절과 전자구조 재구성에 대한 정보 제공.
- 재규격화군 분석을 통해 2차원에서 완벽한 겹싸기가 보편적으로 일어날 수 있음을 증명.

○ 대표업적 4 - ‘DNA skybridge: 3D structure producing a light sheet for high-throughput single-molecule imaging’, Nucleic Acid Research, 2019. 10.

- IF 11.147, 보정 ES 6.153, ‘새로운 개념 제시’.

(연구결과, 창의성)

- 긴 DNA상에서 움직이는 단백질의 1차원 확산운동의 관측을 위해 이미징 챔버의 표면과의 상호작용

용으로 인해 발생하는 잡음이 제거된 새로운 방법론 제시.

- 빔 입사각 조절을 통해 기존보다 많은 숫자의 DNA상의 단분자의 1차원 움직임을 관찰 가능.

(전공분야기여)

- 기존의 단일분자 기술을 이용한 이미징 방법론을 대체할 수 있을 것으로 기대.

○ 대표업적 5 - ‘Two-dimensional Dirac fermions protected by space-time inversion symmetry in black phosphorus’, Physical Review Letters, 2017. 11.

- IF 9.227, 보정 ES 7.678, 피인용수 Google Scholar 46회, ‘새로운 현상 구현’, 플레그십 성과.

(연구결과, 창의성)

- 대표적인 2차원 물질인 흑린의 전자구조의 체계적인 위상학적인 특성을 실험과 이론으로 확인.
- 2차원에서의 위상 전자구조의 체계적인 변화 기작을 최초로 제시하고 2차원 디락상태를 구현함.

(전공분야기여)

- 2차원 물질계의 전자구조 및 위상특성에 대한 기초 정보 제공.
- 2차원 위상전하의 생성과 변조를 이용한 새로운 2차원 위상 소자의 가능성을 제시.

○ 대표업적 6 - ‘Intrinsic spin and orbital Hall effects from orbital texture’, Physical Review Letters, 2018. 08.

- IF 9.227, 보정 ES 7.678, 피인용수 Google Scholar 28회, ‘새로운 개념 제시’, 플레그십 성과.

(연구결과, 창의성)

- 높은 스핀홀 효과를 위해 스핀-궤도 결합 외에 전자의 궤도 (Orbital) 자유도가 중요한 역할을 한다는 것을 이론적으로 규명.
- 스핀-궤도 결합이 약하거나 없는 물질에서도 존재하는 궤도 홀효과와 존재 가능성을 제시.

(전공분야기여)

- 해석이 어려운 기존 스핀홀 실험결과에 대한 새로운 해석틀을 제시.
- 스핀홀 효과를 이용한 스핀 메모리 및 로직 소자 구현의 근본 원리를 제공.

○ 대표업적 7 - ‘Giant magnetic anisotropy induced by ligand LS coupling in layered Cr compounds’, Physical Review Letters, 2019. 05.

- IF 9.227, 보정 ES 7.678, ‘새로운 개념 제시’, 학과 내 공동연구, 플레그십 성과.

(연구결과, 창의성)

- Cr 기반 판상화합물에서 발현되는 거대 자기이방성 원인에 대한 새로운 원리 제시.
- Cr-Cr 초교환 (Superexchange) 상호작용에서 리간드의 스핀-궤도 결합의 세기가 상당한 크기의 자기 이방성에 기여함을 이론적으로 입증.

(전공분야기여)

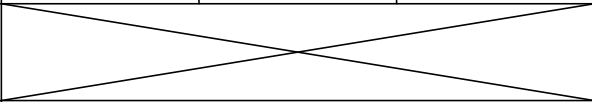
- 기존의 연구에서 고려되지 않았던 새로운 리간드 스핀-궤도 결합에 의한 자기 이방성을 제시.
- 2차원 자성체 연구 및 스핀트로닉스 소자 개발에 새로운 방향 제시.

② 대학원생(졸업생) 저명학술지 대표논문의 우수성 (별도 제출/평가)

<표 2-5> 최근 3년간 졸업생의 대표논문 환산 편수, 환산보정 피인용수(FWCI), 환산 보정 IF, 환산보정 ES

구 분		최근 3년간 실적			전체기간 실적
		2017년 졸업생	2018년 졸업생	2019년 졸업생	
논문 편수	대표논문 총 편수	24	18	18	60
	대표논문 환산 편수의 합	9.2186	6.9904	6.9442	23.1532
	평가 대상 1인당 대표논문 환산 편수				0.3675
피인용수	보정 피인용수(FWCI) 값이 있는 논문의 총 편수	24	18	18	60
	보정 피인용수(FWCI) 의 합	27.3477	15.7695	20.1773	63.2945
	환산 보정 피인용수(FWCI) 합	7.3406	5.9351	6.6354	19.9111
	대표논문 1편당 환산보정 피인용수(FWCI)				0.3318
	평가 대상 1인당 환산보정 피인용수(FWCI) 합				0.316
Impact Factor	IF=0이 아닌 논문 총 편수	24	18	18	60
	IF의 합	212.0360	65.7050	77.4360	355.1770
	환산보정 IF의 합	5.5987	3.0257	3.3286	11.9530
	대표논문 1편당 환산보정 IF				0.1992
	평가 대상 1인당 환산보정 IF 합				0.1897
Eigenfactor Score	ES=0이 아닌 논문 총 편수	24	18	18	60
	ES의 합	8.5604	6.2269	4.1376	18.9248
	환산보정 ES의 합	18.6084	15.6818	13.1763	47.4665
	대표논문 1편당 환산보정 ES				0.7911
	평가 대상 1인당 환산보정 ES 합				0.7534
소속 학과 최근 3년간 환산졸업생 수		63			

<표 2-5-1> 최근 3년간 대학원생(졸업생) 연구업적물 환산 편수 (건축 분야의 건축학만 해당)

구분	최근 3년간 실적			전체기간 실적
	2017년 2월8일 졸업생	2018년 2월8일 졸업생	2019년 2월8일 졸업생	
연구재단 등재(후보)지 논문 환산편수	0	0	0	0
국제저명 학술지 논문 환산편수	0	0	0	0
기타국제 학술지 논문 환산편수	0	0	0	0
국어 학술저서 환산편수	0	0	0	0
외국어 학술저서 환산편수	0	0	0	0
저서 또는 논문 총 환산편수	0	0	0	0
평가대상 1인당 연구업적물 환산편수				0.00
소속 학과(부) 최근 3년간 환산졸업생 수				0.00

③ 대학원생(졸업생) 학술대회 대표실적의 우수성

<표 2-6> 교육연구단 소속 학과(부) 졸업생 학술대회 발표실적

연번	최종학위 (박사/석사)	졸업생 성명	졸업 연월	발표 형식 (구두, 포스터)	학술대회 발표실적 상세내용
1	박사		2017.02.	구두	
					Observation of single and degenerated charge ordering in IrTe ₂
					APS (American Physical Society) March Meeting 2015
					2015, 미국 San Antonio, Texas
2	박사		2017.02.	구두	
					Unusual phase transition in a natural heterostructure of iron pnictides and vanadium oxides
					APS (American Physical Society) March Meeting 2016
					2016, 미국 Baltimore, Maryland

연번	최종학위 (박사/석사)	졸업생 성명	졸업 연월	발표 형식 (구두, 포스터)	학술대회 발표실적 상세내용
3	박사		2017.02.	구두	
					A first-principles study on second-order ferroelectric phase transition in two-dimensional puckered group V materials.
					APS (American Physical Society) March Meeting 2017
					2017, 미국 New Orleans, Louisiana
4	박사		2017.08.	구두	
					Fraunhofer pattern arising from an edge-stepped topological surface Josephson current distribution
					APS (American Physical Society) March Meeting 2015
					2015, 미국 San Antonio, Texas

연번	최종학위 (박사/석사)	졸업생 성명	졸업 연월	발표 형식 (구두, 포스터)	학술대회 발표실적 상세내용
5	박사		2018.02.	구두	
					Mechanistic studies of intercellular nanotubes
					한국물리학회 2017년 봄 학술논문발표회
					2017, 한국 대전
6	박사		2018.02.	구두	
					Non-Fermi liquid transport phenomena in SrIrO ₃ thin films: Role of disorder in a nematic phase
					APS (American Physical Society) March Meeting 2017
					2017, 미국 New Orleans, Louisiana

연번	최종학위 (박사/석사)	졸업생 성명	졸업 연월	발표 형식 (구두, 포스터)	학술대회 발표실적 상세내용	
7	박사		2019.02.	구두		
					Surface orbitronics from the orbital Rashba effect	
					DPG (Deutsche Physikalische Gesellschaft) Spring Meeting 2017	
					2017, 독일 Dresden	
최근 3년간 졸업생 수		석사	13		7	
		박사	56			

3.1 대학원생 연구 실적의 우수성

③ 대학원생(졸업생) 학술대회 대표실적의 우수성

대학원생 학술대회 대표 실적의 우수성

(1) 졸업생 학술대회 전체 발표실적 및 대표 실적 요약

○ 최근 3년간 포스텍 물리학과 졸업생의 학술대회 발표실적.

- 총 69명 (박사 56명, 석사 13명) 배출, 최근 3년 졸업생이 발표한 학술대회 실적 (2009년 ~ 2019년 기간) 263 건 (구두 84건, 포스터 179건).
- 국제 학술대회 발표실적 105건 (구두: 22건, 포스터: 83건).

○ 대표 연구 업적물 성과.

- 선정기준: 포스텍 물리교육연구단이 연구인력 양성 목표에 기반하여 수월성 위주로 선정.
- 대표 연구 업적물환산 졸업생 수 (박사 + 석사 $\times$ 1/2) 63명의 10%에 해당하는 7편의 학술대회 발표 실적을 대표연구 실적으로 선정 (<표 2-6> 참고).

○ 대표 연구 업적물의 교육연구단 비전과 목표와의 부합성.

- 본 교육연구단의 비전: 탄탄한 기초실력으로 지식의 한계를 확장할 신진과학자 육성.
- 본 교육연구단 연구 추진방향: '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 추진방향에 부합함.

(2) 대표 연구 업적물 상세내용

○ 박사.

발표제목: Observation of single and degenerated charge ordering in IrTe_2 .

- 2016년 미국 물리학회 발표, '새로운 현상 최초 구현'.

(연구결과, 창의성)

- 매우 특이한 상전이가 발생하는 IrTe_2 의 전하 정렬 (Charge Order)의 상세한 모양을 에너지와 공간을 분해하여 측정한 최초의 실험.
- 금속성 하에서 발현되는 특이 전하 정렬 상전이의 기원을 밝히고, 기존에 발견되지 않았던 새로운 형태의 전하 정렬 형태 및 초전도와 유도 현상 발견.

(전공분야기여)

- 2차원 물질의 전하 정렬 (Charge Order) 및 초전도 현상에 대한 이해 심화.
- 에너지와 공간분해능을 가지는 전하 정렬 연구 방법론을 제시, 해당 물성의 기원에 대한 기초 정보 제공.

○ 박사.

발표제목: Unusual phase transition in a natural heterostructure of iron pnictides and vanadium oxides.

- 2016년 미국 물리학회 발표, '새로운 현상 최초 구현'.

(연구결과, 창의성)

- 자연계에 드물게 존재하는 금속과 모트 (Mott) 부도체의 강상관계 초격자구조의 전자상호작용에 의한 독특한 전자상태를 발현 관측.
- 기존에 알려지지 않은 새로운 전자 상전이의 발현을 실험적으로 최초 확인.

(전공분야기여)

- 서로 다른 강상관계 이종층이 자기적인 층간상호작용을 하는 경우 나타나는 현상에 대한 기초 연

구정보를 제공.

- 전도전자계와 국소스핀계 간의 상호작용으로 발현될 수 있는 다양한 기저상태에 대한 이해 증진.

○ 박사.

발표제목: A first-principles study on second-order ferroelectric phase transition in two-dimensional puckered group V materials.

- 2017년 미국 물리학회 발표, '새로운 현상 최초 구현'.

(연구결과, 창의성)

- 5족 원소 P, As, Sb, Bi로 이루어진 2차원 물질에서 격자 뒤틀림 현상에 대한 제일원리 계산.
- 포논 무름 (Softening)에 의해 구조상전이가 일어나며 이로 인해 역전 대칭성이 깨짐을 보임.
- 고립 전자쌍 (Lone Pair)과 역전대칭성 깨짐으로 인해 단일 원소 물질임에도 강유전성이 나타남을 규명.

(전공분야기여)

- 2차원 강유전체의 개발에 이론적 토대를 마련하는 것으로 이 분야 발전에 중요한 기여를 할 것으로 기대.
- 강유전성 발현이 이중 원소 결합으로 이루어진 물질에서 일어나며, 2차원 물질은 강유전성 발현이 어려울 것이란 기존의 물리적 상식을 깨는 연구결과 제공.

○ 박사.

발표제목: Fraunhofer pattern arising from an edge-stepped topological surface Josephson current distribution.

- 2015년 미국 물리학회 발표, '새로운 현상 최초 구현'.

(연구결과, 창의성)

- $\text{Bi}_{1.5}\text{Sb}_{0.5}\text{Te}_{1.7}\text{Se}_{1.3}$ 3차원 위상부도체 단결정상에 초전도 전극을 결합하여 조셉슨 접합 제작.
- 수직자기장의 변화에 따라 일어나는 초전류 임계전류 간섭특성의 직접적인 측정을 통해 위상학적으로 보호된 표면 전도층의 형성을 최초로 확인.

(전공분야기여)

- 위상부도체 등 다양한 위상물질을 이용한 양자소자 구현에 이정표적인 기반을 제공하며, 미래형 양자소자 개발에 크게 기여할 것으로 기대됨.

○ 박사.

발표제목: Mechanistic studies of intercellular nanotubes.

- 2017년 한국 물리학회 발표, 해당 발표는 한국물리학회에서 우수발표상을 수상, 해당 논문은 23회 삼성 휴먼테크논문대상에서 금상을 수상, '새로운 개념 제시'.

(연구결과, 창의성)

- 세포 간 신호전달의 새로운 방식인 세포 간 나노튜브의 형성 메커니즘 규명.
- 초고해상도 현미경으로 세포 간 나노튜브의 헬리칼 구조를 발견하고, 이러한 헬리칼 구조가 세포 간 나노튜브 형성을 매개한다는 모델 제시.

(전공분야기여)

- 헬리칼 구조 (Helical Structure)는 이때까지 학계에 보고된 적이 없는 새로운 아이디어임.
- 세포 간 나노튜브의 새로운 형성 메커니즘을 제시했다는 학계의 평가가 있음.
- 물리학적 이론과 방법을 이용하여 생명현상을 규명한 연구로 물리학과 생물학의 융합형 연구이며, 새로운 발견으로 해당 연구분야에 큰 임팩트를 줄 것으로 판단됨.

○ 박사.

발표제목: Non-Fermi liquid transport phenomena in SrIrO₃ thin films: Role of disorder in a nematic phase.

- 2017년 미국 물리학회 발표, '새로운 개념 제시'.

(연구결과, 창의성)

- 2011년 이성식 교수에 의해 제안된 2차원 페르미면의 불안정성을 계산할 수 있는 조절 가능한 정규화 (Regularization Scheme)를 적용하여, 불순물이 존재할 경우 양자상전이 점 근처에서 나타날 수 있는 새로운 비페르미 액체 상태를 처음으로 조절 가능한 수준에서 계산하고 예측함.
- 새로운 정규화 (Regularization) 방법을 바탕으로 단파장 영역에서 일어나는 발산을 (Ultraviolet Divergence) 조절할 수 있는 계산을 수행하여 새로운 비페르미 액체 상태를 예측.

(전공분야기여)

- 최근에 많이 연구되고 있는 SrIrO₃ 박막에서의 비정상적인 수송 현상에 대한 이해에 기여.

○ 박사.

발표제목: Surface orbitronics from the orbital Rashba effect.

- 2017년 독일 물리학회 (DPG Spring Meeting) 발표, '새로운 개념 제시'.

(연구결과, 창의성)

- 전자의 스핀 뿐 아니라 전자 파동함수의 오비탈 자유도 역시 자성을 만들어 낸다는 아이디어를 이용하여 오비탈 자성을 전기적으로 조작하는 방법에 대해 조사.
- 전자구조에서 에너지 간극이 사라지는 특이점 근방에서는 오비탈 자성과 전자의 전기 분극 간 상호작용 효과가 강해지면서 오비탈 자성이 비정상적으로 커질 수 있다는 것을 최초로 발견.
- 특이점 근처의 전자구조를 전기적으로 변화시킬 수 있으면 오비탈 자성을 전기적으로 제어하는 효율을 아주 높일 수 있다는 것을 암시하는 결과임.

(전공분야기여)

- 전기적 성질과 자기적인 성질의 결합에 대한 기존 연구들이 스핀에 집중해 왔던 반면 이 결과는 전혀 다른 가능성을 발굴함.
- 이를 토대로 전자의 오비탈 자유도를 통해 정보를 조작하는 '오비트로닉스 (Orbitronics)'의 개념을 제안.

④ 대학원생(졸업생) 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

<표 2-7> 교육연구단 소속 학과(부) 졸업생 특허, 기술이전, 창업 실적 등

연번	최종학위 (박사/석사)	졸업생 성명	졸업 연월	실적구분	특허, 기술이전, 창업 등 실적 상세내용	
1	박사		2017.02.	특허		
					Liquid target producing device being able to use multiple capillary tube and X-ray and EUV light source device with the liquid producing device	
					미국	
					US 8,396,190 B2	
					2013	
2	박사		2018.02.	특허		
					단층 촬영 장치 및 오차 제거 방법	
					대한민국	
					10-1850320	
					2018	
최근 3년간 졸업생 수		석사	14		7	
		박사	56			

3.1 대학원생 연구 실적의 우수성

④ 대학원생(졸업생) 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

대학원생 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

(1) 대학원생 특허, 기술이전, 창업 실적 요약.

○ 최근 3년 간 포스텍 물리학과 기술이전 (총 1건) 및 특허등록 (총 7건) 실적.

- 기술이전 (총 1건): 교수 특허출원 후 삼성전자에 기술이전 (기술명: ‘자기 메모리 소자’).
- 특허등록 (총 7건):
 - 2017년: (1건), 교수 (1건).
 - 2018년: (1건), (2건), 교수 (1건).
 - 2019년: 교수 (1건).

○ 최근 3년간 졸업생의 특허/창업/기술이전 대표 성과.

- 최근 3년간 총 69명 (박사 56명, 석사 13명) 배출.
- 대표 연구 업적물 환산 졸업생 수 (박사 + 석사×1/2) 63명 중 특허/창업실적 요건에 맞는 경우는 2건 (3%) (<표 2-7> 참고).

○ 대표 연구 업적물의 물리교육연구단 비전과 목표와의 부합성.

- 본 물리교육연구단의 비전: 탄탄한 기초실력으로 지식의 한계를 확장할 신진과학자 육성.
- 산업체의 요구에 즉각적으로 대응하는 연구를 지양하고, 기초과학의 연구 수월성을 우선하되, 이를 통해 얻어진 원천 지식을 산업·사회에 기여하는 모델을 추구 (‘2-2 산업·사회 문제 해결 기여 계획’ 참고).
- 대표 성과 2건의 경우 모두 기초연구를 수행 과정 중에 착안한 내용을 특허화 한 것으로 연구단의 산업사회 기여 모델에 부합함.
- 대표 성과를 이뤄낸 박사와 박사 모두 졸업 후 각각 헝가리 ELI-ALPS (레이저 연구소)의 정규직 연구원과 캐나다의 유명 연구기관인 INRS-EMT의 박사후연구원으로 취업. 이는 ‘탄탄한 기초 실력’으로 전공분야의 혁신을 이뤄내는 글로벌 리더급 연구자 배출을 목표로 하는 연구단의 교육 비전과 잘 부합함.

(2) 대표 연구 업적물 상세내용.

○ 박사: 국제 특허 (미국).

특허명: Liquid target producing device being able to use multiple capillary tube and X-ray and EUV light source device with the liquid producing device.

(배경)

- 연 X선(1 ~ 10 nm)은 살아있는 세포들의 미세구조를 관측하기 위한 현미경에 사용되고, 극자외선 (EUV, 10 ~ 20 nm)은 차세대 리소그래피 (Lithography)에 사용됨.
- 연 X선의 대부분은 방사광 가속기를 통해 발생되고 있어 관련 연구를 수행하는데 실험적 제약이 크고 소규모 실험실에서 사용되기에는 부적합함.
- 소규모 실험실의 광원 발생 장치인 레이저 플라즈마 광원 발생 장치의 경우, 진공 용기 내 타겟 (Target)에 고출력 레이저빔을 조사하여 고밀도 플라즈마를 만들고 X선 및 극자외선 영역의 빛을 발생시킴.
- 고체 형태의 타겟을 사용하는 경우, 항상 새로운 부위에 레이저 빛이 입사되도록 고체 타겟을 회전, 상하, 좌우로 이동시키기 위한 구동부가 필요하며, 타겟 교환을 위해 많은 시간과 비용이 소비됨.

- 또한, 고체 타겟을 사용하면 고체 타겟으로부터 연소 분해물이나 파쇄물 등의 비산 입자 (이하 “파편 (Debris)”) 가 방출되며 고가인 주변의 여러 광학기기들을 손상시키는 큰 문제점을 발생.

(성과 및 혁신성)

- 다중 모세관을 이용한 액체 타겟공급 장치로 X선 및 극자외선 영역의 빛을 안정적으로 발생.
- 다중 모세관의 손상 등으로 인해 모세관을 교체하여야 하는 경우 상기 모세관의 교체 작업이 종래에 비해 더욱 용이하고 신속하게 수행가능.
- 액체 타겟을 모세관으로부터 분사시키고자 할 경우에도 공급되는 가스를 별도로 교체할 필요가 없는 다중 모세관의 장착이 가능한 액체 타겟 공급 장치를 제공함.
- 냉각 용매의 교체 없이도 액화점이 서로 다른 다양한 종류의 가스를 모두 액체 타겟으로 형성 할 수 있는 다중 모세관의 장착이 가능한 액체 타겟 공급 장치를 제공함.

(연구단의 비전과 목표와의 부합성)

- 본 연구는 가속기 없이 X-선 및 극자외선 광원 발생 장치에 대한 연구로 ‘연구 혁신성’을 강조하는 연구단의 연구 비전에 부합함.
- 안병남 박사는 해당 분야의 과학전문인력으로 성장하여 그 연구성과를 인정받아 헝가리 ELI-ALPS (레이저 연구소)의 정규직 연구원으로 자리 잡고 관련 분야에 정진하고 있음. 이는 ‘탄탄한 기초 실력’으로 전공분야의 혁신을 이뤄내는 글로벌 리더급 연구자 배출을 목표로 하는 연구단의 교육 비전과 잘 부합함.

(산업에의 기여)

- 본 업적은 소형 X선 및 극자외선 광원 발생에 관한 내용으로, 생명, 신물질, 미세구조 등의 연구 및 개발에 큰 기여를 할 것임.
- 극자외선 광원 개발로 차세대 극소미세 리소그래피에 사용가능하게 되면 국내 반도체 및 나노 공정분야에 크게 도움이 될 것이며 반도체 공정 장비의 국산화에도 크게 기여할 수 있음.

○ 박사: 국내특허.

특허명: 단층 촬영 장치 및 오차 제거 방법.

(배경)

- 단층 촬영 기법은 측정하고자 하는 대상의 내부와 외부의 정보를 이미지로 확인할 수 있으므로 다양한 진단 분야에 응용됨.
- X-선을 이용한 단층 촬영 현미경의 고해상도 이미지는 회전 장치(Rotation Stage)의 기계적 오차 영향을 크게 받음.
- 기계적 오차 문제에 대한 기존의 해결방법은 축전 센서(Capacitive Sensor)를 이용한 보정법이지만 이를 위해서는 추가적인 장비가 필요함.
- 마이크로미터 단위의 참조 시료를 이용해 보정하거나 측정 물체의 모양을 추적해서 보정하는 방법이 제안되었으나, 이는 복잡한 모양의 물체에는 적용이 힘들고, 추적 연산 과정에 연산 횟수와 시간이 오래 걸리는 단점이 있음.
- 단층 촬영 장치의 기계적 오차를 용이하게 보정할 수 있는 장치 및 방법이 필요함.

(성과 및 혁신성)

- 본 발명의 목적은 단층 촬영 이미지에 포함된 회전 장치의 기계적 오차를 제거할 수 있는 단층 촬영 장치 및 오차 제거 방법을 제공함.
- 기존의 추적 연산 과정에 사용되는 상호 상관 연산(Cross Correlation)을 사용하지 않고 기계적 오차를 제거할 수 있는 단층 촬영 장치 및 오차 제거 방법을 제공함.
- 별도의 장비와 상호 상관연산 없이 단층 촬영 이미지에 포함된 회전 장치의 기계적 오차를 효과적으로 제거할 수 있음.

(연구단의 비전과 목표와의 부합성)

- 본 연구는 X-선을 이용한 이미징의 단층 촬영 이미지를 기계적 오차를 제거하며 획득하기 위한 방법으로 기초연구 과정에서 착안한 내용을 특허화 한 것으로 기초 연구에 기반하여 산업 문제 해결을 추구하는 연구단의 지향과 부합함.
- 권익환 박사는 해당 분야의 과학전문인력으로 성장하여 학계를 이끌어가기 위하여 캐나다의 유명 연구기관인 INRS-EMT에서 박사후연구원으로 정진하는 중임. 이는 ‘탄탄한 기초 실력’으로 전공분야의 혁신을 이뤄내는 글로벌 리더급 연구자 배출을 목표로 하는 연구단의 교육 비전과 잘 부합함.

(산업에의 기여)

- 본 업적은 가속기를 이용한 이미징 기술을 더욱 향상시킬 수 있어, 생명, 신물질, 미세구조 등의 연구 및 개발에 큰 기여를 할 것임.

3. 대학원생 연구역량

3.2 대학원생 연구 수월성 증진계획

대학원생 연구 수월성 증진 계획

(1) 개요

포스텍 물리학과 대학원은 소수정예와 연구중심을 교육 철학으로 지향해 왔으며, BK21 Plus 기간 동안 석·박사 통합과정으로 대학원 프로그램을 운영하면서 물리학 전반에 영향을 줄 수 있는 선도적인 연구를 추구해왔다 (참조: '3.1 대학원 연구성과의 우수성').

새롭게 시작하는 BK21 FOUR 사업에서는 기존의 연구 철학을 계승하여, 'I. 학문적인 깊이와 너비를 겸비하는 연구 교육'과 'III. 능동적이고 소통하는 리더 교육'라는 교육 목표의 연장선상에서 대학원생 연구 수월성 증진 계획을 수립하였다.

(2) 최근 3년간 포스텍 물리학과 인력 배출 및 논문 성과 요약

○ 최근 3년간 포스텍 물리학과 인력 배출 및 논문 성과.

- 총 69명 (박사 56명, 석사 13명) 배출, 졸업생 참여 총 SCI(E) 주저자 논문 수 134편.
- 박사 졸업생 중 15명(전체 박사학위 과정생의 26.8%)이 주저자로 IF 9 이상(Physical Review Letters IF 9.227)의 학술지에 17편의 논문을 출간.

○ 우수 연구업적물의 주요 내용.

- 대부분의 연구성과가 '새로운 개념을 제시'하거나 '새로운 현상을 최초로 구현'한 경우.
- '학문의 지평을 넓히는 연구'이라는 연구단의 비전과 '혁신적인 연구'라는 연구 추진방향에 부합함.

(3) 포스텍 물리교육연구단의 대학원생 연구 수월성 증진 목표 및 계획

『대학원생 연구 수월성 증진 목표』

- 목표 1: 자기주도 연구환경 조성
- 목표 2: 혁신적 연구 동기 부여
- 목표 3: 연구 소통 능력 강화

① 자기주도 연구 환경 조성

☞ 도전적, 창의적 연구주제 선정과 능동적인 연구수행을 위한 연구 환경 및 기술적 지원 제공.

○ 연구 동기 부여 및 도전적 연구 주제 선정을 위한 풍토 조성.

- 대학원생 주도 전문가 초청 세미나 운영.
 - 국내·외 다양한 연구 분야에 대한 정보 제공을 위해 매주 1회 학과 정기 세미나 실시.
 - 연사선정 단계에서 대학원생들의 추천을 받아 적극적인 연구 주제 탐색 기회 제공.
- 국제 학술대회 교내 개최 확대.
 - 저명 학자 초청 국제 학술대회 개최를 통해 도전적 연구 주제 탐색 기회 제공.
 - 대학 지원 (30,000천원 이내), 포스텍 인근 국제 기관인 막스프랑크 한국/포스텍 연구소 (MPK), 아태이론물리센터 (APCTP), 기초과학 연구원 (IBS) 등의 활용을 통해 년 3 ~ 4회 교내 개최.
- 대학원생 주도의 분야별 저널클럽 활성화.
 - 자율적 연구주제 선정을 위해 주 1회 대학원생 발표 및 학생 간 토론 기회 제공.
 - 물리학과 가변학점제 과목인 고급물리 특강과 연계.

○ 적극적, 능동적 연구 수행을 위한 제도적 기술적 지원.

- ‘1st Paper Award’ 제도 운영.
 - 첫 SCI(E) 논문을 출판한 대학원생(석박사통합 4년, 박사 2년 이내)에게 논문상 수여.
- 대학원생 국제 학술대회 참가 지원.
 - 국제학회 발표 대학원생에 참가 여비 지원.
- ‘BK21 Young Physicist Workshop’ 지속 운영.
 - 대학원생 중심의 연구 교류 프로그램으로 공동 연구 및 인적 네트워크 형성 기회 제공.
 - BK21, BK21 Plus 기간 동안 운영되었던 포스텍-서울대-카이스트 대학원생 상호교류 학술활동으로 매년 세 학교에서 순환 개최. BK21 FOUR에서도 지속 개최 예정.
- 우수 성과 달성을 위한 연구능력 배양 및 역량 강화.
 - 학제간, 전공 간 활발한 교류를 통한 통합적 연구역량 강화.
 - 포스텍 교내 연관 대학원 학부인 첨단재료과학부 (정규과목 10과목), 시스템생명공학부(정규과목 4과목)와 융합 공동강의 개설 및 연구 교류.
 - 학제간, 분야 간 공동연구 활성화를 위한 교류회 및 세미나 지원.
 - 포항가속기연구소, 막스플랑크 한국/포스텍 연구소 (MPK), 아테이론물리센터 (APCTP), 기초과학연구원(IBS)와 공동으로 융합형 연구환경 제공.
 - 대학원생의 국제적 연구능력 배양.
 - 영어 공용화 (Bilingual) 캠퍼스: 대학원 수업 및 세미나 영어로 진행.
 - 미국 국립연구소, 독일 막스플랑크 연구소 등 해외 우수 기관 연구 연수 기회 제공 및 활성화.
 - 막스플랑크 한국/포스텍 연구소 (MPK), 아테이론물리센터 (APCTP), 기초과학연구원 (IBS) 등과 공동으로 노벨상 수상자급 세계적 석학 초청 심포지움 개최.



【 대학원생 연구 수월성 향상을 위한 3대 목표 및 세부 계획 】

② 혁신적인 연구 동기 부여

☞ 대학원생들이 연구 수월성을 우선시 하도록 장려하는 제도적 장치 및 연구 성과급 장려 정책 시행.

○ 수월성 추구를 위한 제도적 장치.

- 박사학위 취득 요건 상향 조정.
 - 대학 요건: 학위 수여 후보자가 주저자로 SCI급 논문 1편 이상 게재.
 - 학과 요건: 학위 수여 후보자가 주저자로 Physical Review Letters 급 이상 1편 이상 또는 SCI

논문 2편 이상 게재.

- 박사논문 제안심사 일정 단축 독려.

- 대학원 입학 후 빠른 시일에 연구에 몰입하여 우수연구성과를 거둘 수 있도록 독려.
- 석박사 통합 과정 6학기, 박사 3학기 내 박사논문 제안심사 시 추가 장학금 지급.

- 수월성에 근거한 속진 프로그램 활성화.

- 학부-대학원 연계 속진과정을 통해 우수학생이 단기간 내에 학위취득을 할 수 있는 제도 운영 ('2.2 우수 대학원생 확보 계획' 참조).

○ 우수 연구성과 장려 정책 운영.

- 우수 논문상 시상.

- 우수 논문을 쓴 대학원생들에게 우수 논문상 수여.

- 수상 대상: 우수논문상 시상 당해에 Physical Review Letters 급 이상의 학술지에 주저자로 논문을 출간한 대학원생.

- 지도교수의 추천과 학과 대학원 위원회의 심의를 거쳐 선정.

- 체계화된 연구 인센티브지급 제도 운영.

- 전반기, 후반기 1년에 2회 인센티브 지급.

- 연구 실적을 점수화하여 연구 실적이 있는 참여 대학원생들에게 연구 실적 점수에 비례하여 인센티브 지급 (각 반기 최고 100만원/인). 연구 실적이 없는 학생들에게는 인센티브 지급 제한 (현 BK21 Plus 기간 매 반기 인센티브 지급 비율 35% 내외).

- 연구 실적 점수는 대학원생들의 논문 및 학술대회 발표 실적의 질적 수준에 무게를 두어 산출.

- 연구실적 반영 항목: 논문 IF, 주저자 여부, 언론 홍보 여부, 학술대회 진수, 학술대회 수상 등.

- Physical Review Letters 급 이상 우수 논문 등 특출한 연구 실적에 가점 부여.

③ 연구 소통 능력 강화

☞ 연구 결과를 잘 전달할 수 있는 논문작성 능력 및 학술대회 발표력 향상 프로그램 운영.

○ 논문 작성 및 발표력 향상 프로그램.

- 포스텍 대학교육개발센터 [포스텍 PFP (Preparing Future Faculty)] 프로그램 활용.

- 논문 작성 기본 절차 및 학술지 기본 절차 숙지를 위한 세미나 및 워크숍 정기 개최.

- 올바른 실험연구의 설계/실험결과 분석에 대한 세미나 및 워크숍 개최.

○ 영어논문작성능력 및 영어발표력 향상 프로그램 운영.

- 포스텍 어학센터 프로그램 활용.

- '영어 연구논문 작성법'과 '영어발표 방법' 과목이 정규과목으로 편성되어 운영.

- 물리학과 정규과목으로 선정, 박사자격시험 통과 대학원생이 각 1학기 과정 수강.

- 영어논문 교정서비스 제공.

(4) 포스텍 물리교육연구단의 대학원생 인력 배출 계획 및 논문 향상 계획

○ 인력 배출.

- 현 수준 유지: 석박사 인력 23명/년 배출.

○ 논문 향상 계획.

- 졸업생 당 주저자 논문 수: 현 1.9편에서 2.5편으로 BK21 FOUR 기간 동안 30% 증가 추진.

- 졸업생 중 주저자로 IF 9이상 학술지 발표자 비율: 현 27%에서 35%로 BK21 FOUR 기간 동안 30% 증가 추진.

4. 신진연구인력 운용

4.1 우수 신진연구인력 확보 및 지원 계획

신진연구인력 확보 및 지원 계획

(1) 개요

BK21 Plus 기간 육성된 신진연구자들 대부분이 전문 연구직으로 취업을 하는 상황임을 근거로 하여 (참조: '신진연구자 지원 활동 내용 및 성과'), BK21 FOUR에서는 신진연구자들에게 전문 연구자로서 갖춰야 할 연구역량 향상에 최적화된 환경을 제공하고자 노력할 계획이다. 이를 위해 포스텍 교육 연구단과 연계된 '플래그십 연구기관'을 활용하여, 우수 신진연구자가 스스로 주도하고 집중 할 수 있는 연구 환경을 마련하고자 한다.

(2) 신진연구자 확보 및 지원 전략

포스텍 물리교육연구단의 『신진연구자 확보 및 지원 전략』

- 전략 1: 플래그십 연구단의 국내외 활동 활성화를 통한 적극적 홍보 탐색 유치
- 전략 2: 신진연구자 중심의 건강한 연구: 상향식 융복합 연구 (연구 환경 개선 및 기회 확대)
- 전략 3: 연구단 차원의 제도적 노력: 연구집중형 환경 보장 (지원체계 혁신)

① 전략 1: 플래그십 연구단 주축 적극적 홍보 활동 및 유치

☞ 주력 연구그룹인 기초과학연구원 (IBS), 막스플랑크 한국/포스텍 연구소 (MPK), 선도연구센터 (SRC) 등의 경우 국내·외 교류 활동이 연중 활발하게 이뤄지는 점을 활용하여 체계적으로 국내외 신진연구자를 탐색하고 적극적으로 유치하는 전략.

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

- 아태이론물리센터 (APCTP) 등 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, 사업단의 신진연구 인력 유치에 활용.
 - 사업단의 지원을 통한 신진연구원 추가 채용.

○ 국제학회 및 학술교류 행사를 활용한 적극적 홍보.

- 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.

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

☞ 전략 1을 통해 유치된 신진연구인력이 본격적으로 본인의 연구 커리어를 개발하는 과정에서 국제적 경쟁력을 보유하는데 도움을 주기 위한 전략.

○ 포스텍 물리교육연구단 'POSTECH Young Fellow'제도 운영.

☞ 대학본부가 우수 신진인력 지원을 위해 운영할 계획인 '포스테키안 펠로우십 (POSTECHIAN Fellowship)' 제도와 맞물려서 물리교육연구단에서 운영.

- 독창적인 연구내용 및 능력을 보이는 신진연구자를 포스텍 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 관련한 과목 강의 허용 - 학과 교육위원회 심의.
- 해당 연구 지도교수 및 학생의 동의 시 대학원생 연구 지도 허용.

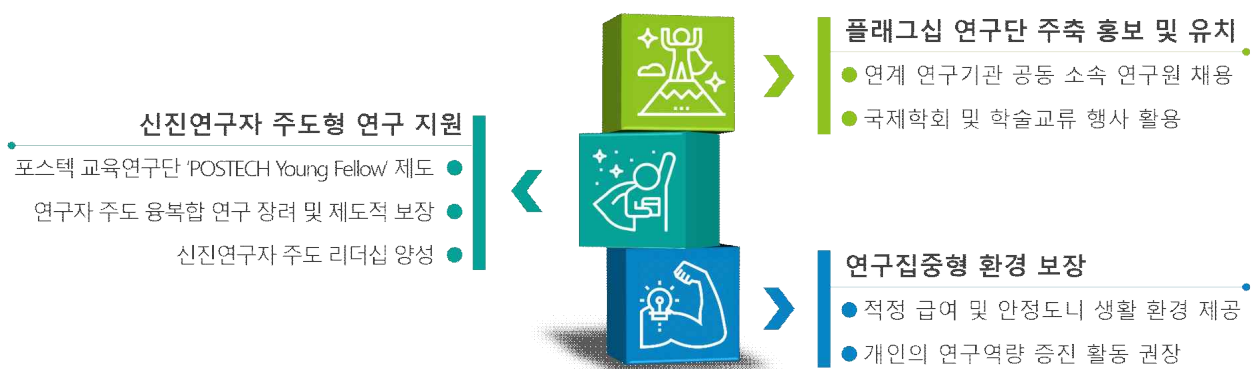
○ 연구자 주도 융복합 연구 장려 및 제도적 보장.

☞ 일반적인 신진연구자의 융복합 연구 활동을 활성화하기 위해 적극적으로 융복합 연구 환경 확보 ('POSTECH Young Fellow' 제도 보완).

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

○ 신진연구자 주도 리더십 양성.

- 연구교수의 개별적 연구과제 지원을 적극 권장하고 및 행정적인 지원 제공.
- 개인 연구과제 수행의 자율성 보장 (단, 산업체 과제의 경우 연구 지도교수의 동의 및 사유서를 바탕으로 연구단에서 활동 인정).
- 관련 기관 연구인력과 공동연구 장려: 연구 지도교수 외에 학과 석학교수, 막스플랑크 한국/포스텍 연구소 (MPK), 아태이론물리센터 (APCTP), 기초과학연구원 (IBS), 포항가속기연구소 등 교내의 연구소와 공동연구 장려.
- 국제학회 발표 및 학술교류 활동 지원 - 국제적 수준의 연구 소양과 인적 네트워크를 키우고 최신의 연구 정보를 접하도록 장려.



【 신진연구자 확보 및 지원 목표와 세부 계획 】

③ 전략 3 - 연구집중형 환경 보장을 위한 연구단의 제도 확립

☞ 연구단의 지원체계 혁신과 관련한 제도적 장치에 관한 내용은 다음 장의 '연구단의 신진연구인력 지원 제도적 장치 정리'에 상세히 기술되어 있음.

○ 적정 급여 및 안정된 생활 환경 제공을 통한 건강한 연구 환경 보장.

- 포스텍 물리교육연구단에서 제공하는 급여 및 연구 활동비 지원 계획 참조.
- 연구원 전용 숙소 제공: 연구원 전용 숙소 (POSVILLE) 제공 ('연구단 제도적 장치' 참조).
 - 최신 리모델링을 통하여 에어컨 및 각종 편의 시설을 갖추고 있음.
 - 포스텍 캠퍼스 내에 위치 이동의 편리성 제공.
- 외국인의 초기 정착 생활과 연구 업무 수행을 지원하는 FA (Foreign Assistant) 제도 활용 (대학

본부).

- 개인 연구활동비 지원.
 - 박사후연구원: 국내외 출장비 지원 ('제도적 장치' 참조).
- 연구 설비와 집기 및 전용 컴퓨터가 갖추어진 사무실 공간 (1인당 면적 9 m²) 제공.
- 연구집중환경 구축을 위해 사업단에서 개별 신진연구원 행정 지원.

○ 개인의 연구역량 증진 활동 권장.

- 대학의 '포스텍 펠로우십' 수혜를 위한 사업단의 적극적 유치 활동 - 펠로우십 지원 행정적 지원.
- 체계적인 인센티브 지급 계획 수립.
 - 1년 논문 실적을 토대로 인센티브 지급.
 - 연구 실적 평가에 의한 인센티브 지급: 6개월 이상 재직한 신진연구자 대상 연구 실적이 있는 모든 신진연구자의 연구 실적 점수에 비례한 인센티브 지급.
 - 연구실적 평가는 논문의 IF, 주저자 여부, 논문상 수상 여부, 언론홍보 여부를 토대로 산출.
 - 대학원 차원의 우수 논문 포상과 연계, 우수 논문에 대한 인센티브 비중을 높게 배치.
- 국제 학술회의 논문 발표 권장 - 출장비 지원.

신진연구자를 위한 물리교육연구단 차원의 제도적 장치

(1) 신진연구인력 확보 목표 설정 및 추진

- 사업단의 신진연구자 채용 계획 수립.

『신진 연구자 채용 계획 (매년 5 ~ 7명 유지)』

- 연구교수 1 ~ 2명 유지
- 박사후연구원 4 ~ 5명 유지

- 본 계획은 선정 시점기준 직전 3년간 신진연구 인력 채용 평균치에 근거.
 - 박사후연구원 3.6명/년, 계약교수 2.0명/년.
- 매년 신진연구인력 7명 수준을 유지할 계획.
- 본 사업단 예산의 20% 정도를 신진연구인력 지원 예산으로 편성할 계획.

(2) 신진연구인력 선발 절차 투명화

- 정기적인 공개 채용.
 - 연간 3월 및 9월에 두 차례에 걸쳐 공개채용 진행.
 - 채용 전 4주 이상 공고.
 - 포스텍 물리학과, 포스텍 물리교육연구단 홈페이지에 채용 공고 게시.
 - 채용공고 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 인사 규정, 본 물리교육연구단 운영지침에 의거 선발.

(3) 신진연구자의 연구·학술 활동 지원 관련 제도 수립

○ 개인 연구활동비 지원.

- 박사후연구원: 국내외 출장비 300만원/년.
- 연구교수: 국내외 출장비 400만원/년.
- 신진연구인력과 공동연구를 진행하는 포스텍 물리교육연구단 참여교수가 추가로 연구활동비 지원.

○ 연구 설비와 집기 및 전용 컴퓨터가 갖추어진 사무실 공간 (1인당 면적 9 m²) 제공.

○ 국내외 우수 대학의 교원, 정부 및 민간 연구소의 연구원으로 진출 협력.

- 지속적인 연구 협력 관계를 이어 나가도록 지원.

(4) 복지 및 기타 편의 지원.

- 포스텍 연구원 전용 숙소 배정: 24평형 연구원 전용 숙소 (POSVILLE)는 전면 리모델링을 통하여 시설이 대폭 개선되어 에어컨 및 각종 편의 시설을 갖추고 있음.

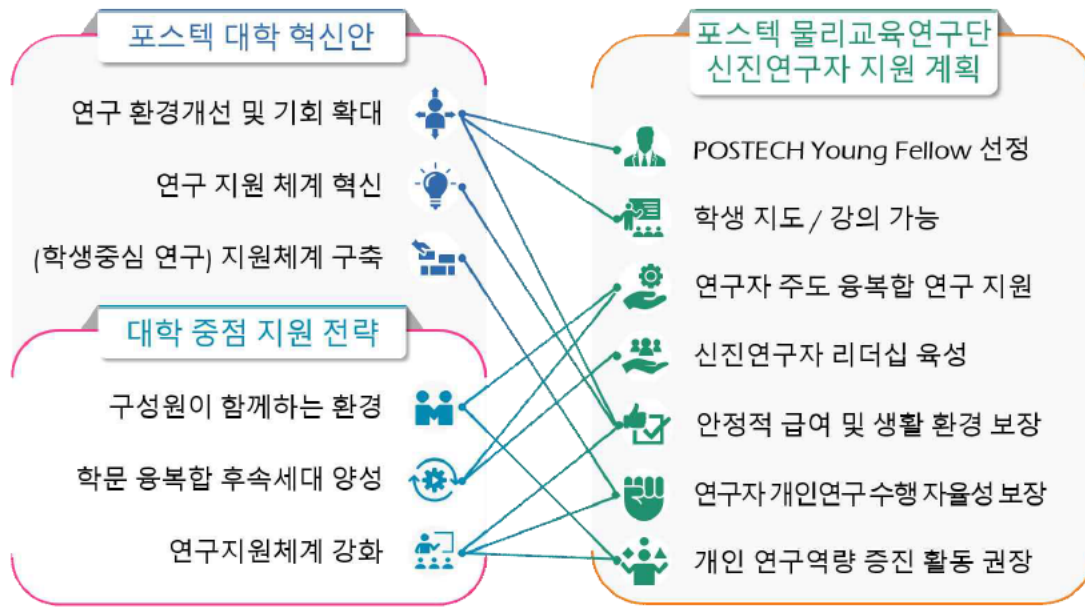
포스텍 물리교육연구단의 『신진연구인력 급여 및 연구활동비 지원 계획』

- 박사후연구원 연봉 4,500 만원 이상 + 활동비 300 만원 + 4대 보험 + 퇴직금
- 계약교수 연봉 5,400 만원 이상 + 활동비 400 만원 + 4대 보험 + 퇴직금
- Young Fellow 연봉에 1,200 만원 이상 추가 지급 + 활동비 300 만원 추가 지급
- 신진연구인력과 공동연구하는 포스텍 물리교육연구단 참여교수가 일부 추가 급여를 제공

- 외국인 정착지원: 외국인의 초기 정착 생활과 연구 업무 수행을 지원하는 FA (Foreign Assistant) 제도 활용 (대학 본부 운영).

대학원 혁신 지표와의 정합성 정리

- ☞ 포스텍 물리교육연구단이 제시한 신진연구자 확보 및 지원계획은 포스텍 대학원 혁신안 및 중점 지원 전략으로 제시한 각 항목과 다음과 같은 정합성을 보인다.



신진연구자 지원 활동 내용 및 성과

(1) BK21 Plus 사업 기간 동안 (2013년 9월 ~ 현재) 신진연구자 지원 내역 및 인력 양성 내역 요약

☞ 대학교수, 정부출연 연구소 및 대기업 연구소의 연구원, 그리고 국내외 우수 연구기관에서 박사후연구원 지속 등 전체적으로 전문 연구자로 부상했음을 보여줌.

○ 신진연구자 지원 내역.

- 연평균 박사후연구원 5명 연구교수 1.3명 선발 및 지원.
- 국외 출장 지원: 연평균 6.7건. 박사후연구원 (240만원/건), 연구교수 (350만원/건).

○ 인력 양성 내역.

- 국내 · 외 대학 교수 부임 (총 5명): (KAIST 생명과학과 조교수) 등.
- 정부출연 연구소 및 대기업 연구소 연구원 취직 (총 4명): 박사 (한국원자력연구소) 등.
- 국내외 우수연구기관 후속 연구 (6명): 박사 (미국 NIH 연구원) 외.

5. 참여교수의 교육역량

5.1 참여교수의 교육역량 대표실적

<표 2 8> 교육연구단 참여교수의 교육역량 대표실적

연번	참여교수명	연구자등록번호	세부전공분야	대학원 교육관련 대표실적물	DOI번호/ISBN/인터넷 주소 등
	참여교수의 교육관련 대표실적의 우수성				
1			물성계측	MOOK	대학 MOOK 관리 업체 변경으로 2019년 2학기 접속 안 됨. 증빙 자료는 별도 제출.
	(개요) ● 현대 응집물리분야에서 가장 활발히 연구되고 있는 2차원 물질에 대해 핵심개념을 정립하고 최근 연구결과에 대해 논의하는 강의. (우수성) ● 현재 2차원 물질 연구를 현장에서 직접하고 있는 물리학과 교수 5명과 신소재공학과 교수 2명, 총 7명의 교수가 각각 4개의 강의를 맡아 진행함. ● 각자의 세부전공 분야(전자구조이론, 국소격자구조, 광특성, 국소전자구조, 초전도물성, 자성물성, 강상관계 물리, 투과전자현미경, 주사터널링현미경, 광/전도/자성 특성)에서 다루는 연구에 대해 심도 있게 논의. (교육 효과) ● 수강생들이 2차원 물질 특성에 대해 종합적인 분석을 할 수 있는 기반을 마련하고 응집물리 전반에 대한 이해를 높이는 기회 제공. ● 최신 연구결과에 관한 논의를 통해 관련 연구를 수행하는 대학원생들이 연구동향을 파악할 수 있게 함.				
2			생물물리	MOOK	대학 MOOK 관리 업체 변경으로 2019년 2학기 접속 안 됨. 증빙 자료는 별도 제출.
	(개요) ● 물리학연구의 동향은 세미나 과목으로 물리학의 다양한 분야의 교수가 자신의 연구분야를 직접 강의. 물리학에 대한 전반적 이해 증진. (우수성) ● 주 1회 75분 강의로 구성. 응집물리, 입자물리, 생물물리, 통계물리, 양자광학, 플라즈마, 가속기 등 다양한 분야를 소개함. 교수진 총 14인 참여. ● 모든 강의는 녹화가 되어 MOOK 과목으로 활용. 대학 교육혁신센터에서 관리하는 POSTECHx 에 업로드. 포스텍 구성원의 경우 홈페이지를 통해 해당 강의를 선택하여 시청 가능. (교육 효과) ● 다양한 물리학 분야의 핵심이 되는 문제에 대한 폭넓은 안목을 기르고 각 분야별 현재 연구동향을 습득할 수 있는 기회 제공. ● 대학원 진학 시 전공선택에 필요한 정보 및 진로 선택에 활용 할 수 있게 함.				

연번	참여교수명	연구자등록번호	세부전공분야	대학원 교육관련 대표실적물	DOI번호/ISBN/인터넷 주소 등
	참여교수의 교육관련 대표실적의 우수성				
3			생물물리	Book Chapter	ISBN 978-4-431-55873-6, p.305 ~ 339
	(개요) ● Springer에서 출판한 “DNA Replication, Recombination and Repair: Molecular Mechanisms and Pathology”에 실린 Book Chapter (2016년 출간). ● Chap. 12 “Mismatch Repair” (p.305 ~339). ● 총 21장으로 구성. 본 교육연구단 소속 교수와 미국 오하이오 주립대학의 교수가 12장 공동작성. ● ‘DNA mismatch repair’에 대해 2015년 노벨 화학상이 수여되었으나 그 근본 원리는 아직 많은 부분이 밝혀지지 않았음. (우수성) ● 이 장(Chapter 12)에서는 단일분자 이미징 기술을 소개하고, 현재까지 해결된 주제와 미해결된 문제를 서술. 관련 분야의 중요한 연구업적 정리. ● 97회 인용 (Google Scholar 기준). (교육 효과) ● 단일분자 생물물리 연구를 시작하는 대학원생에게 해당 분야의 배경지식을 소개함. ● 향후 해결되어야 할 DNA 손상 및 복원과 관련된 중요한 과제를 제시하여 본인의 연구주제 선정에 도움 제공.				
4			자성체물리	Book Chapter	ISBN 978-953-51-2245-6, p.221 ~ 259.
	(개요) ● InTech에서 출판한 “Perovskite Materials - Synthesis, Characterisation, Properties, and Applications”에 실린 book chapter (2016년 출간). ● Chapter 7 “Metal-Insulator Transitions and Non-Fermi Liquid Behaviors in 5d Perovskite Iridates” (p.221 ~ 259). ● 최근 연구가 많이 되고 있는 스핀-궤도 상호작용 물질들에 대한 전공서. ● 총 21장으로 구성. 본 교육연구단 소속 교수와 포항공대 물리학과 교수(정년퇴임)가 초청되어 공동 집필. (우수성) ● 이 장(Chapter 7)에서는 이리듐 산화물의 강한 스핀-궤도 상호작용과 이로 인한 금속-비금속 상전이 및 비-페르미액체상 특성을 소개하고, 관련 연구동향을 정리. (교육 효과) ● 이리듐 산화물의 물리적인 특성을 연구하고자 하는 대학원생에게 해당 분야의 배경지식을 소개함. ● 향후 해결되어야 할 중요한 과제를 제시하여 본인의 연구주제 선정에 도움 제공.				

연번	참여교수명	연구자등록번호	세부전공분야	대학원 교육관련 대표실적물	DOI번호/ISBN/인터넷 주소 등
	참여교수의 교육관련 대표실적의 우수성				
5			자성체물리	Book Chapter	ISBN 978-981-4704-40-3, p.285 ~ 349
	(개요) ● World Scientific에서 출판한 “The Multifaceted Skyrmion, 2nd Edition”에 실린 book chapter (2016년 출간). ● Chapter 12 "Emergent Gauge Fields and Their Nonperturbative Effects in Correlated Electrons”(p. 285 ~ 349). ● 최근 다양한 물리계에서 연구 되고 있는 스커미온 (Skyrmion) 물리에 대한 전공서. ● 총 25장으로 구성. 교수가 초청되어 양자수 분할 (Quantum Number Fractionalization) 원리와 관련된 내용 집필. (우수성) ● 초끈 이론, 핵입자 이론, 응집물리 분야 전반에 걸쳐 연구되고 있는 스커미온에 대해 각 분야 전문가들의 리뷰로 구성. ● Chapter 12에서는 강상관 물질계에서 나타나는 창발적 게이지장과 비섭동 현상에 대한 연구내용 소개. (교육 효과) ● 스커미온이 발현되는 다양한 물리계와 관련 현상을 통합적으로 이해할 수 있는 기회를 제공. ● 관련 분야의 배경지식을 소개하고 향후 관련 연구주제 선정에 필요한 기초자료 제공.				
6			생물물리	온라인 교육 실적	http://e-nano.kontrs.or.kr/
	(개요) ● 나노과학 분야의 전문지식을 보급하기 위해 나노기술연구협의회에서 마련한 온라인 교육 세미나에서 발표 (양방향 실시간 온라인 교육 플랫폼을 이용). ● 대상은 대학원생 이상 관련 분야 연구자이며, 질문과 답변을 포함해 1시간 동안 수업을 진행. (우수성) ● 나노 과학을 연구하는 대학원생들에게 단일분자 생물물리 기술을 상세히 소개함. ● 단일분자 기술이 어떻게 생명현상 규명에 활용되는지를 DNA 유전정보 오류 복구 메커니즘 등의 예를 활용하여 이해하기 쉽게 강의함. (교육 효과) ● 나노 과학이라는 넓은 분야의 대학생, 대학원생들에게 단일 분자 생물 물리 기술에 대한 연구 동기를 부여함.				

연번	참여교수명	연구자등록번호	세부전공분야	대학원 교육관련 대표실적을	DOI번호/ISBN/인터넷 주소 등
	참여교수의 교육관련 대표실적의 우수성				
7			물성계측	온라인 교육 실적	http://e-nano.kontrs.or.kr/
	(개요) ● 나노과학 기술 전문지식 보급 활성화를 위해 나노기술연구협의회에서 마련한 온라인 교육 세미나에서 발표 (양방향 실시간 온라인 교육 플랫폼을 이용) ● 대학원생을 포함한 일반 연구자를 대상으로 진행 ● 위상학적 전자상태와 강자성을 동시에 지닌 새로운 물질을 소개하고 위상학적 자성체에 대한 최근 연구동향을 소개함. (우수성) ● 나노 과학을 연구하는 대학원생들에게 자성체와 위상특성이 접목된 신물질에 대한 최신 연구동향을 소개. ● 위상자성체 관련된 핵심 개념과 이를 이용한 실제 물질 합성 및 특성 확인에 대한 일련의 연구내용을 자세히 다룸. (교육 효과) ● 강연 수강생들이 위상구조를 띠는 자성체의 특이 물성에 대한 이해를 높임. ● 새로운 위상자성체의 구현과 확인을 위해 필요한 실험적인 방법론에 대해 소개.				
8			광과학	대학원 교과목 개발	https://lms.postech.ac.kr (포스텍 구성원만 접속 가능) 증빙 자료 별도 제출
	(개요) ● 개발 교과목명: PHYS 710 “Nonlinear Optics” (2016년 가을학기 개설). ● 현대 광학 연구에서 필수적인 다양한 광학 소자의 작동 원리와 광학 현상에 대한 강의. ● 강의로 습득한 비선형 광학 지식을 수강생 각자의 연구에 직접 활용 가능하도록 수업을 진행. (우수성) ● 실제 광학 분야 연구에서 많이 활용되는 주제들을 선정하여 다양한 예시를 통해 교육 효과를 높임. ● 대학원생 각자의 연구에 필요한 내용에 대해 추가적인 논의. (교육 효과) ● 광학 현상과 광소자에 대한 소양을 폭넓게 넓히는 기회를 제공. ● 대학원생이 현재 수행하는 연구 경쟁력 강화에 직접적으로 도움 제공.				

연번	참여교수명	연구자등록번호	세부전공분야	대학원 교육관련 대표실적물	DOI번호/ISBN/인터넷 주소 등
	참여교수의 교육관련 대표실적의 우수성				
9			중시물리	대학원 교과목 개발	https://lms.postech.ac.kr (포스텍 구성원만 접속 가능) 증빙 자료 별도 제출
	(개요) ● 개발 교과목명: PHYS 701 “응집물리 실험 동향” (2018년 가을학기, 2019년 가을학기 개설). ● 최신 응집물질 물리학 연구의 기본이 되는 그래핀, 초전도체, 자성체등에 대한 소개. ● 양자전도특성과 탐침기반 국소자성특성을 전공으로 하는 응집물리 실험 교수 2명의 공동강의로 진행. ● BK21 FOUR의 참여교수인 교수가 중시계의 초전도 현상과 위상초전도 강의. 다양한 양자물질의 물성 연구 및 실험 방법론은 교수가 강의함. (우수성) ● 초전도 분야의 전문가 교수들이 중시계의 초전도 현상과 위상 초전도체 물리를 심도 있게 소개함. ● 기타 그래핀, 자성체 등 다양한 양자 물질 관련 중요한 연구 결과를 소개함. (교육 효과) ● 응집물질 실험 물리학 연구의 다양한 분야를 체계적으로 교육함으로써, 관련 분야에 종사하는 대학원생들이 최신 연구 동향을 파악하게 함.				
10			에너지띠/전자구조	대학원 교과목 개발	https://lms.postech.ac.kr (포스텍 구성원만 접속 가능) 증빙 자료 별도 제출
	(개요) ● 개발 교과목명: PHYS 663 “상전이와 임계 현상” (2018년 가을학기 개설). ● 본 강의는 현대 물리학의 근간이 되는 재규격화 이론과 상전이 현상에 대해서 대학원생들에게 소개하는 수업임. (우수성) ● 연구와 밀접히 연관된 평균장 이론, 상전이 현상 및 재규격화 이론 등 다양한 이론적 방법론을 소개함. 그리고 이러한 이론을 통해서 실험 결과를 해석하는 방법을 소개함. (교육 효과) ● 평균장 이론 및 상전이/재규격화 이론은 현대 물리학의 다양한 분야의 연구에서 활발히 활용되고 있음. ● 수강생들은 본 수업을 통해 연구에 활용되는 방법론과 수학에 익숙해짐으로써, 대학원생들의 연구 경쟁력 강화에 기여함.				

6. 교육의 국제화전략

6.1 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획

① 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획

외국 대학과의 인적 교류 현황 및 계획

(1) 교육프로그램 국제화 현황 요약

- 외국대학 복수학위제 현황: 복수학위제 개설 운영 1건 (Hong Kong Univ. of Science and Tech.), 복수학위제 개설 추진 1건 (대만 National Tsing Hua Univ.)
- 외국인 교환/방문 학생 인적교류 현황: 최근 3년간 17건 외국인 학생의 포스텍 물리학과 방문. 19건 포항공대 학생의 외국대학/연구소 방문.
- 외국인 대학원생: 최근 3년간 박사 학위 배출 3건.
- 해외 석학 2명: 포스텍 물리학과 공동연구 진행.
- 단기방문 해외석학 및 해외 학자 세미나 총 83건 (해외석학 세미나 총 26건).

(2) 교육프로그램 국제화 상세 현황 및 실적

- 외국 대학과의 복수학위제 현황.
 - Hong Kong University of Science and Technology와 복수학위제 개설하여 운영 중.
 - 대만 National Tsing Hua University와 복수학위제 개설을 추진 중.
- 외국인 교환·방문 학생 내향성 (Inbound) 인적 교류 현황.
 - 2017년 ~ 2019년 기간 누적 17건의 외국인 교환학생 방문. (2017년 6명, 2018년 7명, 2019년 4명).
 - 출신 국가: 아시아 출신 (70%). 유럽, 북미대륙 학생방문 증가 (38%) 및 출신국가 다양화 진행.
- 포스텍 대학원생의 외향성 (Outbound) 인적 교류 현황.
 - 최근 3년간 19건 이상의 해외 공동연구(15일 이상)를 진행 (<표 2-9> 참고).
 - 북미, 유럽, 아시아 지역에 있는 세계 우수 연구 기관과의 공동연구 진행: 미국의 High Magnetic Field Laboratory 와 Los Alamos National Laboratory, 독일의 Max Planck Institute, 프랑스의 ITER Organization, 중국의 HPSTAR 등.
- 해외학자 초청 세미나를 통한 국제교류 활성화 (총 83건).
 - 총 초청 강연 수 83회 (전체 목록은 보관 증빙자료로 사업단 보관).

(3) 사업단 교육 프로그램의 국제화 전략 및 계획

- ☞ 포스텍 물리교육연구단은 교육 프로그램의 국제화를 위해 'Outbound 국제화', 'Inbound 국제화', '캠퍼스 국제화'의 세 가지 측면에서 추진계획 수립.

『해외연구 기관과의 인적 교류 활성화 전략 요약』

- 전략 1: 플래그십 기관 중심으로 한 해외전문가와의 교류 확대
- 전략 2: 국제 공동연구를 통한 신진연구자 인적 교류 활성화
- 전략 3: 캠퍼스내 국제화 인프라 구축

① 플래그십 기관 중심으로 한 해외전문가와의 교류 확대

- ☞ 본 물리교육연구단에 관련된 연구기관을 중심으로 해외 연구기관 및 전문가와 교류 확대.
- 막스플랑크 한국/포스텍 연구소 (MPK) 및 아테이론물리센터 (APCTP), 기초과학연구원 (IBS), 선도연구센터 (SRC)를 통해 해외 대학 및 연구기관과의 교류 활성화.

- 포스텍 기관에서 주관하는 초청 세미나, 국제 워크샵 및 학회 등 정기행사를 개최 시, 해외 전문가 및 석학급 연구자의 학과 방문 및 ‘대학원생과의 만남’ 활동 추진.

② 국제 공동연구를 통한 신진연구자 인적교류 활성화

☞ 참여교수 그룹의 공동연구를 통해 해외 연구기관 대학원생 또는 신진연구자 간 교류 추진.

- 해외 공동연구를 통한 학생 파견 및 연수: 연 7건 이상 계획.
- 현 시점에서 구체화된 대학원생 해외 파견 (Outbound) 계획 (10건).
 - (고체물리 2건: 프랑스/CNRS, 미국/APS).
 - (고체물리 2건: 미국/Nati'l High Magnetic Field Lab, 일본/Institute of Solid State Physics).
 - (고체물리 2건: 미국/Raytheon BBN Technologies, 홍콩/HKUST).
 - (생물물리 2건: 미국/Ohio State University, 미국 Rice university).
 - (고체물리 1건: 독일/Johannes Gutenberg University Mainz).
 - (통계물리 1건: 독일/Potsdam University).
- 해외 공동연구를 통한 해외기관 대학원생 및 신진연구자 초청: 연 3건 이상 계획.
- 현 시점에서 구체화된 초청 (Inbound) 계획을 아래에 요약 (7건).
 - : Ohio State University (미국) 대학원생 1인 방문 (2021년 1월 계획).
 - : HPSTAR (중국) 박사후연구원 1인 방문 (2021년 1월 계획).
 - : Max Planck Institute for Structure Dynamics of Matter (독일) 공동연구자 2 ~ 3인 (2022년 계획).
 - : Raytheon BBN Technologies (미국) 신진연구자 1인 (2022년 계획).
 - : University of California, Santa Barbara (미국), 박사후연구원 1인 (2021년 계획).
Stanford University (미국), 대학원생 1인 (2021년 계획).

③ 캠퍼스 국제화를 위한 인프라 구축

☞ 해외 단기/장기 방문 연구자 및 외국인 교환/방문 학생에게 편리한 교육/연구 환경제공.

- 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 등을 지원.
- 대학통합포탈시스템 활용: 종합정보시스템 (POVIS) 구축 및 영문 서비스 지원. 외국인 대상 행정지원 전산 서비스 제공.
- 외국인 주거시설 확보: 외국인 학생에 기숙사를 제공.

해외 석학 활용 현황 및 계획

(1) 해외 석학 장기 활용 현황 및 계획

- 실질적인 공동연구 및 국제화를 위해 해외 석학을 물리학과 석학교수로 임용.

교수 (Rutgers University, USA)

초빙내역	석학교수 임용 기간 (2006. 04. 01 ~ 2022. 02. 28)
초빙교수의 우수성	- Nature 8편, Science 2편, Physical Review Letters 120편 이상, 1000회 이상 인용 논문 10편 (총 700여편). 총 피인용지수 71,000회, H-index 123 (Google Scholar). - 2007년 6월 호암상 (과학 부문) 수상. - 2010년 3월 미국 물리학회에서 수여하는 'James C. McGroddy Prize' 수상. - 2014년 Thomson-Reuters가 선정한 'The Most Influential Scientific Minds'에 선정.

활용내용	- 포스텍에 연구실 (Laboratory of Pohang Emergent Materials) 운영 중. Emergent Materials Group을 구성하고 학제간 신물질 개발 연구 네트워크 조성. - 포스텍 물리학과와 아태이론물리센터 (APCTP) 공동으로 국제학회 개최. - 포스텍 MPK 연구단과 함께 BK21 Plus 사업 기간 중 Nature Nanotechnology 1편, Advanced Materials 1편, Physical Review X 1편, Journal of the American Physical Society 2편, Nature Communications 5편, Physical Review Letters 11편을 포함하여 총 49편 논문 발표.
향후계획	- 포스텍 물리학과, MPK 연구단, 아태이론물리센터와의 기존 학술 활동 지속. - 2022년 이후 석학교수 계약 연장 계획.

교수 (University of Chicago / Argonne National Laboratory, USA)

초빙내역	석학교수 임용 기간 (2010. 09. 01 ~ 2022. 12. 31)
초빙교수의 우수성	- 4세대 가속기의 핵심 기술인 Free electron laser (FEL)의 세계적 석학. - 1986년에 FEL의 이론을 정립. 250 여편의 우수논문. - 'Robert R. Wilson Prize' for achievement in the Physics of Particle Accelerators (2014) - USPAS Prize for achievement in Accelerator Physics and Technology (2013). - Director, Argonne Accelerator Institute (2006 ~ 2007).
활용내용	- 포항가속기연구소의 빔물리, 진단 및 운영을 포함한 가속장치 기술 자문. - 포스텍 물리학과 대학원생 (석박통합과정)을 Argonne National Lab.에 파견하여 공동연구 수행. 2016년과 2017년에 Physical Review Letters 1편을 포함 2편의 논문 발표. 는 2017년 2월 졸업 후 현재 Argonne National Laboratory에서 연구원으로 재직 중.
향후계획	- 물리학과 가속기 관련 연구진들과 아르곤 국립연구소와의 국제 공동연구 프로그램을 지속하며 포항가속기연구소 기술자문을 제공받을 계획임.

(2) 외국학자 겸직교수 현황 및 계획

- BK21 Plus 사업 기간 중 포스텍 대학원생과 협력하여 Nature Communications 2편, Physical Review Letters 2편을 포함 16편의 논문 출간.
- 최근 3년간 겸직교수로 임명된 외국인 학자가 지속적으로 대학원생과의 공동연구하도록 여건 조성, 추가 확보를 위해 노력 ('6.2 외국인 교수 현황과 역할' 참조).

(3) 단기방문 해외석학 및 해외 학자 세미나 실적 (2017 ~ 2019년)

- 2013년 이후로 해외석학 방문 수가 꾸준히 증가하여 2016년 이후로는 연평균 9회의 석학방문 및 세미나가 진행되었음. (해외 학자 세미나: 총 73건, 해외석학 세미나 총 26건).
- 2020년 이후 기간에도 월 3건 이상의 해외학자 세미나가 이루어질 수 있도록 추진.

우수 외국인 학생 유치 현황 및 계획

(1) 외국인 대학원생 현황

- 2017년 ~ 2019년 기간 외국인 대학원생 비율: 평균 3.1% (2017년 7명, 2018년 5명, 2019년 4명). 출신국: 파키스탄, 중국, 베트남, 인도, 이란, 몽골.
- 외국인 학위 수여자 (2017. 09. ~ 2019. 12.) 박사 학위 3명: 전체 학위수여자 대비 6.9%.

- Xiao Tao Geng (2017. 08.), Mohsan Shahzad (2017. 08.), Jin Xu (2019. 02.).

(2) 외국인 대상 우수 학생 유치 활동

- 베트남에 최초로 본교 포스테키안 동문회 구축. 외국인 학생 네트워크를 확장·강화.
- 국립국제교육원에서 주최하는 유학박람회를 매년 참가 (베트남, 브라질, 태국 등).
- 2017 ~ 2019 년간 외국인 대학원생 유치 활동 내용.

자매대학 교류 활동 연계 유치 활동	- 우수학생 조기 검증과 발굴을 위해 유치전략국 (중국, 베트남, 인도네시아) 소속 자매대학 대상 Open Lab Program 운영(2015년 시작), (2016: 15명, 2017: 9명). 2019년도에는 Summer Program과 통합. - Open Lab 프로그램 참가자 대상 대학원 Information Session 실시. - 자매대학 대상 정부초청 장학 프로그램 안내 (2018).
외국인 동문 네트워크	- 베트남 출신 본교 동문회 구성 및 연례 총회 개최 (2016, 2017). - 인도네시아 포스텍 동문회 구성 및 연례 총회 개최 (2017).
유학박람회 참가	- 국립국제교육원 주관 한국유학 박람회 참가 (2017, 2018, 2019). - 베트남 한국유학 박람회, 사이버유학 박람회 참가 (2016, 2017). - 인도네시아 한국유학 박람회 참가 및 IT Bandung 방문 (2018). - 말레이시아 한국유학 박람회 및 주요대학 방문 참가 (2019). - 서울 대학원입시설명회 'International Students' 부스 운영 (2018).
유학박람회 연계 유치전략국/대학 별 홍보	- 재외공관 활용 유학박람회, 브라질 상파울로 유학박람회 (2017, 2018). - 태국 유학 박람회 (2017).
	- 베트남 하노이 지역 Information Session 실시 (2017).

(3) 우수 외국인 학생 유치 계획

- 우수 외국인 교비 장학 프로그램 (PFFES) 운영.
 - 포스텍에서 박사과정 수학을 희망하는 외국인 우수 강사(Lecturer)를 선발하여 장학금 지급.
- 포스코 아시아 펠로우십 활용.
 - 청암재단에서 아시아 인재들의 한국유학 지원 프로그램 활용 우수 외국학생 유치.
- 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 정주/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.

6. 교육의 국제화 전략

6.1 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획

② 대학원생 국제공동연구 현황과 계획

<표 2-9> 교육연구단 소속 학과(부) 대학원생(재학생 및 졸업생) 국제공동연구 실적

연번	공동연구 참여자			상대국/소속기관	연구주제	연구기간 (YYYYMM-YYYYMM)
	교육연구단		국외 공동연구자			
	대학원생	지도교수				
1				독일/Johannes Gutenberg University Mainz	나노자성구조에서의 오비탈 동역학 및 전도현상 연구	201906-202001
2				중국/Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research (HPSTAR)	초격자 강상관계 Sr2VO3FeAs의 고압 전도 특성 및 상변화 측정	201801-201801
3				캐나다/McMaster University	2차원 금속의 양자 상전이점 근처에서 불순물에 의한 비페르미 액체 상태의 변화 연구	201908-201908
4				홍콩/Hong Kong Baptist University	장내 균총 구성 변화의 수학적 모델링 및 제어에 대한 연구	201803-201903
5				미국/Advanced Photon Source	공명 비탄성 산란 분광기 개발	201805-201904

연번	공동연구 참여자			상대국/소속기관	연구주제	연구기간 (YYYYMM-YYYYMM)
	교육연구단		국외 공동연구자			
	대학원생	지도교수				
6				미국/National High Magnetic Field Laboratory	Nodal line 위상부도체의 고자기장에 의한 양자 진동 측정 및 전자구조 연구	202002-202002
7				미국/Los Alamos National Laboratory	고자기장 내에서 토폴로지 물질군의 차원 감소에 의한 효과 연구	201909-201909
8				독일/Max Planck Institute for Solid State Research	전위금속 산화물에 대한 공명 비탄성 산란 실험 및 라만 분광학 실험 이해	201902-201904
9				미국/Advanced Photon Source	이리듐 산화물 Sr2IrO4 의 자기구조 분석을 위한 경-X선 회절 실험	201910-201910
10				체코/Institute of Physics Academy of Sciences of the Czech Republic (AS CR)	고분해능 원자힘 현미경을 활용한 실리콘 기판의 금 원자선 저온 구조 측정 및 기술 확보	201711-201712

연번	공동연구 참여자			상대국/소속기관	연구주제	연구기간 (YYYYMM-YYYYMM)
	교육연구단		국외 공동연구자			
	대학원생	지도교수				
11				미국/Advanced Photon Source	공명 탄성 및 비탄성 X선 산란을 이용한 Sr2VO3FeAs와 Sr2IrO4의 자기 구조와 스펙트럼 분석	201811-201812
12				독일/Max Planck Institute for Structural Dynamics	고자기장을 이용한 물성 제어	201908-201910
13				미국/National High Magnetic Field Laboratory	자성 반데르발스 물질의 고자기장 자성 상전이 측정 및 이상 홀 효과 (Anomalous Hall Effect) 연구	201801-201802
14				일본/Kyoto University	광학 플로팅존 퍼니스를 이용한 단결정 합성 및 전도 특성 연구 수행 및 단결정 시료 확보	201901-201904
15				프랑스/ITER Organization	ITER 기구 방문연구를 통한 진단 기술 추적 및 확보	201905-201908

연번	공동연구 참여자			상대국/소속기관	연구주제	연구기간 (YYYYMM-YYYYMM)
	교육연구단		국외 공동연구자			
	대학원생	지도교수				
16				미국/Los Alamos National Laboratory	삼각격자 반강자성 금속의 고자기장에 의한 이상 홀 효과 (Anomalous Hall Effect) 측정	201909-201909
17				미국/National High Magnetic Field Laboratory	Kagome magnet의 고자기장 자기상전이 현상 및 위상 전도특성 측정	202002-202002
18				미국/Harvard Kennedy School	도시 내 산업 구조 변화에 대한 복잡계 물리 이론을 이용한 해석	201706-201707
19				미국/Northwestern University	스케일링 이론을 통한 도시 경제 구조 및 성장 연구	201710-201808

6.1 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획

② 대학원생 국제공동연구 현황과 계획

대학원생 국제공동연구 현황 및 계획

(1) 해외 대학 및 연구소와의 대학원생 교류 및 공동연구 현황

○ 포스텍 대학원생의 외향형 (Outbound) 인적 교류 현황.

- 최근 3년간 26건의 해외 공동연구(15일 이상)를 진행 (이중 선택된 19건을 <표 2-9>에 제시).
- 북미, 유럽, 아시아 지역에 있는 세계 우수 연구기관과의 공동연구 진행: 미국의 High Magnetic Field Laboratory와 Los Alamos National Laboratory, 독일의 Max Planck Institute, 프랑스의 ITER Organization, 중국의 HPSTAR 등.
- 대상 기간 중 장기 연수 5건 (3개월 이상).

)	Northwestern University (미국)	2017. 10. ~ 2018. 08. (10개월)
	스케일링 이론을 통한 도시경제 구조, 성장을 연구	
(석박통합과정)	Hong Kong Baptist University (홍콩)	2018. 03. ~ 2019. 03. (1년)
	장내균총 구성 변화의 수학적 모델링 연구.	
(석박통합과정)	Argonne National Laboratory (미국)	2018. 04. ~ 2019. 04. (1년)
	공명비탄성산란 분광기 개발	
(석박통합과정, 박사후연구원)	ITER 연구소 (프랑스)	2019. 05. ~ 2020. 04. (11개월)
	진단기술 축적 및 기술 확보	
(석박통합과정)	Johannes Gutenberg University Mainz (독일)	2019. 06. ~ 2020. 01. (5개월)
	나노자성구조에서의 오비탈 동역학 및 전도 현상 연구	

○ 국제 공동 연구과제 수주 (6건).

- 한국연구재단 한-독 파트너십 프로그램 (2015 ~ 2017).
 - 교수 / 교수 (독일 Technical Univ of Kaiserslautern).
- 한국연구재단 한-스웨덴 연구교류 지원사업 (2016 ~ 2019).
 - 교수 / 교수 (스웨덴 Umea 대학).
- 한국연구재단 일반연구교류 지원사업 (2016 ~ 2017).
 - 교수 / 교수 (사우디아라비아 KAUST).
- 한국연구재단 글로벌연구실사업 (2017 ~ 2023).
 - 교수 / 교수 (미국 Ohio State University).
- 한국연구재단 한-캐나다 국제화 기반조성사업 (2017 ~ 2018).
 - 교수 / 교수 (캐나다 University of Ottawa).
- 한국연구재단 한-EU(ERC) 연구자교류 협력사업 (2019 ~ 2020).
 - 교수 / 교수 (오스트리아 비엔나 공대).

(2) 해외 대학 및 연구소와의 대학원생 및 신진연구자 교류 계획

☞ 포스텍 물리교육연구단은 대학원생의 국제공동연구 활성화를 위해 'Outbound 국제화', 'Inbound 국제화'를 동시에 추진.

○ 국제 공동연구를 위한 장/단기 학생 파견 및 연수.

- 사업단 참여교수 모두 국제 공동연구 활동이 매우 활발하게 진행되고 있는 상황.
 - 2020년부터 11건의 공동연구가 해외 우수 연구기관과 진행될 예정 (표 '국제공동연구' 참조).

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

○ 해외 공동 연구를 위한 학생 파견 및 연수 상세 계획.

No.	대학원생	해외공동 연구자	해외 기관	연구 주제
1			미국/Raytheon BBN Technologies	마이크로파 단광자 검출기 (Microwave Single Photon Detector) 개발 공동연구
2			홍콩/HKUST	고차원위상부도체의 양자수송 연구
3			미국/National High Magnetic Field Laboratory	삼각격자 혹은 카고메 (Kagome) 자성체의 위상학적 전도특성 연구
4			일본/Institute of Solid State Physics	Nodal line 위상준금속의 고자기장 양자전도특성 연구
5			미국/Ohio State University	세포에서 DNA 오류 복원 메커니즘 규명과 정밀진료를 위한 응용 연구
6			미국/Rice University	세포관 형성 메커니즘
7			독일/Johannes Gutenberg University Mainz	나노자성구조에서의 오비탈 토크 연구
8			독일/Potsdam University	Transport dynamics in extreme value landscapes
9			프랑스/CNRS	포논 광여기를 통한 물성 제어를 위한 제일원리계산 공동 연구.
10			미국/Advanced Photon Source	열퍼짐 호프립 산란 (Thermal Diffuse Scattering) 및 비탄성엑스선 산란(Inelastic X-ray Scattering)을 이용한 격자진동 동역학 연구
11			캐나다/Perimeter Inst. for Theoretical Physics	비평형 양자 물질의 양자 얽힘 정량화 연구

○ 해외 공동 연구를 통한 해외기관 대학원생 및 신진연구자 초청.

- 기관 대 기관 국제 MOU 체결과 국제공동연구과제 수주를 통해 해외 연구그룹의 신진연구자 및 대학원생의 포스텍 물리교육연구단 방문을 추진.
- 대학원생 해외 파견 대학 및 연구기관에서 실질적인 공동연구를 진행하는 연구원, 대학원생등이 포스텍 물리교육연구단에 방문하여 관련 공동연구를 지속하도록 초청.

○ 해외 공동연구를 통한 해외기관 대학원생 및 신진연구자 초청 상세 계획.

- 2021년 이후 연 평균 3건 이상 (Inbound) 추진.
 - Ohio State University (미국) 대학원생 1인 방문 (2021년 1월 계획).
 - HPSTAR (중국) 박사후연구원 1인 방문 (2021년 1월 계획).
 - Max Planck Institute for Structural Dynamics (독일) 공동연구자 2 ~ 3 명 (2022년 계획).
 - Raytheon BBN Technologies (미국) 신진연구자 1명 (2022년 계획).
 - University of California at Santa Barbara, 박사후연구원 1인 (2021년 계획).
 - Stanford University, USA 대학원생 1인 (2021년 계획).

6. 교육의 국제화 전략

6.2 외국인 교수 현황과 역할

외국인 교수 활용 현황

(1) 해외 석학 장기 초빙 및 활용 현황

☞ 본 물리교육연구단은 해외석학의 일회성 초빙보다 실질적인 공동연구 및 국제화를 위해 해외 석학을 물리학과 석학교수로 임용하여 활용하고 있음.

○ 해외 석학교수 활용 ('II.6.1 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획' 참조).

- 교수 (Rutgers University): 2006. 04. 01 ~ 2022. 02. 28.
 - 참여교수 연구그룹의 대학원생 및 박사후연구원과 지속적인 공동연구 수행.
 - BK21 Plus 사업 기간 중 Nat. Nanotech. 1편, Adv. Mater. 1편, Nat. Commun. 5편, Phys. Rev. Lett. 11편을 포함하여 총 49편 논문 발표.
- 교수 (University of Chicago): 2010. 09. 01 ~ 2022. 12. 31.
 - 포항방사광가속기의 빔물리, 진단 및 운영을 포함한 가속장치 기술 자문.
 - 포스텍 물리학과 대학원생과 공동연구 수행 (Phys. Rev. Lett. 1편 포함 2편).

(2) 외국인 겸직교수 초빙 및 활용 현황

☞ 본 교육연구단에 연계된 국제 연구소를 활용하여 겸직교수의 대학원생 교육 활동 및 공동연구를 활발히 수행하고 있음.

○ 연계 국제연구소를 통한 겸직교수 활용.

- 막스플랑크 한국/포스텍 연구소 (MPK).
 - 현재 2개의 연구그룹 (아토초과학, 복합물질) 운영 중.
 - Junior Research Group Leader를 통하여 현재까지 물리학에 4명의 외국인 겸직교수()가 임용되었으며, 이들과 대학원생 공동연구 지도를 수행함 (2013년 이후 논문 출판 15건).
- 아태이론물리연구센터 (APCTP).
 - Junior Research Group Leader를 통하여 2017년 ~ 2019년 기간 동안 5명의 겸직교수()가 임용되었으며, 강의 및 학부생·대학원생 공동연구 지도 수행 (6건).

○ 외국학자 겸직교수 현황 및 역할.

- 석학교수로 임용된 2명 외에 최근 3년간 8인의 외국인 학자를 겸직교수로 임용하여 전공과목을 개설하였고 대학원생이 이들과 공동연구를 할 수 있는 여건을 제공함.
- 외국인 겸직교수 명단 (대상 기간: 2017년 ~ 2019년).
 - (MPK): 2015. 01. 01 ~ 2018. 08. 31.
 - (APCTP): 2014. 12. 01 ~ 2020. 08. 31.
 - (Uppsala University): 2018. 03. 01 ~ 2020. 02. 29.
 - (Kansas State Univ.): 2017. 09. 01 ~ 2019. 08. 31.
 - (APCTP): 2018. 02. 01 ~ 2020. 08. 31.
 - (Technical University of Wien): 2018. 03. 01 ~ 2020. 02. 29.
 - (APCTP): 2018. 09. 01 ~ 2020. 08. 31.
 - (APCTP): 2018. 09. 01 ~ 2020. 08. 31.

- 대학원생 공동 연구지도 및 강의.
 - 2017년 ~ 2019년 기간: Physical Review Letters 1편을 포함하여 6편의 공동 논문 출판.
 - BK21 Plus 사업 시간 동안 포스텍 대학원생과 협력하여 Nature Communications 2편, Physical Review Letters 2편을 포함하여 16편의 논문을 출판함.
 - 교수는 대학원생 및 학부생 대상으로 현대물리특론(PHYS422, 'Introduction to Einstein Gravity', 2017년 2학기)을 개설하여 연구 분야를 강의함.

(3) 단기방문 해외석학 및 연구자 활용

☞ 포스텍 물리교육연구단 단기 방문 외국인 교수 및 연구원을 활용하여 대학원생 대상 세미나 및 토론을 진행.

○ 단기방문 해외석학의 대학원 대상 세미나 (총 26건).

- 2017년 ~ 2019년 기간 중 총 26건 (연 평균 8.7회).
- 석학 세미나 목록 일부 발췌.
 - (미국 U.C. Santa Barbara) 2017. 03. 30, 'Superposition induced topology changes in quantum gravity'.
 - (네덜란드 Utrecht University) 2017. 10. 27, 'Special lecture of Nobel prize in physics laureates'.
 - (중국 Tsinghua University) 2018. 04. 25, 'Introduction to Trapped Ion Quantum Computation'.
 - (싱가폴 A*STAR) 2018. 10. 10, 'Quantum Optics Experiments with Rod Cells'.
 - (이탈리아 ICTP) 2018. 11. 27, 'Two-stage Kondo effect'.
 - (중국 Institute of Theoretical Physics) 2019. 04. 24, 'Topology from Chaos: Quantum Hall Physics, Haldane Conjecture and Beyond'.

○ 단기방문 해외학자의 대학원 대상 세미나 (총 57건).

III. 연구역량 영역

1. 참여교수 연구역량

1.1 연구비 수주 실적 (별도 제출/평가)

<표 3-1> 최근 3년간(2017.1.1.-2019.12.31.) 참여교수 1인당 정부, 산업체, 해외기관 등 연구비 수주 실적

항목	수주액(천원)			
	2017.1.1.-2017.12.31.	2018.1.1.-2018.12.31.	2019.1.1.-2019.12.31.	전체기간 실적
정부 연구비 수주 총 입금액	2,836,487	2,649,184	2,920,257	8,405,929
산업체(국내) 연구비 수주 총 입금액	1,208,595	270,964	669,275	2,148,835
해외기관 연구비 수주 총 (환산) 입금액	0	0	0	0
1인당 총 연구비 수주액				555,513
참여교수 수	19			

<표 3-1-1> 최근 3년간(2017.1.1-2019.12.31) 건축분야 건축학전공 참여교수 1인당 정부, 산업체, 해외기관 등 연구비 수주 실적

항목	수주액(천원)			
	2017.1.1.-2017.12.31	2018.1.1.-2018.12.31	2019.1.1.-2019.12.31	전체기간 실적
정부 연구비 수주 총 입금액	0	0	0	0
산업체(국내) 연구비 수주 총 입금액	0	0	0	0
해외기관 연구비 수주 총 (환산) 입금액	0	0	0	0
1인당 총 연구비 수주액				
참여교수 수				

1.2연구업적물

① 참여교수 대표연구업적물의 우수성

<표 3-2> 최근 5년간 참여교수 대표연구업적물 실적

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
1				자성 체물 리	저널논 문		
						Vio ation of Ohm s aw in a Wey meta	
						NATURE MATER ALS (F 38.887)	
						16(11), 1096	URL입력
							https://www.nature.com/artic es/nmat4965
						2017	
						10.1038/NMAT4965	
						(배경)	
						● 바일 (Wey) 금속의 비정상적 수송 특성은 카이럴 변칙 (Chira Anoma y) 때문이라는 이론이 제안됨.	
						● 카이럴 변칙으로 인해 바일 금속의 자기비저항(Magnetoresistance)은 자기장이 전기장과 평행할 경우 음수가 된다고 보고되었으나 유사 현상이 다른 원인 때문에 생길 수 있어 카이럴 변칙 효과 검증에 대한 논란이 있음.	
(창의성)							
● 본 연구는 선형 반응(Linear Response)에 대한 기존 연구를 비선형 반응으로 확장하여 카이럴 변칙이 자기비저항의 비선형 반응에 미치는 영향을 이론적/실험적으로 최초 확인.							
● 이로 인해 유사 현상과의 구별이 가능해짐.							
(전공분야 기여)							
● 카이럴 변칙으로 인해 발현되는 비선형 저항에 대한 정량화 방법 제시.							
● 비선형 저항이 카이럴 변칙에 의한 보편적 축적 함수(Universa Sca ing Function)를 따른다는 것을 검증하여 카이렐 변칙 효과 증명.							
(비전 부합성)							
● (혁신성) 비선형 반응을 통해 카이렐 변칙 효과 축적 함수를 검증한 최초의 실험 결과.							
● (선도성) 카이렐 변칙과 비정상적 수송 특성과의 관계 연구에서 새로운 돌파구 마련.							
● (협동성) 교수의 이론과 교수의 수송 실험을 통한 시너지.							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
2				자성 체물 리	저널논 문		
						Emergence of a meta insu ator transition and high temperature charge density waves in VSe2 at the mono ayer imit	
						NANO LETTERS (F 12.279)	
						18(9), 5432	URL입력
						2018	https://pubs.acs.org /doi/10.1021/acs.na no ett.8b01764
						10.1021/acs.nano ett.8b01764	
						(배경) ● 반데르발스 적층구조 시스템에서 저차원 구조 및 이질계면에 의한 전자구조 재구성에 대한 연구가 최근 활발하게 진행됨. ● 표면 및 계면의 변화로 야기되는 2차원 물질의 전자구조 재구성은 고체물리학에서 해결해야할 중요한 문제로 인식됨. (창의성) ● 본 연구에서는 그래핀 위 단원자층 VSe₂ 에서 나타나는 2차원 페르미 면에서 겹싸기 (Nesting) 특성이 급격히 강화됨을 확인. ● 2차원으로 차원이 낮아지면서 강한 상호작용으로 인한 금속 비금속 전이가 발현될 수 있음을 확인. (전공분야 기여) ● 재규격화군 분석을 통해 3차원계에서의 불완전한 겹싸기가 2차원에서 완벽하게 바뀌는 것이 보편적으로 일어날 수 있음을 증명함. ● 금속 절연체 전이가 일어나며 격자 구조가 강하게 뒤틀리는데, 이 격자 뒤틀림은 그래핀 격자상수와 구조적으로 잘 일치하여 이질계면의 중요성을 확인함. (비전 부합성) ● (선도성) 2차원 물질에서 차원과 계면으로 인해 전자들 사이의 상호작용이 조절되어 어떻게 전자구조 재구성이 일어날 수 있는지 보여주는 모델계를 제시. ● 51회 인용 (Goog e Scho ar). 인용도 상위 3% (SciVa).	

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
3				자성 체물 리	저널논 문		
						Emergent holographic description for the Kondo effect: Comparison with Bethe ansatz	
						PHYSICAL REVIEW D (F 4.368)	
						99(10), 105012	URL입력
							https://journals.aps.org/prd/abstract/10.1103/PhysRevD.99.105012
						2019	
						10.1103/PhysRevD.99.105012	
(배경) ● 초끈 이론을 위한 비섭동적 이론 분석 체계인 말데세나 (Maldacena) 가설을 활용해 고체물리 분야 난제를 해결하려는 시도가 2000년대 중반에 시작. ● 하지만 고체물리학의 미시적 자유도와 말데세나 가설의 유효 거시적 자유도 간의 관계가 알려져 있지 않아 말데세나 가설을 고체물리 문제에 적용하는데 어려움이 있음. (창의성) ● 본 연구에서는 윌슨의 재규격화 이론을 콘도 (Kondo) 문제에 적용하여 한 차원 더 높은 굽은 공간에 살고 있는 고전장 이론을 유도하려는 시도를 함. ● 콘도 효과에 대한 비섭동적인 물리현상들을 말데세나 가설을 따라 분석하고 그 결과가 베테 공식(Bethe Ansatz)을 통해 얻어진 정확한 해와 모든 온도 영역에서 일치함을 확인. (전공분야 기여) ● 초전도를 비롯한 다양한 상전이 현상들과 비페르미 액체 수송 현상들에 대해 새로운 해석을 가능하게 하는 기초 이론을 제공. (비전 부합성) ● (혁신성) 말데세나 가설을 통한 고체물리계 분석 가능성을 보여줌. ● (선도성) 양자장론의 전통적 섭동 이론으로는 이해될 수 없는 여러 가지 고체물리 현상을 분석할 수 있는 새로운 돌파구 마련.							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
4				플라 스마 물리	저널논 문		
						U trafast giant magnetic coo ing effect in ferromagnetic Co/Pt mu ti ayers	
						NATURE COMMUN CAT ONS (F 11.878)	
						8, 796	URL입력
							https://www.nature.com/artic es/s41467 017 00816 w
						2017	
						10.1038/s41467 017 00816 w	
						(배경) ● 자기장을 가하여 자성 시스템의 엔트로피를 감소시켜 냉각시키는 자기냉각 효과의 존재는 1881년 독일과학자 Warburg에 의해 처음 관측됨. ● 이후 P. Weiss (1917년), P. Debye (1926) 등에 의해 자기냉각 효과의 기본원리가 설명되었으나 초고속 시간 영역에서의 자기냉각에 대한 연구가 없었음. (창의성) ● 본 연구에서는 펨토초 시간대에서 220배 큰 거대 자기 냉각효과를 발견하고 이때 발현되는 스핀 격자 간 동역학적 성질을 세계 최초로 관측. (전공분야 기여) ● 전자소자의 집적도 상승 및 정보 처리 속도의 향상이 지속적으로 요구되는 가운데, 고속으로 정보 처리 시 발생하는 열처리 문제의 해결점 제시. ● 친환경 냉각 메카니즘으로 자기냉각 메커니즘 활용 방안 제시. (비전 부합성) ● (혁신성) 이번 실험을 통해 평형상태보다 200배 큰 거대 자기냉각 메카니즘이 증명됨으로써, 향후 초고속 스핀소자에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 예상됨 .	

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
5				플라 스마 물리	저널논 문		
						Semimeta ization of die ectrics in strong optica fie ds	
						SC ENT F C REPORTS (F 4.011)	
						6, 21272	URL입력
							https://www.nature. com/artic es/srep21 272
						2016	
						10.1038/srep21272	
(배경) ●반도체에서 빠른 속도로 전하의 이동을 유도하고 전류를 제어하는 기술은 신호처리 속도 향상을 위한 필수 기술임. (창의성) ●강한 레이저 전기장을 이용하여 페타헤르츠 대역의 전류 스위칭 가능성을 선보임. ●페타헤르쯔 전류 스위칭 현상이 광학적, 전기적, 결정학적으로 상이한 여러 물질에서 공통적으로 발현될 수 있음을 실험을 통해 확인. (전공분야 기여) ●다양한 부도체 물질에 대해 최대 약 2V/ Å에 달하는 강력한 레이저 전기장을 가할 때 레이저 전기장 파형에 따른 전하 이동량을 체계적으로 추적할 수 있는 방법론 제시. ●물질에 따라 전하량의 절대값에 차이가 있으나, 최대 진폭을 통일하는 정규화(Norma ization)를 거친 후에는 부도체의 종류와 상관없이 공통적으로 밴드 내 전이'의 역할이 가장 결정적임을 확인. (비전 부합성) ●(혁신성) 본 연구를 통해 유전체에서 1 펨토초 미만의 시간에서 물질의 전도도를 대폭 상승시킴으로써 전류를 발생시키고 제어할 수 있음을 입증. ●(선도성) 페타헤르츠 대역의 초고속 전자 소자에 접목될 잠재성을 가진 원리를 제시. ●31회 인용 (Goog e Scho ar).							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
6				플라 스마 물리	저널논 문		
						Attosecond counter rotating wave effect in xenon driven by strong fields	
						PHYSICAL REVIEW A (F 2.907)	
						95(5), 53420	URL입력
							https://journals.aps.org/prabstract/10.1103/PhysRevA.95.053420
						2017	
						10.1103/PhysRevA.95.053420	
						(배경) ● 극자외선 영역의 단일 아토초 (Atto Second, as) 펄스는 그동안 연구되지 못했던 극고속 동역학 연구를 가능하게 함. ● 오제 (Auger) 전자, 최외각 전자, 자동 이온화 (Auto ionization) 등의 원자 내부 동역학 현상을 수십~수백 아토초 시간 분해능으로 탐구하는 것이 가능해짐. (창의성) ● 본 연구에서는 66 eV를 중심 파장으로 하는 200 as 극자외선 펄스와 10¹³ W/cm²와 4 fs 적외선 (800 nm) 펄스 간의 시간차에 따른 흡수 분광을 이용하여 여기 상태 내부 껍질 전자의 운동을 체계적으로 추적. ● Xe의 4d 16p 과 4d 17p 자동 이온화 (Auto ionizing) 상태의 극고속 현상을 아토초 흡수 분광을 통하여 측정. (전공분야 기여) ● 아토초 흡수 분광을 이용하여 원자 상태의 극고속 동역학 측정의 기초정보를 제공. (비전 부합성) ● (혁신성) 원자내 극고속 회전파동 (Rotating Wave) 효과를 실시간으로 측정함으로써 아토초 시간 분해능 연구가 원자의 극고속 동역학을 이해하고 및 제어하는 길을 개척.	

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
7				자성 체물 리	저널논 문		
						Direct evidence for dominant bond directional interactions in a honeycomb lattice iridate Na ₂ IrO ₃	
						NATURE PHYSICS (Feb 2013)	
						11(6), 462	URL입력
							https://www.nature.com/articles/nphys3322
						2015	
						10.1038/NPHYS3322	
(배경) ● 스핀 액체는 절대 온도 0도에서도 자기정렬이 일어나지 않는 매우 흥미로운 양자 물질상으로 지난 수 십년간 그 존재를 찾으려는 지속적인 노력이 있었음. ● 현재 학계의 커다란 흐름은 정확한 해를 가지는 키타에프 (Kitaev) 모델에 기반한 스핀액체 연구로 초점이 모아지고 있음. (창의성) ● 벌집 격자구조(Honeycomb Lattice Structure)를 갖는 이리듐 산화물에서 키타에프 모델이 구현될 수 있는지를 확산공명 엑스선 산란기법(Diffuse Magnetic X ray Scattering)을 최초로 적용하여 연구. (전공분야 기여) ● 본 논문은 키타에프 상호작용이 Na₂IrO₃의 자성을 지배한다는 사실을 최초로 밝혀낸 논문으로 엑스선 산란 실험을 활용. ● 벌집 격자구조에서 키타에프 상호작용이 일어난다는 직접적 실험적 증거를 세계최초로 제시. (비전 부합성) ● (혁신성) 키타에프 스핀액체상이 실제 물질에서 구현될 수 있다는 실험적 증거 세계최초 제시. ● (선도성) 다른 벌집구조 이리듐 및 루테튬 산화물에 대한 활발한 연구 촉진. 249번 인용 (Google Scholar). 인용도 상위 1% (SciVal).							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
8				자성 체물 리	저널논 문		
						Observation of a d wave gap in e ctron doped Sr2 rO4	
						NATURE PHYS CS (F 20.113)	
						12(1), 37	URL입력
							https://www.nature. com/artic es/nphys3 503
						2016	
						10.1038/NPHYS3503	
						(배경) ● 고온초전도 물질 발굴 및 현상의 원리 규명은 고체물리학계의 중요 문제임. ● 지난 10여 년간의 연구로, Sr2 rO4를 비롯한 사각격자 이리튬 산화물이 많은 점에서 구리계 고온초전도체와 비슷하다는 점이 밝혀짐. 하지만 이리튬 산화물에서 초전도 현상이 실제로 관측된 적이 없었음. (창의성) ● 본 논문에서는 Sr2 rO4의 표면에 알칼리금속을 증착시키는 방법으로 전자를 도핑 했을 때 d형 파동 (D wave) 대칭성을 갖는 전하갭이 열리는 것을 최초로 관측 (각도분해광전자분광학 이용). (전공분야 기여) ● d형 파동 전하갭 및 유사갭(Pseudogap)의 온도 및 각도 의존성이 구리계 초전도체와 매우 흡사함을 밝힘. ● 현재까지 알려진 양자물질상에서 초전도를 제외하고 d형 파동 전하갭이 관측된 적이 없어서 이 결과는 이리튬산화물에서 고온초전도상이 존재할 가능성이 매우 크다는 것을 확인. (비전 부합성) ● (혁신성) 새로운 도핑 방법으로 비구리계 산화물에서 d형 파동 고온 초전도 가능성을 세계 최초 확인. ● (선도성) 이 연구는 Sr2 rO4의 덩어리 초전도현상 발견에 대한 연구를 더욱 촉진시킴. 201번 인용 (Goog e Scho ar). 인용도 상위 1% (SciVa).	

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
9				자성 체물 리	저널논 문		
		Higgs mode and its decay in a two dimensiona antiferromagnet					
		NATURE PHYS CS (F 20.113)					
		13(7), 633	URL입력				
			https://www.nature.com/artic es/nphys4077				
		2017					
		10.1038/nphys4077					
(배경) ● 힉스 (Higgs) 입자는 표준 모형의 기본 입자 중의 하나로 1960년에 예견되었지만 지난 2013년에 이르러서야 발견 됨. ● 고체계에도 힉스 입자와 성질이 같은 기본 들뜸(E ementary Excitation)이 존재하는데 대칭성과 차원에 따라 그 성질이 달라질 수 있음. (창의성) ● 이 논문에서는 이차원 자성물질에서 비탄성 중성자 산란을 이용하여 힉스 모드를 관찰하였고 더 나아가 이 힉스 모드의 붕괴 과정을 최초로 기술함. (전공분야 기여) ● Ca2RuO4는 반강자성 물질인데, 기존에 알려진 것과 달리 스핀 궤도 상호작용의 세기가 상당히 스핀 자기 모멘트의 크기를 궤도 자기 모멘트가 상쇄하여 전체 자기 모멘트가 0이 되는 양자임계점 근방에 위치하며, 그 결과로 모멘트 크기가 집단적으로 변동하는 힉스 모드가 창발되는 것을 보임. (비전 부합성) ● (혁신성) 이 논문은 힉스 모드의 붕괴과정을 중성자 산란을 사용해 세계최초로 관측. 85번 인용 (Goog e Scho ar). 인용도 상위 3% (SciVa). ● (선도성) 최근에 입자물리에서 나타나는 여러 입자들이 고체물리계에서도 발견이 되면서 상호 유사성이 강조가 되는 흐름이 학계에 뚜렷이 나타나는데, 관련 연구에 새로운 물질계 제시.							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
10				물성 계측	저널논 문		
						Large anomalous Hall current induced by topological nodal lines in a ferromagnetic van der Waals semimetal	
						NATURE MATERIALS (IF 38.887)	
						17(9), 794	URL입력
							https://www.nature.com/articles/s41563-018-0132-3
						2018	
						10.1038/s41563-018-0132-3	
(배경) ● 위상물질은 전자구조에 위상학적 특이성이 있는 물질로, 이 특이성을 이용한 새로운 양자 소자 구현이 기대됨. ● 자성을 이용해 화학구조를 유지한 채 위상 상태를 조절하려는 노력이 학계에서 진행 중. (창의성) ● 본 연구는 새로운 위상 강자성체를 발견하고 자성과 결합된 위상전자구조를 실험으로 확인한 데 그 독창성이 있음. (전공분야 기여) ● Fe3GeTe2라는 철 기반 강자성 반데르발스 물질이 강자성과 위상 선형노드(Nodal Line)를 갖는 위상물질임을 최초로 밝힘. ● 위상전자구조로 인해 발견될 것으로 기대되는 강한 베리곡률(Berry Curvature)도 강한 비정상 홀 효과(Anomalous Hall Effect)를 실험에서 관측함으로써 확증. (비전 부합성) ● (선도성) 향후 위상자성체 분야 연구의 물질 디자인과 합성연구의 기반이 마련됨. 또한 향후 2차원 물질에 기반을 둔 차세대 스핀소자 개발의 활성화도 기대됨. . Nature Materials 지 News and Views에 소개. 75회 인용 (Google Scholar). 인용도 상위 1% (SciVal). ● (협동성) 교수의 밴드 계산과 교수의 실험 간 긴밀한 공동연구.							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
11				물성 계측	저널논 문		
						Frustration driven C 4 symmetric order in a natura y heterostructured superconductor Sr2VO3FeAs	
						NATURE COMMUN CAT ONS (F 11.878)	
						8, 2167	URL입력
							https://www.nature.com/artic es/s41467 017 02327 0
						2017	
						10.1038/s41467 017 02327 0	
(배경) ● Sr2VO3FeAs물질은 철계 초전도층과 모트 산화물층의 초격자 구조를 갖는데 기저상태와 상전이의 원인에 대해서는 최근까지도 제대로 밝혀지지 않음. (창의성) ● 본 논문은 Sr2VO3FeAs에서 나타나는 상전이가 기존에 보고되지 않은 새로운 상태임을 실험적으로 확인. (전공분야 기여) ● 상전이 후에도 시간역전 대칭이 깨지지 않고 본래의 사각 격자구조에서 기대되는 C4 회전 대칭도 유지되는 것을 밝힘. ● 이러한 상태는 전형적인 숨겨진 정렬 (Hidden Order) 상태의 특징으로, 계면 상호작용으로 인한 경쟁으로만 발현될 수 있을 것으로 보임. (비전 부합성) ● (혁신성) 선례가 없는 새로운 전자질서상태 실험적 발견. ● (선도성) 철계 초전도물질이 포함된 이종접합구조에서 새로운 기저상태 발견은 향후 다양한 강상관 이종접합계의 양자물성연구로 발전될 것으로 기대. 2019년 미국 물리학회에서 초청강연 함.							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
12				물성 계측	저널논 문		
						Layer confined excitonic insulating phase in ultrathin Ta2NiSe5 crystals	
						ACS NANO (Vol. 13.903)	
						10(9), 8888	URL입력
							https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsnano.6b04796
						2016	
						10.1021/acsnano.6b04796	
(배경) ● 반도체의 약한 전자상호작용으로 인한 엑시톤 (Exciton) 거동에 대한 연구에 비해, 강한 상호작용에 의한 엑시톤의 자발적 응축된 상태에 대한 연구는 미흡함. (창의성) ● 반데르발스 물질 Ta2NiSe5를 박리해 원자층 수준으로 두께를 조절하며 엑시톤 응축상의 안정성을 실험으로 연구한 최초의 사례. (전공분야 기여) ● 2차원에 근접해가면서 강한 전자상호작용으로 엑시톤 응축상이 충분히 안정화 될 수 있다는 실험적 증거를 제시. ● 기존의 엑시톤 응축상을 보이는 물질과 비교를 통해, 직접적인 전자갭 구조가 엑시톤 응축상의 안정화에 중요한 요인임을 규명. (비전 부합성) ● (혁신성) 강한 전자 상호작용으로 인한 엑시톤 응축상의 안정성을 전자계의 차원 변화에 따라 체계적으로 연구한 최초의 사례. ● (선도성) 강상관 2차원 물질계에서 나타나는 다양한 기저상태의 안정화 원인을 이해하는 기반을 마련. 향후 다른 강상관 2차원 물질계와의 이종 접합 구조를 이용하여 엑시톤 응축상의 변조 및 응용성 연구를 위한 기초 정보를 제공. ● (협동성) 교수의 이론과 교수의 실험으로 연구 시너지.							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
13				입자 물리 이론	저널논 문		
						On geometric classification of 5d SCFTs	
						JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS (IF 5.833)	
						JHEP 1804 (2018) 103	URL입력
							https://link.springer.com/article/10.1007%2FJHEP04%282018%29103
						2018	
						10.1007/JHEP04(2018)103	
						(배경) ● 다양한 5, 6차원 등각장론(Conformal Field Theory)들이 끈이론에서 발견되었지만 라그랑지안 같은 고전적 방법론을 사용할 수 없어 분석이 어려움. ● 5차원 초등각 (Superconformal) 이론들을 게이지 이론을 이용해 분류하려는 시도는 게이지 기술 방법이 없는 초등각 이론들이 많아 분류에 한계. (창의성) ● M 이론 배경에서 6차원 닫힌 공간인 칼라비 야우 (Calabi Yau) 공간을 통해 5차원 등각장론을 구성할 때 필요한 기하학적 조건들을 제안하고 5차원 초등각 이론 분류법을 최초로 제시. (전공분야 기여) ● 기하학적 방법을 사용해 일반적인 5차원 초등각 이론을 만드는 방법 제시. ● 이 방법을 이용해 랭크(Rank)가 2인 모든 4 1차원 초대칭 등각장론에 대한 분류표 완성. (비전 부합성) ● (혁신성) 기하학적 조건을 이용해 모든 5차원 초등각 이론을 분류할 수 있는 가능성 열림. ● (선도성) 분류표를 통해 5차원 초등각 이론들 사이의 이중성(Duality)을 새롭게 찾아내고, 이중성에 담긴 의미를 직관적으로 이해할 수 있게 됨. 50회 (Google Scholar) / 49회 (inspirehep) 인용. 인용도 상위 4% (SciVal).	

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
14				입자 물리 이론	저널논 문		
						Duality walls and defects in 5d N = 1 theories	
						JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS (IF = 5.833)	
						JHEP 1701 (2017) 019	URL입력
							https://link.springer.com/article/10.1007%2FJHEP01%282017%29019
						2017	
						10.1007/JHEP01(2017)019	
(배경) ● 5차원 초등각 이론들을 서로 연결해주는 다양한 이중성(Duality)이 존재함. 이런 이중성은 강한 상호작용에 의해 발생하며, 인스턴톤 (instanton) 같은 비섭동적 입자들이 이 현상에서 중요한 역할을 함. (창의성) ● 이중성에 관한 연구는 강한 상호작용 때문에 섭동적 분석방법을 적용할 수가 없어서, 본 연구에서는 비섭동적인 결함연산자(Defect Operator)를 사용해 분석 수행. ● 이중성(Duality)이 있는 두 개의 5차원 게이지이론을 연결하는 영역 벽(Domain Wall)을 처음으로 제안. (전공분야 기여) ● 이 영역 벽의 존재를 통해 두 개의 게이지 이론이 대응성을 가지고 있다는 사실을 확증. ● 이 이론들이 가지는 대칭성 확장(Symmetry Enhancement)에 대한 증거를 제시. (비전 부합성) ● (혁신성) 이중성 영역 벽을 이용하여 이중성으로 연결되는 두 이론에 존재하는 다양한 물리현상들이 서로 어떻게 연결 되는지 연구가 가능해짐. ● (선도성) 다양한 결함연산자를 사용하여 5차원 초등각 이론들을 연구하는 길을 제시함. ● 63회 (Google Scholar) / 55회 (inspirehep) 인용. 인용도 상위 5% (SciVal).							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
15				입자 물리 이론	저널논 문		
						Surface defects and instanton partition functions	
						JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS (Feb 5.833)	
						JHEP 1610 (2016) 012	URL입력
							https://ink.springer.com/article/10.1007/JHEP10(2016)012
						2016	
						10.1007/JHEP10(2016)012	
(배경) ● 5차원 초등각 이론들은 이중성(Duality), 대칭성 확장(Symmetry Enhancement)과 같은 흥미로운 물리현상들을 보임. ● 이러한 물리현상들을 초등각 지수(Superconformal index)나 분배함수 계산을 통해 정량적으로 보이는 연구들이 있음. (창의성) ● 본 논문에서는 5차원 등각장론이 3차원 연결함연산자와 상호작용하는 시스템의 초등각 지수와 분배함수를 계산하는 방법을 처음으로 제시. ● 결함연산자는 회오리 (Vortex) 연산자의 재규격화 흐름(Renormalization Group Flow)을 이용하여 생성해 냄. (전공분야 기여) ● 5차원 등각장론을 정량적으로 연구하는 새로운 접근법을 제시. ● 또한 결함연산자를 3차원 게이지이론을 통해 생성하는 방법을 제안하고 이 방법론을 이용하여 분배함수를 계산하는 방법 제안. (비전 부합성) ● (혁신성) 일반적인 초대칭 게이지이론에 연결함연산자를 도입하는 방법을 체계적으로 제시함으로써 기존 입자들이 관측할 수 없는 여러 물리현상을 관측할 수 있는 가능성 생김. ● 49회 (Google Scholar) / 46회 (inspirehep) 인용. 인용도 상위 9% (SciVal).							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
16				자성 체물 리	저널논 문		
			Topo o gica properties and the dynamica crossover from mixed va ence to Kondo attice behavior in the go den phase of SmS				
			PHYS CAL REV EW LETTERS (F 9.227)				
			114(16), 166404			URL입력	
						https://journa s.ap s.org/pr /abstract/10. 1103/PhysRevLett.1 14.166404	
			2015				
			10.1103/PhysRevLett.114.166404				
(배경) ● 위상콘도물질이 가능할 것이라는 논문이 보고되어 많은 관심을 받음. ● 혼성원자가 (Mixed Va ence) 물질인 황금 상 SmS 물질은 콘도 절연체인지 콘도 준금속인지에 대한 논란이 있음. (창의성) ● 기존 위상물성 연구는 벌크 SmS에 대한 범밀도함수 (DFT) 전자구조 계산에 기반을 둔 연구인데 반하여, 본 연구에서는 벌크와 표면에 대한 동적평균장이론 (DMFT) 전자구조 계산과 DFT 전자구조 계산을 병행하여 황금 상 SmS에 대한 일관된 연구를 수행. (전공분야 기여) ● 최근 위상 콘도 반금속 물질로 제안되었던 SmS 물질이 (001) 표면에서는 위상 표면 상태가 아 통상적인 라시바 표면 상태를 가진다는 사실을 발견. ● DMFT에 기반한 온도에 따른 전자구조 분석을 통하여 콘도 혼성원자가 물질에서 나타나는 독특한 에너지 온도 척도를 찾아냄. (비전 부합성) ● (선도성) 이 연구 결과로 얻어진 에너지 온도 척도는 SmS 물질 뿐만 아니라 일반적인 콘도 혼성원자가 물질들의 물성을 기술하는데 적용할 수 있는 보편적인 에너지 온도 척도로서, 콘도 혼성원자가 물성 해석에 큰 진전을 가져올 것으로 기대. ● 미국물리학회 초청강연을 함으로써 중요성 인정 받음.							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
17				자성 체물 리	저널논 문		
			E lectronic structure of YbB6: s it a topo ogica insu ator or not?				
			PHYS CAL REV EW LETTERS (F 9.227)				
			116(11), 116401			URL입력	
						https://journa s.ap.s. org/pr /abstract/10. 1103/PhysRevLett.1 16.116401	
			2016				
			10.1103/PhysRevLett.116.116401				
(배경) ● SmB6가 위상 콘도 절연체로 알려지면서 같은 결정구조를 가진 YbB6물질에 대한 많은 연구들이 경쟁적으로 진행. ● YbB6의 위상 물성에 대해 서로 일치하지 않은 결과들이 보고되고 있어 논쟁이 진행 중. (창의성) ● 기존의 실험 데이터들은 모두 전하가 대전된 (001) 극성 표면에서 측정을 하여 밴드 굽힘 현상에서 자유로울 수 없었으나, 본 연구에서는 전하 대전이 없는 무극성 (110) 표면에서의 YbB6 전자구조 연구를 수행함. (전공분야 기여) ● YbB6 무극성 (110) 표면에서의 각도분해 광전자분광학 (ARPES) 실험과 전자구조이론 계산을 통해 YbB6 물질이 콘도 위상 절연체가 아 보통의 반도체임을 확인. (비전 부합성) ● (혁신성) 대부분의 논문들이 YbB6의 본질적인 위상 물성을 제대로 기술하지 못하였다는 사실을 밝히고 기존의 논란을 종식시킴. 25회 인용 (Google Scholar). ● (선도성) SmB6와 YbB6두 물질의 전자구조 차이를 규명함으로써, 희토류 위상물질의 물성과 신물질 개발에 진전을 가져올 것으로 기대.							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
18				자성 체물 리	저널논 문		
						Origin of first order type electronic and structural transitions in $r\text{Te}_2$	
						PHYSICAL REVIEW LETTERS (F 9.227)	
						114(13), 136401	URL입력
							https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRevLett.114.136401
						2015	
						10.1103/PhysRevLett.114.136401	
						(배경) ● $r\text{Te}_2$에서의 구조 상전이는 일반적인 전하밀도파 구조상전이와 다르다고 추정되며, 아직까지 구조적 상전이의 결과로 나타나는 전자구조의 변화를 이론과 실험 양면에서 비교 분석한 연구가 없는 상황. ● 이 구조 상전이의 경계점에서 초전도가 나타나기 때문에, 상전이 메커니즘을 이해하는 것이 초전도 현상 이해를 위해 필수적임. (창의성) ● 본 연구에서는 제일원리 계산에 기반한 전자구조 계산을 통하여 $r\text{Te}_2$의 구조 상전이가 전하 감수율에 의한 전하공간변조와, r의 이합체 정렬, 그리고 균일한 격자의 변형에 의해 나타남을 보임. (전공분야 기여) ● 구조적 상전이로 인한 전자구조의 변화를 이론과 각도분해 광전자분광학 (ARPES) 실험 양면에서 비교 분석함으로써 Γ 근처의 편평한 띠가 r 이합체의 형성과 밀접한 관계가 있다는 것을 보임. (비전 부합성) ● (협동성) 교수의 전자구조 계산과 교수의 광전자분광학 실험으로 해당 문제의 입체적 이해. ● (선도성) 지그재그 (Zigzag) 체인에서의 분자 궤도함수의 안 텔러 변형(Jahn Teller Distortion)에 의해 이합체 정렬이 나타남을 보인 구조 변환 모델은 유사한 많은 일차원계의 구조물성 이해에 응용 가능.	

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
19				입자 물리 이론	저널논 문	(저자 ABC 순서)	
						E-iptic genus of E-strings	
						JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS (IF 5.833)	
						JHEP 1709 (2017) 098	URL입력
							https://link.springer.com/article/10.1007/JHEP09(2017)098
						2017	
						10.1007/JHEP09(2017)098	
(배경) ● 6차원의 자체 이중 초끈(Seifert Dual String)이 2차원 초대칭 등각장론(Conformal Field Theory)에 의해 기술될 수 있다는 것은 알려져 있었으나 구체적으로 어떤 등각장론인지를 규명하지 못하고 있었음. 이 문제는 끈 이론 분야의 25년 된 난제였음. (창의성) ● E-string은 M-이론의 M5 브레인과 M9 브레인을 연결하는 대표적인 자체 이중 초끈으로, 본 논문에서는 이를 기술하는 2차원 초대칭 등각장론을 제안. (전공분야 기여) ● E-string이 적절한 2차원 게이지 이론의 강한 상호작용 극한에 해당함을 초끈 이중성(String Duality)을 기반으로 제안하고 이 제안에 대한 증거로서 2차원 게이지 이론에 대한 E-iptic Genus를 계산해서 E-string에 대해 알려진 기존 결과와 일치함을 보임. (비전 부합성) ● (혁신성) 6차원 자체 이중 초끈을 기술하는 2차원 게이지 이론을 찾는데 성공. 58회 (Google Scholar) / 58회 (inspirehep) 인용. 인용도 상위 8% (SciVal).							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
20				입자 물리 이론	저널논 문	(저자 ABC 순서)	
						Genera instanton counting and 5d SCFT	
						JOURNAL OF H GH ENERGY PHYS CS (F 5.833)	
						JHEP 1507 (2015) 063	URL입력
							https:// ink.springer. com/artic e/10.1007 %2FJHEP07%28201 5%29063
						2015	
						10.1007/JHEP07(2015)063	
(배경) ● 5차원 초대칭 등각장론이 존재한다는 것이 끈 이론을 통해 밝혀짐. ● 하지만 5차원 초대칭 등각장론이 재규격화 (Renorma ization) 되지 않기 때문에 기존의 윌슨 재규격화 (Wi son Renorma ization) 개념에 기반한 장론 계 산 불가능. (창의성) ● 5차원 초대칭 등각장론 자체는 재규격화가 불가능하지만 이 이론에 대한 인스턴톤 (nstanton) 분배 함수는 재규격화가 가능한 1차원 게이지 이론과 연결됨 을 제안. ● 이 제안에 기반하여 5차원 초대칭 등각장론에 대한 인스턴톤 (nstanton) 분배 함수 계산. (전공분야 기여) ● 인스턴톤 분배 함수를 통하여 5차원 초대칭 등각장론의 중요 성질들 밝힘. ● 예를 들어 5차원 N 1 Sp(N) 게이지 이론에 기본 물질이 N f 종류 있는 경우 E {N f 1} 대칭성이 있을 것이라는 유명한 가설 확인. (비전 부합성) ● (혁신성) 재규격화가 불가능한 이론을 재규격화가 가능한 이론과 연결 지어 분석. ● (선도성) 5차원 초대칭 등각장론에 관한 중요 논문으로 인정되며 많은 후속 연구 유발. ● 123회 (Goog e Scho ar) / 108회 (inspirehep) 인용. 인용도 상위 4% (SciVa).							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
21				입자 물리 이론	저널논 문		
						Factorization of the 3d superconforma index with an adjoint matter	
						JOURNAL OF H GH ENERGY PHYS CS (F 5.833)	
						JHEP 1511 (2015) 028	URL입력
							https:// ink.springer. com/artic e/10.1007 %2FJHEP11%28201 5%29028
						2015	
						10.1007/JHEP11(2015)028	
						(배경) ● 3차원 초대칭 등각장론의 이해에 중요한 공헌을 한 3차원 초등각 지수(Superconforma ndex)는 3차원 볼텍스 (Vortex) 분배함수의 곱으로 인수분해 (Factorization) 될 것이라는 가설이 알려져 있음. (창의성) ● 본 논문에서는 N 2 U(N) 게이지 이론에 기본물질(Fundamenta Matter)과 한 개의 수반 행렬 물질(One Adjoint Matter)이 있는 경우에 대해 이 가설을 증명함. 이를 통해 N 4 U(N) 게이지 이론을 연구함. (전공분야 기여) ● N 4 U(N) 게이지 이론의 Seiberg 이중성을 초등각 지수를 해석적으로 비교해 증명함. ● 이를 통해 유니테리성 제한(Unitarity Bound)을 위반하는 자기단극 연산자(Monopo e Operator)가 자유이론(Free Theory)으로 분리(Decoup ing)됨을 보임. (비전 부합성) ● (혁신성) 유니테리성 제한을 위반하는 자기단극 연산자의 분리를 보이는 난제 해결.	

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
22				에너지/전자 구조	저널논문		
						Majorana fermions in the Kitaev quantum spin system α RuC 3	
						NATURE PHYS CS (F 20.113)	
						13(11), 1079	URL입력
							https://www.nature.com/artic es/nphys4264
						2017	
						10.1038/nphys4264	
(배경) ● 양자 스핀 액체(Quantum Spin Liquid)란 전자의 스핀이 규칙적인 배열을 못하고 양자역학적으로 얽힌 상태. ● 키타예프 (Kitaev) 모델에 의하면, 2차원 벌집 구조에서 얽힌 스핀 상태의 경우 마요라나 (Majorana) 페르미온이 준입자로 등장할 것으로 예측됨. ● 이를 검증하기 위한 여러 실험이 있었으나 후보 시료의 구조적, 결함적 한계로 명확한 검증이 어려움. (창의성) ● 키타예프 모델에 근접한 물질인 RuC 3에 대한 비열 측정 및 중성자 산란 실험을 통해 얽힌 스핀 상태가 순차적으로 두 종류의 마요라나 준입자로 변환됨을 확인하고, 이들 준입자들의 스핀동력학적 특성을 최초 관측함. (전공분야 기여) ● 키타예프 모델이 적용되는 2차원 벌집구조를 최초로 구현하고 마요라나 준입자의 스핀동력학 특성을 규명함. (비전 부합성) ● (혁신성) 양자 스핀 액체 상태에서 스핀 쪼개짐 현상이 구현되며 물질과 반물질의 경계에 있는 마요라나 페르미온 준입자 상태가 실제로 존재함을 입증. 135회 인용 (Goog e Scho ar). 인용도 상위 1% (SciVa). ● (선도성) 양자 컴퓨터 기본 단위인 큐비트(Qubit)로 활용될 수 있는 마요라나 준입자의 특성 규명.							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
23				에너지/전자 구조	저널논문		
						Charge ordering cascade with spin orbit Mott dimer states in meta ic iridium dite uride	
						NATURE COMMUN CAT ONS (F 11.878)	
						6, 7342	URL입력
							https://www.nature.com/artic es/ncom ms8342
						2015	
						10.1038/ncomms8342	
(배경) ● 스핀 궤도 모트 (Mott) 상태는 기존의 스핀 모트 상태와는 다른 물리적 특성을 보이게 되어, 이에 기반한 물리적 현상에 대한 이해가 제한적. ● 층상 구조를 갖는 rTe2 물질에서 온도 변화에 따른 전하 정렬 (Charge Order) 및 저항 변화를 동반한 상전이 현상은 그 특성 및 물성 변화의 원인 및 원리가 명확히 파악되지 않았음. (창의성) ● 본 논문에서는 고순도의 rTe2 단결질 합성을 하였으며, 물성 분석, 구조 분석, 분광 분석을 통해 온도에 따른 상전이가 계단식으로 다단계(Cascade)로 발생함을 확인. (전공분야 기여) ● 상전이 현상이 스핀 궤도 모트 이합체 (Dimer) 상태 형성을 통해 발생하다는 것을 실험적으로 밝힘. ● 스핀궤도 모트 이합체 상전이를 일으키는 이론적 모델을 제시. (비전 부합성) ● (선도성) 새로운 스핀 궤도 모트 상태가 존재함을 발견하였고, 여기서 나타나는 상전이 현상을 규명하여 모트 상태의 국소 전자가 금속성의 전도 전자와 상호 작용하는 새로운 전자계의 패러다임을 제시하였고, 신물질 개발 연구 및 새로운 초전도체 개발 연구로의 확대가 기대. ● (협동성) 박사 등이 참여한 대규모 공동 연구.							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
24				에너지/전자 구조	저널논문		
						Giant magnetic anisotropy induced by ligand LS coupling in layered Cr compounds	
						PHYSICAL REVIEW LETTERS (F 9.227)	
						122(20), 207201	URL입력
							https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRevLett.122.207201
						2019	
						10.1103/PhysRevLett.122.207201	
(배경) ● Cr 판상 화합물인 CrX₃(X = C, Br,)과 CrYTe₃(Y = Ge, Si)는 약한 반데르발스 힘으로 결합된 층상구조 물질로 각 층이 쉽게 떨어져 2차원 구조를 만듦. ● Cr₃와 CrSiTe₃는 이론적으로 예측된 값의 수 백배에 이르는 거대 자기 이방성 특성을 보이는 것으로 보고되었으나 그 원인이 전혀 파악되지 않았음. (창의성) ● 본 논문에서는 Cr-Cr 초교환 (Superexchange) 상호작용이 리간드의 스핀 궤도 결합의 세기에 따라 상당한 크기의 자기 이방성을 유도하는 데 기여할 수 있음을 이론적으로 입증. (전공분야 기여) ● 판상 구조 Cr 화합물들이 보이는 각각의 자기이방성을 명확히 설명함으로써 새로운 거대자기 이방성 원인을 규명. ● 단층 물질의 강자성 특성이해를 통해 2차원 스핀트로닉스 소자 개발의 기초정보 제공. (비전 부합성) ● (선도성) 본 연구는 기존의 연구에서 전혀 고려되지 않았던 새로운 리간드 스핀 궤도 결합에 의한 자기 이방성을 제시함으로써, 2차원 자성체 연구 및 스핀트로닉스 소자 개발에 새로운 방향을 제시. ● (협동성) (물리학과), (포항가속기) 박사가 참여한 공동연구.							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
25				충돌 및상 호작 용	저널논 문		
			Kibb e Zurek universa ity in a strong y interacting Fermi superf uid				
			NATURE PHYS CS (F 20.113)				
			15(12), 1227			URL입력	
						https://www.nature. com/artic es/s41567 019 0650 1	
			2019				
			10.1038/s41567 019 0650 1				
(배경) ● 태초 우주의 불균일성을 설명하기 위해 고안된 키블 주렉 (Kibb e Zurek) 이론은, 결함들의 공간적 분포 밀도가 멍급수(Power Law)를 따르며 멍급수의 지수(Exponent)는 시스템의 미시적 성질이 아 대칭성에 의해 결정된다는 강력한 예측을 함. ● 고전적 자성체나 보즈 아인슈타인 응축체 등 약한 상호작용을 겪는 시스템에서는 키블 주렉 이론이 실험으로 검증되었으나 강한 상호작용을 하는 시스템에도 적용되는지에 대해 논란이 있음. (창의성) ● 본 연구는 스핀 업과 스핀 다운 페르미 6Li 원자들 간 산란의 세기가 양자역학적으로 최대인 영역에서도 키블 주렉 이론이 적용된다는 사실을 밝힘. (전공분야 기여) ● 강상 페르미 기체에서 발현된 양자 소용돌이의 밀도가 시스템의 산란 길이가 발산하는 영역에서도 여전히 U(1) 게이지 대칭성 깨짐에 의해 결정된다는 사실을 밝힘. (비전 부합성) ● (혁신성) 본 실험은 강상관계 물질에서도 여전히 키블 주렉 이론이 적용된다는 사실을 처음으로 밝혀냄. ● (선도성) 앞으로 강상관계 물질의 비평형 동력학을 기술하기 위한 여러 이론적 모델들의 중요한 벤치마크가 됨.							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
26				총돌 및상 호작 용	저널논 문		
						Second scalar nuclear spin coherence time of ²³ Na (NaK) Na 23 K 40 mo eces	
						SCIENCE (F 41.063)	
						357(6349), 372	URL입력
							https://science.sciencemag.org/content/357/6349/372
						2017	
						10.1126/science.aa 5066	
	(배경) ● 쌍극자 모멘트(Dipole Moment)가 큰 극저온 분자 기체를 큐비트로 사용할 경우 쌍극자 상호작용을 통해 큐비트 간 장거리 상호작용이 가능하고 큐비트 수 확장이 용이할 것으로 예측됨. ● 양자 정보를 저장할 수 있는 내적 상태(internal State)가 마땅하지 않다는 문제때문에 극저온 분자 기체를 기반으로 한 큐비트 연산과 정보저장에 대한 실험이 전혀 이루어지지 않았음. (창의성) ● 극저온 분자 기체의 핵스핀 상태를 내적 상태로 활용하는 실험 시도. 이를 통해 극저온 분자 기체의 큐비트 활용 가능성 조사. (전공분야 기여) ● 두 가지 알칼리 원자로 이루어진 쌍극성 분자인 NaK의 경우 핵스핀 결맞음 시간이 1초에 근접할 정도로 아주 길다는 것을 실증. (비전 부합성) ● (혁신성) 쌍극성 분자의 핵스핀 상태가 양자정보 저장에 적합한 뛰어난 큐비트이라는 것을 실험을 통해 최초로 보임. ● (선도성) 내적 상태 문제를 해결하여 극저온 분자 기체를 기반으로 한 양자정보의 가능성을 열. 긴 거리 상호작용을 이용한 이큐비트 (Two Qubit) 게이트 연산이 가능해지고 현재 수준보다 월등히 많은 큐비트 수를 유지할 수 있는 새로운 양자프로세서를 만들 수 있을 것으로 기대됨.						

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
27				총돌 및상 호작 용	저널논 문		
						U traco d Dipo ar Gas of Fermionic (NaK) Na 23 K 40 Mo ecu es in Their Abso ute Ground State	
						PHYS CAL REV EW LETTERS (F 9.227)	
						114(20), 205302	URL입력
							https://journa s.ap.s.org/pr /abstract/10.1103/PhysRevLett.114.205302
						2015	
						10.1103/PhysRevLett.114.205302	
(배경) ● 극저온 중성원자 기체 실험은 강상관 현상의 양자 시뮬레이터로 각광 받고 있으나 원자들 간의 상호작용이 단순한 접촉 상호작용이라는 한계를 가짐. ● 이를 극복하기 위해 강한 쌍극성 상호작용을 겪는 페르미 분자들로 극저온 양자 기체를 생성하려는 시도들이 있으나 분자들이 화학적으로 불안정하다는 문제가 있었음. (창의성) ● 기존 실험들에서 사용되던 분자와 달리, 화학적 불안정성 문제가 없는 새로운 페르미 분자인 NaK를 사용하여 극저온 양자 기체 구현 시도. ● NaK로 극저온 양자 기체를 구현하는 방법을 세계 최초로 제안하고 실증함. (전공분야 기여) ● 쌍극자 모멘트가 큰 페르미 NaK 분자들로 이루어진 극저온 양자 기체를 세계 최초로 생성. ● 극저온 양자 기체 상태에서 NaK 분자의 화학적 안정성 확인. (비전 부합성) ● (혁신성) 기존 실험과 다른 페르미 분자를 사용하여 극저온 양자 기체를 구현하는 방법 개척. ● (선도성) 쌍극성 상호작용이 강하면서 화학적으로 안정한 극저온 양자 기체를 사용하여 강상관 물리현상들을 양자 시뮬레이션 할 수 있는 길을 개척. 353회 인용 (Google Scholar). 인용도 상위 1% (SciVal).							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
28				물성 계측	저널논 문		
						Direct observation of picosecond me ting and disintegration of meta ic nanopartic es	
						NATURE COMMUN CAT ONS (F 11.878)	
						10,2411	URL입력
							https://www.nature.com/artic es/s41467 019 10328 4
						2019	
						10.1038/s41467 019 10328 4	
(배경) ● 펨토초의 시간영역에서 나타나는 물질의 반응에 대한 관심 집중. ● 초고속 물성 현상의 많은 경우 강한 비평형상태를 거쳐 유도. 반면 비평형 현상에 관한 정립된 물리지식의 부족으로 직접적인 관측을 통한 현상의 이해가 중요. (창의성) ● 기존 시분해 연구의 경우 분광 또는 회절 방식이 주를 이루며 모델에 의존하는 간접적인 해석. 이미징의 경우는 가역반응에 국한. 본 연구는 이러한 제약을 넘어 비가역 초고속 상변화 과정을 실제 이미지를 통해 직접 관측. (전공분야기여) ● 물질의 비가역적인 고체 액체 상변화 과정을 직접적인 관측을 통해 최초 규명. ● 10 피코초 시간 및 수 나노미터 공간 분해능을 가지는 세계 최고수준의 시공간 동시 분해능의 단일펄스 이미징 실험기법 구축. (비전부합성) ● (혁신성) 현존 최고의 시공간 동시 분해능 이미징 구현. 고체 시료의 녹는 과정을 미시적인 스케일에서 관측한 첫 번째 연구 결과. ● (선도성) 비평형 초고속 상변화 과정 연구기반 구축. 물질의 근본적인 상변화 현상에 대한 새로운 지식 제공.							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
29				물성 계측	저널논 문		
						maging the magnetic structures of artificia quasicrysta magnets using resonant coherent diffraction of circu ar y po arized X rays	
						NANOSCALE (F 6.97)	
						10(27), 13159	URL입력
							https://pubs.rsc.org/ en/content/artic e a nding/2018/NR/C8N R03733G#!divAbstra ct
						2018	
						10.1039/c8nr03733g	
(배경) ● 긴 거리 규칙성이 없는 준결정 (Quasicrysta) 구조에서 자성 유도 현상 보고. ● 구조적으로 불가능한 공간에서 자성이 유도되는 상황으로 자성구조 규명을 위한 많은 연구 수행. 실제 공간에서의 해석이 부족한 상황. (창의성) ● 준결정 구조를 나노스케일의 자성 도메인을 이용하여 인위적으로 조성하고 이때 외부 자기장에 따라 준결정 전반에 유도되는 자성 구조를 결맞는 엑스선을 이용하여 직접적으로 관측하고 그 실공간 구조를 규명. (전공분야 기여) ● 편광된 결맞는 엑스선을 이용하여 나노 스케일 자성 도메인들의 공간적 배치를 회절 패턴으로 측정 가능함을 실증. ● 실공간의 이미지로 결맞는 회절 패턴의 해석 및 자성 구조 규명 방법론 제공. (비전 부합성) ● (혁신성) 실공간에서 자기구조를 규명하는 새로운 연구 방법 소개. ● (선도성) 결맞는 엑스선의 활용으로 이러한 실공간의 해석에 대한 새로운 가능성을 보여줌.							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
30				물성 계측	저널논 문		
						Comparing the spatial coherence of the natural and focused X rays from a free electron laser	
						OPTICS EXPRESS (Feb 2016)	
						27(14), 19573	URL입력
							https://www.osapublishing.org/oe/abstract.cfm?uri=oe-27-14-19573
						2019	
						10.1364/OE.27.019573	
(배경) ● 엑스선 자유전자 레이저의 공간 결맞음 특성을 파악하기 위한 연구가 활발히 진행됨. 대부분의 실험에서 집광을 통해 엑스선의 유효 세기를 높여 활용. 반면 이 때 수반될 수 있는 광원의 특성변화를 파악하는 실험 증거 부족. (창의성) ● 영(Young)의 이중슬릿 간섭실험 재현, 금속 슬릿과 구형 나노입자를 이용한 엑스선 단일펄스 실험으로 공간 결맞음성 측정. (전공분야 기여) ● 결정 광학계를 이용하여 집광된 엑스선과 집광 이전의 원형 엑스선의 결맞음 특성을 실험을 통해 직접 관측 및 비교. ● 엑스선 자유전자 레이저에서 발생하는 펄스폭 단일펄스 엑스선의 집광 전후 결맞음 특성을 정량적으로 분석하고 이들의 결맞음 특성이 고효율의 결정 집광계에서 보존될 수 있음을 실험적 결과를 이용하여 보여줌. (비전 부합성) ● (선도성) 결정집광계를 통해 집광된 엑스선의 결맞음 특성이 보존될 수 있음을 규명한 연구로 결맞음 엑스선 활용 연구의 근거 제시. ● (혁신성) 나노스케일로 집광된 빛의 결맞음 엑스선 활용의 개연성 입증.							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
31				광과 학	저널논 문		
						Large Bragg diffraction in silicon	
						NATURE PHOTONICS (IF 31.583)	
						10(7), 463	URL입력
							https://www.nature.com/articles/nphoton.2016.112
						2016	
						10.1038/NPHOTON.2016.112	
(배경) ● 실리콘은 간접적인 밴드 갭(Indirect Bandgap)을 가지고 있기 때문에 광 방출이 없어 레이저나 광 증폭이 불가. ● 기존 실리콘 광도파로(Optical Waveguide)에서의 브릴루앙 (Brillouin) 산란은 포논(Phonon)이 기판을 따라 사라지기 때문에 강력한 포톤-포논 상호작용이 일어나지 않음. (창의성) ● 본 논문에서는 광도파로를 공중에 띄워 포논이 기판을 따라 사라지는 문제를 해결. ● 이를 통해 포톤-포논 상호작용을 강화시킴. (전공분야 기여) ● 광도파로의 기판 제거를 통해 브릴루앙 산란을 향상시켜 광 증폭을 할 수 있음을 실증함. ● 광도파로의 광 손실보다 광 증폭이 더 크기에 브릴루앙 산란의 공명 주파수 근처에서 4배 가까이 광 증폭이 됨을 제시함. (비전 부합성) ● (혁신성) 브릴루앙 산란을 이용하면 좁은 선포의 On-Chip 브릴루앙 레이저를 구현할 수 있음. ● (선도성) 브릴루앙 산란을 이용하여 실리콘 광도파로 내부에서 강한 광산란을 실현한다면 기존 불가능하다고 알려진 실리콘 레이저의 실현에 한 발짝 다가가는 결과를 가져올 것. ● 150회 인용 (Google Scholar). 인용도 상위 1% (SciVal).							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
32				광과 학	저널논 문		
						Contro of coherent information via on chip photonic phononic emitter receivers	
						NATURE COMMUN CAT ONS (F 11.878)	
						6, 6427	URL입력
							https://www.nature.com/artic es/ncom ms7427
						2015	
						10.1038/ncomms7427	
(배경) ● 포톤 (Photon) 집적소자는 빠르지만 필터, 신호 지연 처리 등이 어려운 단점이 있음. 반면 포논 (Phonon) 소자는 속도는 느리지만 필터, 신호 지연 처리 특성이 우수함. ● 실리콘의 브릴루앙 산란을 통한 포톤 포논 상호작용을 이용하면 포톤과 포논의 장점을 결합한 뛰어난 새로운 소자 가능. (창의성) ● 포톤 포논 상호작용을 키우기 위해 포논 결맞음이 오래 유지될 수 있는 구조를 고안하여 브릴루앙 산란을 강화. ● 이 방법을 이용하여 포톤 포논 송신기 수신기를 구현. (전공분야 기여) ● 이 송신기 수신기를 이용해 수 GHz 영역에서 동작하는 RF 광필터를 개발함. ● RF 광필터는 금속을 기반으로 한 기존 RF 필터에 비해 열 발생과 무게 문제에서 자유롭고, 우수한 주파수 선택성과 수 MHz의 좁은 선폴을 가짐. ● 높은 광세기를 사용하여도 안전한 고주파 광필터 성능을 나타내고 2차 필터의 성질을 나타내어 큰 폭의 대조성(Contrast)을 가짐. (비전 부합성) ● (혁신성) 구현된 포톤 포논 송신기 수신기를 이용하면 기존 RF 필터보다 뛰어난 성능을 보여주는 RF 광필터를 개발할 수 있음. ● 108회 인용 (Goog e Scho ar). 인용도 상위 2% (SciVa).							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
33				광과 학	저널논 문		
						Observation of photon pair generation in the normal group velocity dispersion regime with slight detuning from the pump wavelength	
						NEW JOURNAL OF PHYSICS (IF 3.783)	
						20(10), 103004	URL입력
							https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1367-2630/aae172
						2018	
						10.1088/1367-2630/aae172	
						(배경) ● 양자정보학에서 필요한 얽힘 광원을 생성하기 위해서는 광자쌍 (Photon Pair) 생성이 반드시 필요. ● 광섬유에서의 자발 사광자 혼합(Spontaneous Four Wave Mixing)을 통해 광자쌍 생성이 가능하나 이를 위해서는 에너지 보존과 위상결맞음이 필요. (창의성) ● 비정상분산 (Anomalous Group Velocity Dispersion) 영역에서만 펌프 파장 근처에서 광자쌍이 생성되는 것으로 알려져 있었으나, 본 연구에서는 정상분산 영역에서 광자쌍을 생성하는데 성공함. (전공분야 기여) ● 위상결맞음의 성능을 제대로 이해하여, 기존에 불가능하다고 알려진 정상분산 근처에서 광자쌍 생성을 최초로 제시. ● 이렇게 생성된 광자쌍의 성능은 비정상분산 영역에서 생성된 광자쌍의 성능과 비교해도 떨어지지 않음을 확인. (비전 부합성) ● (혁신성) 기존에 불가능한 것으로 알려진 정상분산 영역에서 광자쌍 생성 성공. 광자쌍 생성이 용이해져 양자통신이나 양자컴퓨팅과 같은 양자정보 응용에 큰 도움이 될 것으로 기대됨.	

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용							
						대표연구업적물의 우수성							
34				표면 /경계 면물 리	저널논 문								
						Chiral solitons in a coupled double Peierls chain							
						SCIENCE (F 41.063)							
						350(6257), 182	URL입력						
							https://science.sciencemag.org/content/350/6257/182						
						2015							
						10.1126/science.aaa7055							
						(배경) ● 전자계의 양자역학적 솔리톤(Soliton)은 위상 들뜸(Topological Excitation)의 대표적인 예제임. ● 하지만 개별 솔리톤을 관측하고 솔리톤의 내부 자유도에 대해 연구한 실험은 거의 없음. (창의성) ● 전하밀도파 상태의 인동 원자선이 두 개의 파일얼스 (Peierls) 사슬이 묶인 구조로 구성되어 있어서 이중 축퇴(Two Fold Degeneracy)를 가진 기존 솔리톤 모델의 Z2 위상학(Topology)을 넘어 4중 축퇴(Four Fold Degeneracy)의 Z4 위상학으로 기술됨을 확인. (전공분야 기여) ● 기존 연구에서 관측되지 않았던 개별 솔리톤을 원자선의 전하밀도파를 활용하여 관측. ● 세 가지 다른 형태의 솔리톤(Left Chiral , Right Chiral , Non Chiral Solitons)이 발생함을 이론/실험으로 밝혀, 기존 솔리톤 이론의 틀을 확장. (비전 부합성) ● (혁신성) 솔리톤 위상 들뜸에 대해 다양한 새로운 실험이 가능해졌으며 Z4 솔리톤을 정보저장이동 매체로 활용하는 연구가 가능해짐. ● (협동성) 교수의 공동 실험으로 시너지 극대화. ● 47회 인용 (Google Scholar).							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
35				표면 /경계 면물 리	저널논 문		
						Nanosca e manipu lation of the Mott insu ating state coup ed to charge order in 1T TaS2	
						NATURE COMMUN CAT ONS (F 11.878)	
						7, 10453	URL입력
							https://www.nature.com/artic es/ncom ms10453
						2016	
						10.1038/ncomms10453	
						(배경) ● 1T TaS2 는 전하밀도파와 모트 (Mott) 절연체가 공존하는 매우 특이한 전자상태를 저온에서 가지는 독특한 물질로 현재 그 원인에 대한 논란이 있음. ● 여러 가지 서로 다른 저항 값을 가지는 중간적인 준안정적인 상태로 전이됨이 발견되었으나, 실제로 어떻게 만들어지며 어떤 원리로 이러한 현상이 발현되는지 밝혀지지 않았음. (창의성) ● 본 연구에서는 주사터널현미경을 이용하여 이러한 준안정적 상태를 미시적으로 조절하고 관측하는데 최초로 성공. ● 주사터널현미경의 터널전류를 사용하여 나노스케일에서 준안정적 상태를 유도하고 또 없앨 수 있음을 세계최초로 시연 (전공분야 기여) ● 1T TaS2의 준안정상태가 전하밀도파의 도메인벽 (Domain Wa) 네트워크로 구성된 금속적인 상태임을 밝힘. ● 멤리스터(Memristor)와 같은 새로운 소자로의 응용 가능성에 대한 논의와 기초 정보를 제공. (비전 부합성) ● (선도성) 2차원 물질의 다양한 준안정상태들을 분석하고 이해할 수 있는 토대 마련. 아울러 나노 스케일에서의 금속/비금속 상전이를 이용한 소자기술로의 발전 기대됨. ● 89회 인용 (Goog e Scho ar). 인용도 상위 3% (SciVa).	

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
36				표면 /경계 면물 리	저널논 문		
						Switching chiral isotons for a geometric operation of topological quaternary digits	
						NATURE PHYSICS (Feb 2013)	
						13(5), 444	URL입력
							https://www.nature.com/articles/nphys4026
						2017	
						10.1038/NPHYS4026	
						(배경) ● 본 연구진이 2015년에 Z4 위상학(Topology)에 기반한 새로운 솔리톤들을 발견함으로써, 서로 다른 솔리톤들 간의 상호작용에 대한 연구 및 정보저장이동 매체로의 활용 연구가 가능해짐. ● 기존 연구에서는 개별적 솔리톤의 존재와 전자구조만을 연구하였고, 솔리톤 간의 상호작용에 대한 연구는 미흡함. (창의성) ● 본 연구에서는 개별 솔리톤의 시간에 따른 변화를 세계 최초로 관측하는 실험적 진보를 달성. ● 이를 통해 솔리톤 솔리톤 상호작용에 대한 미시적인 측정과 근본적인 이해에 접근함. (전공분야 기여) ● 솔리톤의 시간에 따른 변화를 세세하게 관찰하여, 솔리톤 간의 충돌과 결합에 의해 한 종류의 솔리톤이 다른 종류의 솔리톤으로 전이함을 밝힘. ● Z4 위상학을 가진 솔리톤의 전이가 Z4 대수 법칙(Algebra)을 따름을 밝힘. (비전 부합성) ● (혁신성) Z4 솔리톤을 4진법 정보저장 및 처리 매체로 활용 가능함을 밝혀, 솔리톤을 활용한 정보 처리의 새로운 패러다임, 즉 솔리토닉스(Solitronics)의 개념이 가능함을 제시. ● (협동성) 교수의 공동 실험으로 시너지 극대화.	

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
37				중시 물리	저널논 문		
						Observation of negative refraction of Dirac fermions in graphene	
						NATURE PHYS CS (F 20.113)	
						11(11), 925	URL입력
							https://www.nature.com/artic es/nphys3460
						2015	
						10.1038/NPHYS3460	
						(배경) ● 그래핀은 상대론적 디랙 페르미온이 구현된 최초의 고체물리계. ● 음의 굴절 (Negative Refraction) 현상은 디랙 페르미온을 비상대론적 전자와 구별하는 핵심 특성이나 이 현상 관측을 위해서는 불순물 수준을 극도로 낮춰야 하는 어려움이 있음. (창의성) ● 본 연구에서는 그래핀/질화붕소 접합체를 통해 불순물을 획기적으로 낮추어 전자이동도를 극대화함. ● 미세패턴을 통한 게이트 전극을 증착하여 날카로운 국부전기장을 가해주어 음의 굴절을 최초로 관측. (전공분야 기여) ● 이론적 예측은 있었으나 그래핀에서 볼 수 없었던 상대론적 양자현상인 전자의 음의 굴절 현상을 세계 최초 관측. (비전 부합성) ● (혁신성) 전자의 베셀라고 (Vese ago) 렌즈 효과 관측을 통해 그래핀 전자의 이동 경로를 전기적으로 제어하는 상대론적 양자소자 구현의 가능성 제안. ● (선도성) 비상대론적 전자를 이용한 기존의 전자광학분야를 상대론적 디랙 페르미온을 이용하는 디랙 전자광학이란 새로운 분야로 확장시키는 중요한 이정표 제시. ● 127회 인용 (Goog e Scho ar). 인용도 상위 2% (SciVa).	

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
38				중시 물리	저널논 문		
						nducing superconducting corre ation in quantum Ha edge states	
						NATURE PHYS CS (F 20.113)	
						13, 693	URL입력
							https://www.nature. com/artic es/nphys4 084
						2017	
						10.1038/NPHYS4084	
(배경) ● 위상초전도체(Topologica Superconductor)의 들뜸 (Excitation) 상태로 마요라나 (Majorana) 준입자가 이론적으로 제시됨. ● 이를 활용한 위상양자컴퓨팅 가능성이 제시되었으나 위상초전도 성질을 가지는 물질이 없어 실증에는 어려움이 있음. (창의성) ● 기존에 알려진 물질에 양자홀 상태와 초전도 상태가 공존하는 상태를 이용하여 위상초전도체와 유사한 상태를 세계 최초 구현. (전공분야 기여) ● 초전도체와 정수 양자홀 상태를 접합한 이종구조에 대한 극저온 양자수송 특성 확인. ● 양자홀 가장자리 상태의 비국소 안드레브 (Andreev) 반사 현상을 이용해 양자홀 상태와 초전도 상태 공존 확인. (비전 부합성) ● (혁신성) 양자홀 상태와 초전도체 간 상호작용을 관측한 최초의 실험. 위상초전도체를 구현하는 새로운 가능성 제시. 77회 인용 (Google Scholar). 인용도 상위 3% (SciVa). ● (선도성) 분수 양자홀 상태로 이 실험을 확장할 경우 파라페르미온(Parafermion)의 교환연산(Breeding)을 기반으로 보편적 (Universal) 위상양자컴퓨터를 구현하는데 중요한 역할을 할 것으로 기대됨.							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
39				중시 물리	저널논 문		
						Proximity coupling in superconductor graphene heterostructures	
						REPORTS ON PROGRESS IN PHYSICS (F 16.62)	
						81(5), 56502	URL입력
							https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6633/aaafe1
						2018	
						10.1088/1361-6633/aaafe1	
						(배경) ● 그래핀/초전도 이종접합체는 기존 초전도 중시계에서 구현이 불가능한 다양한 양자현상을 관측할 수 있는 양자계임. ● 그래핀/초전도 이종접합 연구의 핵심 주제로서 본 교육연구단의 이길호 교수와 물리학과의 이후종 교수가 지난 10년 동안 지속적으로 연구한 분야. (창의성) ● 전기적 특성을 쉽게 바꿀 수 있는 그래핀을 이용하여, 상대론적 양자 현상과 초전도 현상의 상호작용을 연구하고 중시계적 초전도 양자소자를 개발한 독보적 성과를 정리함. (전공분야 기여) ● 그래핀/초전도 이종접합에 대한 지속적인 기초연구를 통해 이길호 교수가 학계에 중요한 기여를 한 것이 인정되어 Rep. Prog. Phys.에 초청 리뷰논문을 작성 (F 16.620). (비전 부합성) ● (선도성) 이 결과는 그래핀에서의 양자전도 또는 초전도 현상을 연구하고자 하는 후속세대와 타 분야 연구자들이 그래핀/초전도 이종접합 분야의 지금까지 연구 흐름을 이해하고 당면한 과제가 무엇인지 인지하는데 중요한 이정표를 제공. ● 21회 인용 (Google Scholar).	

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
40				박막 물리	저널논 문		
						Emergence of room temperature ferroelectricity at reduced dimensions	
						SC ENCE (F 41.063)	
						349(6254), 1314	URL입력
							https://science.sciencemag.org/content/349/6254/1314
						2015	
						10.1126/science.aaa6442	
(배경) ● 강유전체를 고집적 메모리 소자로 활용하기 위해서는 물질 크기가 나노미터 단위로 작아졌을 때 강유전성이 급격히 약화되는 문제를 해결해야 함. ● 박막 두께가 얇아져도 강유전성이 발현될 수 있는 물질 개발 필요. (창의성) ● 물질 내부에 자연적으로 존재하지만 그동안 간과돼 온 나노미터 단위의 유전분극 불균일성을 적극적으로 이용. ● 박막 두께가 수 나노미터 이하로 얇아지면서 강유전성이 오히려 발현될 수 있다는 독창적 가능성을 제시하고 세계 최초로 구현함. (전공분야 기여) ● 나노미터 단위의 유전분극 불균일성이 얇은 박막에서 강유전성을 발현시킬 수 있는 이론 예측 계산 제공. ● 원자단위 이미징을 통해 나노미터 단위의 유전분극 불균일성의 존재를 입증함. ● 수 나노미터 이하의 SrTiO3 박막에서 상온 강유전성이 반대로 발현되는 현상을 최초로 발견. (비전 부합성) ● (혁신성) 보통의 크기 효과와 정반대의 강유전성 상전이 현상을 최초로 구현함. ● (선도성) 흥미로운 상전이 관련 연구의 초석이 될 수 있을 것으로 기대함. 또한 나노미터 단위에서 더 향상되는 기능성을 발견하였기 때문에, 더 우수한 성능을 보이는 나노 소자의 개발에 활용될 수 있을 것으로 기대함. 148회 인용 (Google Scholar).							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
41				박막 물리	저널논 문		
						sostructura meta insu ator transition in VO2	
						SC ENCE (F 41.063)	
						362(6418), 1037	URL입력
							https://science.sciencemag.org/content/362/6418/1037
						2018	
						10.1126/science.aam9189	
(배경) ● 도체 절연체 상전이는 결정 구조 상전이를 수반한다고 알려져 있었음. ● 결정 구조 상전이의 공존은 도체 절연체 상전이에 대한 연구를 어렵게 만들 뿐 아니라 이를 활용한 전자 소자의 속도를 느리게 하고 수명을 짧게 하는 문제가 있음. (창의성) ● 복합 물질의 준안정 상태를 이용하면, 결정 구조 상전이를 동반하지 않는 도체 절연체 상전이 현상을 구현할 수 있다는 독창적 가능성을 제시하고 이를 최초로 구현함. (전공분야 기여) ● 기존에 잘 알려진 도체 절연체 상전이 물질 VO2의 준안정 상태를 이론 계산을 통해 예측하고 준안정 상태가 안정화될 수 있는 특정 이종구조를 이론적으로 설계함. ● 설계한 이종구조를 실험적으로 합성하여, 도체 절연체 상전이가 동일한 결정 구조에서 발생할 수 있음을 최초로 보임. (비전 부합성) ● (혁신성) 결정 구조 상전이를 동반하지 않는 도체 절연체 상전이 현상을 최초로 구현함. ● (선도성) 복합 물질에서 준안정 상태를 적극적으로 이용하는 새로운 상전이 관련 연구 방향을 제시함. 도체 절연체 상전이 관련 전자 소자의 구동 속도와 안정성을 극대화할 수 있고 혁신적 소자 응용 가능성이 기대됨.							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
42				박막 물리	저널논문		
						Sharpened VO2 phase transition via controlled release of epitaxial strain	
						NANO LETTERS (IF 12.279)	
						17(9), 5614	URL입력
							https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.nanolett.7b02482
						2017	
						10.1021/acs.nanolett.7b02482	
(배경) ● 도체 절연체 상전이를 이용하면 혁신적인 전자 소자 개발이 가능함. ● 전자 소자에는 보통 박막 형태 물질이 사용되는데, 도체 절연체 상전이가 약화되는 문제가 있음. (창의성) ● 박막에서의 도체 절연체 상전이 약화 현상을 구조 결함 때문으로 추정되어 왔으나, 본 연구에서는 구조 결함의 종류에 따라 그렇지 않을 수 있다는 가능성을 제시함. ● 도체 절연체 상전이 특성에 큰 영향을 주지 않는 구조 결함들에 대해 선택적으로 제어함. (전공분야기여) ● 도체 절연체 상전이 물질 VO2의 박막에서, 내부 구조 결함들이 어떻게 도체 절연체 상전이 현상에 영향을 주는지 밝혀냄. ● 박막 내부 구조 결함들을 선택적으로 제어하고, 덩어리 시료 수준으로 극대화된 도체 절연체 상전이 현상을 박막 상태에서 구현함. (비전부합성) ● (혁신성) 박막 상태에서도 도체 절연체 상전이를 뚜렷이 구현할 수 있음을 보임. 35회 인용 (Google Scholar). 인용도 상위 7% (SciVal). ● (선도성) 복합 물질의 도체 절연체 상전이 현상에 대한 새로운 연구 방향을 제시하고 구조 결함과 도체 절연체 상전이 현상 간의 상관관계를 밝혀내 향후 관련 소자 개발에 대한 가이드라인을 제시함.							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
43				생물 물리	저널논 문		
						Cascading MutS and MutL sliding c amps contro DNA diffusion to activate mismatch repair	
						NATURE (F 43.07)	
						539(7630), 583	URL입력
							https://www.nature.com/artic es/nature 20562
						2016	
						10.1038/nature20562	
						(배경) ● DNA 손상은 대장암과 같은 각종 질병의 원인으로 전통적인 생물학 및 생화학 연구의 오래된 주제임. ● 손상된 유전정보를 스스로 인식하고 복원하는 단백질 효소들 간의 상호작용과 복구 메커니즘에 대해 지난 30여년 동안 다양한 주장과 논쟁이 이어져 옴. (창의성) ● 본 연구에서는, 기존의 양상을 평균에 의한 방법론 대신, 개별 생체분자의 움직임을 나노미터 정확도로 추적할 수 있는 단일분자 이미징 기술을 이용하여 동역학적 난제를 해결. (전공분야 기여) ● 오류 복구에 관여하는 단백질의 복합체가 화학적 에너지 없이 물리적인 확산운동만을 통해 DNA 나선을 따라서 이동하여 타겟을 인식한다는 완전히 새로운 사실을 규명함. ● 본 연구에서 개발된 단일분자 이미징 및 분석 방법은 DNA 오류 염기쌍 복구 과정에서 아직 밝혀지지 않은 문제들에 적용될 수 있음. (비전 부합성) ● (혁신성) 양상을 평균에 기반한 기존 연구 방법으로는 해결할 수 없었던 문제를 단일분자 이미징 기술을 이용해 개별 생체분자를 관측해 해결. 국내 의생명과 학자 설문조사에서 2016년 국내 바이오분야 연구성과 TOP 5로 선정됨 (기초학술부분). ● (선도성) 세계적 프론티어 연구의 미해결된 핵심 난제들을 해결할 플랫폼을 제공.	

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
44				생물 물리	저널논 문		
						MutL s iding c amps coordinate exonuc ease independent Escherichia co i mismatch repair	
						NATURE COMMUN CAT ONS (F 11.878)	
						10,5294	URL입력
							https://www.nature. com/artic es/s41467 019 13191 5
						2019	
						10.1038/s41467 019 13191 5	
						(배경) ● DNA 오류 염기쌍의 복구는 생물물리분야의 중요 문제이나 그 과정에 대한 미시적인 이해는 미흡함. ● 기존 이해에서는 헬리케이스 효소가 염기쌍 사이의 결합을 끊어 DNA를 일부 풀고, 이 부분의 핵산을 핵산분해효소(Exonuc ease)가 분해하는 과정을 반복 해 염기쌍 복구가 이루어진다고 추정해 왔음. (창의성) ● 본 연구에서는 단일분자 기술을 개발하여 기존의 양상블 평균 실험 방법보다 높은 정밀도로 DNA 오류 염기쌍 복구과정을 실시간 관찰. ● 새로운 단일분자 기술을 적용하여, DNA 오류 염기쌍 복구과정이 기존에 받아들여 진 것과 다르게 핵산분해효소 없이 일어날 수 있음을 보임. (전공분야 기여) ● 오류 염기쌍을 인식하는 MutS 단백질에 의해 MutL 단백질이 DNA 가닥에 로딩되면, MutL가 헬리케이스와 결합해서 DNA 가닥을 푸는 능력을 약 10배 향상 시킴을 규명. ● 수십 개의 염기쌍 결합만 끊을 능력이 있는 헬리케이스가 핵산분해효소 없이 길이가 보통 수백 염기쌍의 DNA에 있는 오류를 제거하는 과정을 관찰. (비전 부합성) ● (혁신성) 새로운 단일분자 기술을 적용하여, DNA 오류 염기쌍 복구과정이 기존에 받아들여진 것과 다르게 핵산분해효소 없이 일어날 수 있음을 보임.	

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
45				생물 물리	저널논 문		
						DNA skybridge: 3D structure producing a light sheet for high throughput single molecule imaging	
						NUCLEIC ACIDS RESEARCH (Feb 11.147)	
						47(18), e107	URL입력
							https://academic.oup.com/nar/article/47/18/e107/5538009
						2019	
						10.1093/nar/gkz625	
(배경) ● DNA 가닥을 따라 움직이는 단백질의 1차원 운동을 통하여 많은 생명현상이 일어남. ● DNA 가닥 위 단백질의 1차원 운동 관측은 대부분의 경우, 챔버의 표면 근처에서 이루어지기 때문에 표면과의 상호작용 및 표면으로부터 나오는 강한 신호잡음으로 이미징에 한계가 있음. (창의성) ● 본 연구에서는 이미징 챔버의 표면에 3차원 구조를 도입하여 표면 상태와 관계없이 개별 단백질을 이미징 할 수 있는 새로운 단일분자 기술 DNA skybridge’를 개발함. (전공분야 기여) ● DNA Skybridge’기법으로 DNA를 챔버 표면에 충분히 떨어져 배치하여 표면의 비특이적 결합 영향을 배제할 수 있음을 실증. ● 특정 각도의 빛을 입사시켜 하는 DNA의 위치에 얇고 강한 광 시트(Beam Sheet)를 만들어, 기존보다 수백 배 많은 숫자의 단분자 움직임을 관찰 가능. (비전 부합성) ● (혁신성) 표면의 상태에 민감한 기존 이미징 방법의 한계를 극복하였으며, 레이저 빛의 스캐닝 없이 넓은 영역에 걸쳐 단일분자 이미징이 가능해짐. 기존의 단일분자 기술을 대체할 수 있을 것으로 기대됨.							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
46				중시 물리	저널논 문		
						ntrinsic spin and orbital Hall effects from orbital texture	
						PHYSICAL REVIEW LETTERS (February 9, 2017)	
						121(8), 86602	URL입력
							https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRevLett.121.086602
						2018	
						10.1103/PhysRevLett.121.086602	
						(배경) ● 스핀 홀 효과는 물질에 전기장을 가했을 때 전기장 수직 방향으로 스핀 전류가 흐르는 현상. ● 강한 스핀 홀 효과는 새로운 메모리 및 로직 소자를 구현할 수 있어 이를 위한 많은 실험이 진행 중이나 스핀 홀 효과의 근본원리에 대한 이해가 깊지 않음. (창의성) ● 기존 연구는 스핀 홀 효과 크기가 스핀 궤도 결합 크기에 의해 결정한다고 추정되어 왔으나 본 논문은 스핀 궤도 결합 외에 오비탈 (Orbital) 자유도가 스핀 홀 효과 크기를 좌우하는 주요 요인임을 확립. (전공분야 기여) ● 스핀 궤도 결합이 약하거나 아예 없더라도 궤도 자유도가 각운동량을 가지고 흐르려는 경향성이 있음을 밝힘. ● 스핀 궤도 결합이 약한 일부 물질에서 발견된 큰 스핀 홀 효과에 대한 원인을 규명. (비전 부합성) ● (혁신성) 궤도 각운동량 흐름이 스핀 홀 효과의 근본 원인임을 밝힘. ● (선도성) 궤도 자유도 변조를 통해 스핀 홀 효과를 더 강화시킬 수 있는 가능성을 학계에 제시. 28회 인용 (Google Scholar).	

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
47				중시 물리	저널논 문		
			Strain engineering of the Berry curvature dipole and valley magnetization in monolayer MoS2				
			PHYSICAL REVIEW LETTERS (February 9, 2019)				
			123(3), 036806			URL입력	
						https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRevLett.123.036806	
			2019				
			10.1103/PhysRevLett.123.036806				
(배경) ● 선형 응답 (Linear Response) 이론을 비선형 응답으로 확장하려는 시도가 학계에서 진행 중. ● 비선형 응답의 경우 시간 대칭성이 깨지지 않아도 홀 전류가 가능하다는 이론이 최근에 보고되었음. 이는, 시간 대칭성이 깨져야 홀 전류가 생길 수 있다는 기존 상식을 깨는 결과임. (창의성) ● 비선형 응답에 대한 연구가 수학적 방법론에 크게 의존하므로 물리적 직관을 통한 이해가 부족함. ● 본 연구에서는 비선형 홀 효과를 일으키는 원인으로 지목된 베리 곡률 쌍극자 (Berry Curvature Dipole) 개념을 직관적으로 이해할 수 있는 방법 모색. (전공분야 기여) ● 비선형 홀 효과가 생기는 대표적인 물질인 MoS2에 대한 이론, 실험공동 연구를 통해 MoS2에 가해진 스트레인(Strain)에 따른 베리 곡률 쌍극자 값 변화가 밸리 자기모멘트 (Valley Magnetization) 변화와 일치함을 확인. (비전 부합성) ● (혁신성) 비선형 홀 효과를 두 가지 선형 효과의 조합으로 이해할 수 있음을 밝힘. 즉, 선형 응답인 밸리 자기화가 시간 대칭성을 깨고 여기에 또 다른 선형 응답인 홀 효과가 합쳐져서 비선형 홀 효과 형성. 이런 직관적 이해는 비선형 응답 이론 발전에 기여할 것으로 예상됨.							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
48				중시 물리	저널논 문		
						Angular dependence of spin orbit spin transfer torques	
						PHYSICAL REVIEW B (F 3.736)	
						91(14), 144401	URL입력
							https://journals.aps.org/prb/abstract/10.1103/PhysRevB.91.144401
						2015	
						10.1103/PhysRevB.91.144401	
						(배경) ● 스핀 궤도 토크는 스핀 궤도 결합을 이용해 높은 효율의 스핀 토크를 발생시키는 기술. ● 스핀 궤도 토크의 효율을 높이기 위한 연구들이 진행 중이나 스핀 궤도 토크의 원인으로 제안된 메커니즘 들을 실험에서 구별하기 어려워 메커니즘에 대해 많은 논란이 있음. ● 스핀 궤도 토크의 발생 위치가 계면과 물질 내부로 각각 다른 경우는 각각의 두께 의존성을 통해 두 작동원리의 기여도를 구별하려는 시도가 많음. (창의성) ● 본 논문에서는 계면 라쉬바 스핀 궤도 결합에 기반한 두 메커니즘인 에델스타인 효과(Ede stein Effect)와 베리 곡률 (Berry Curvature) 효과를 스핀 궤도 토크의 각도 의존성을 통해 구별할 수 있음을 이론적으로 확인. (전공분야 기여) ● 두께 의존성으로 구별 불가능한 계면 스핀 궤도 토크의 주요 원인을 실험적으로 확인할 수 있는 새로운 방법론 제안. (비전 부합성) ● (혁신성) 본 논문에서 예측한 각도 의존성이 스핀 궤도 토크를 구별하는 방법으로 여러 실험에서 활용. 64회 인용 (Goog e Scho ar). 인용도 상위 4% (SciVa).	

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
49				생물 물리	저널논 문		
						Protein crowding in lipid bilayers gives rise to non Gaussian anomalous lateral diffusion of phospholipids and proteins	
						PHYSICAL REVIEW X (Feb 12.211)	
						6(2), 21006	URL입력
							https://journals.aps.org/prx/abstract/10.1103/PhysRevX.6.021006
						2016	
						10.1103/PhysRevX.6.021006	
						(배경) ● 생체 세포막은 단백질과 인지질로 구성된 이중막으로 세포막의 유동적 성질은 생명 현상을 가능하게 해주는 전제조건. ● 세포막을 이루는 단백질과 인지질이 어떠한 확산 동역학을 따르는가에 대한 연구는 이 분야 핵심과제로 수십 년간 다양한 연구가 진행되었으나 살아있는 세포막에서의 동역학은 여전히 미지의 영역. (창의성) ● 본 논문에서는 세포막에 대한 분자 동역학 시뮬레이션을 기반으로 하여 실제 세포처럼 단백질이 세포막에 고농도로 존재하는 조건에서 세포막 동역학을 연구. (전공분야 기여) ● 단백질의 분포가 인지질/단백질의 확산 동역학을 결정하는 중요한 인자임을 발견함. ● 고농도의 단백질은 인지질의 비정상 확산운동이 유지되는 시간을 1000배 증가시킬 뿐 아니라 비정상 확산의 특성도 바꾸어 놓아, 세포막내 확산이 시공간적으로 불균질한 비 가우시안 (Non Gaussian) 비정상 확산임을 보이고 이를 물리적으로 규명함. (비전 부합성) ● (혁신성) 실제 세포막 내 확산 현상이 세포막 구조의 복잡성과 시공간적 불균질성에 의존해 변화할 수 있다는 중요한 발견을 제시하였으며 세포막 동역학의 정량적 모델링의 초석을 제공. 140회 인용 (Google Scholar). 인용도 상위 1% (SciVal).	

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
50				생물 물리	저널논 문		
						Neurona messenger ribonuc eoprotein transport fo ows an aging Levy wa k	
						NATURE COMMUN CAT ONS (F 11.878)	
						9, 344	URL입력
							https://www.nature. com/artic es/s41467 017 02700 z
						2018	
						10.1038/s41467 017 02700 z	
						(배경) ● 메신저 RNA 콤플렉스(mRNP)는 뉴런의 발달 과정과 뇌의 장기 기억 형성 등에 필요한 유전자들을 발현/조절하는데 중요한 역할을 한다고 알려짐. ● 메신저 RNA 콤플렉스가 뉴런 세포 내에서 어떻게 수송되고 특정 위치를 찾아가는가를 이해하는 일은 현재 뉴런 분야의 핵심 주제로 뉴런의 기억 저장 메커니즘을 이해하는데 중요한 단초를 제공할 것이라 보고 있음. (창의성) ● mRNP 수송 동역학이 통상적인 모터 단백질에 의한 능동적 수송과는 차별되는 노화가 존재하는 슈퍼확산(Super Diffusion)임을 최초로 보고. (전공분야 기여) ● 이 논문은 단분자 실험과 이론적 모델 연구를 병행하여 신경세포 mRNP 입자의 능동적 수송에 대한 동역학적 특성을 규명. ● mRNP 슈퍼확산을 기술하는 정량적 모델을 개발하여 분야에 처음으로 소개. (비전 부합성) ● (혁신성) 이번 연구는 신경세포 mRNP 수송을 정량적으로 기술하는 이론적 모델을 구축했다는 것에 큰 의의가 있으며 생체 입자의 타깃 찾기 과정 메커니즘을 이해하는 열쇠를 제공할 것으로 기대. 38회 인용 (Goog e Scho ar). 인용도 상위 4% (SciVa).	

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
51				생물 물리	저널논 문		
						Mapping the spectrum of 3D communities in human chromosome conformation capture data	
						SC ENT F C REPORTS (F 4.011)	
						9, 6859	URL입력
							https://www.nature.com/artic es/s41598 019 42212 y
						2019	
						10.1038/s41598 019 42212 y	
						(배경) ● 세포핵 내부에 있는 인간염색체의 구조 및 동역학은 생명활동의 부산물이라기보다 그 자체가 유전자 전사와 발현 과정에 관여하고 있다는 것이 최근 여러 실험을 통해 추정됨. ● 염색체의 3차원 구조는 그동안 미지의 영역으로 알려져 왔으나 2010년 Hi C 실험기법이 개발됨에 따라 정량적 연구가 가능한 분야가 되었고, 현재 생물물리와 생물학의 핵심 문제로 부상 중. (창의성) ● Hi C 데이터는 염색체의 모든 로커스 사이의 접촉 빈도를 보여주는 2차원 지도인데 이를 일종의 복잡계 네트워크로 모델링할 수 있음을 밝힘. ● 네트워크의 커뮤니티 분석 기법을 활용하여 인간염색체의 커뮤니티를 추출하는 방법론을 개발하고 실제 Hi C 데이터와 시뮬레이션 데이터에 적용함. (전공분야 기여) ● Hi C 데이터에서부터 염색체의 3차원 구조에 대한 정보를 얻는 새로운 분석 기법을 제시. ● 인간염색체의 구조와 이를 관장하는 단백질 사이의 관계를 규명하는 향후 연구에 중요한 기초 지식을 제공할 것이라 기대됨. (비전 부합성) ● (혁신성) 이 논문에서 도입한 커뮤니티 개념과 네트워크 분석 방법론은 인간염색체 구조에 대한 새로운 시각을 제공. 분석 코드를 공개해서 Hi C 실험을 하는 연구자들이 쉽게 활용할 수 있게 함.	

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
52				에너지 지체 /전자 구조	저널논문		
						Higher order topological insulator in twisted bilayer graphene	
						PHYSICAL REVIEW LETTERS (February 9, 2019)	
						123(21), 216803	URL입력
							https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRevLett.123.216803
						2019	
						10.1103/PhysRevLett.123.216803	
						(배경) ● 2차원 고차 위상 물질은 모서리에서 위상학적 특징이 발현되는 신 물질임. ● 뒤틀린 (Twisted) 그래핀은 그래핀 2장이 서로 일정한 각도로 틀어져 만들어진 물질계로 다채로운 강상관계 현상 발현으로 최근 많은 주목을 받고 있음. (창의성) ● 뒤틀린 그래핀의 위상학적 특성은 체계적으로 다루어진 적 없으나 본 연구에서 이를 제일 원리 계산과 위상학 분석을 통해 최초로 밝혀냄. ● 특정 각도 뿐 아니라 모든 뒤틀린 그래핀이 2차원 고차 위상 상태임을 증명함. (전공분야 기여) ● 현재까지 2차원 고차 위상 상태를 구현하는 실험 혹은 실험에서 구현 가능한 물질은 없었는데, 모든 뒤틀린 그래핀이 2차원 고차 위상 물질임을 증명 ● 실험적으로 이미 존재하는 뒤틀린 그래핀이 2차원 고차 위상 물질임을 증명함. (비전 부합성) ● (혁신성) 고차 위상 물질 연구를 활성화하고 뒤틀린 그래핀의 위상학적 흥미로움을 증명함. 해당 성과는 Physica Review Letters의 Editoria suggestion에 선정되고, Nature Review Physics에서 Highlight됨.	

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용						
						대표연구업적물의 우수성						
53				에너지 지체 /전자 구조	저널논문							
						Anoma y manifestation of Lieb Schu tz Mattis theorem and topo ogica phases						
						PHYS CAL REV EW B (F 3.736)						
						96(19), 195105	URL입력					
							https://journa s.ap s.org/prb/abstract/10.1103/PhysRevB.96.195105					
						2017						
						10.1103/PhysRevB.96.195105						
						(배경) ● 양자 이상 (Anoma y) 현상은 위상학적 물질을 분류하는 수학적 개념. ● Lieb Schu tz Mattis 정리(Theorem)는 물질계 크기와 입자의 수에 따라 언제 분수화된 위상학적 양자 상태가 발현 가능한지 알려주는 수학적 정리임. (창의성) ● 기존 연구는 위상 물질과 Lieb Schu tz Mattis 정리의 상호 관계에 대해 이해가 된 바 없으나, 본 연구에서는 Lieb Schu tz Mattis 정리가 위상학적 물질 상태의 양자 이상으로 설명 가능함을 수학적으로 증명함. (전공분야 기여) ● Lieb Schu tz Mattis 정리가 의미하는 것이 격자 물질이 가진 양자 이상 현상을 나타냄을 밝혀냄. ● 추가적으로 이를 활용하여 안정적인 새로운 위상학적 1차원 금속 상태들을 제안하고 격자 모델을 설계함. (비전 부합성) ● (선도성) Lieb Schu tz Mattis 정리에 대한 깊은 이해를 통해 유용한 위상 물질 상태와 새로운 위상학적 금속 상태들의 격자 모형의 탐색을 가능케 할 것으로 기대됨. 특히 분수화된 위상 상태의 탐색은 양자 컴퓨터의 구현에 도움을 줄 수 있음. ● 37회 인용 (Goog e Scho ar). 인용도 상위 9% (SciVa).						

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
54				에너지 저널 /전자 구조	저널논문		
						Topo o gica phases protected by ref ection symmetry and cross cap states	
						PHYS CAL REV EW B (F 3.736)	
						91(19), 195142	URL입력
							https://journa s.ap s.org/prb/abstract/10.1103/PhysRevB.91.195142
						2015	
						10.1103/PhysRevB.91.195142	
						(배경) ● 크로스 캡 (Cross Cap) 상태는 공간/시간 반전 대칭성의 게이지 이론'과 동일. ● 공간/시간 반전 대칭성으로 보호 받는 위상 물질은 기존 자유 전자 이론으로 분류될 수 없어 새로운 분류법이 요구됨. (창의성) ● 크로스 캡 상태를 이용하여 공간/시간 반전 대칭성이 가질 수 있는 양자 이상 현상을 분류할 수 있음을 밝혀냄. 그리고 이런 분류를 통해 반전 대칭성으로 구현 되는 위상 물질 상태를 분류할 수 있음을 최초로 밝혀냄. (전공분야기여) ● 본 연구에서는 크로스 캡 상태를 활용하여, 반전 대칭성으로 보호 받는 강상 위상 물질을 체계적으로 분류함. ● 이를 통해 기존에 알려지지 않았던 새로운 다양한 위상 상태들을 발견하고, 이들의 가장자리 상태 이론을 찾아냄. (비전부합성) ● (혁신성) 반전 대칭성으로 구현되는 위상 물질 상태를 최초로 체계적 분류. ● (선도성) 반전 대칭성을 활용한 위상 물질 탐색은 이루어지지 않았으나, 본 연구진 연구 결과로 반전 대칭 위상 물질 연구를 하는 일반적 방법론이 제시됨. 향후 반전 대칭 위상 물질 연구가 활성화 됨. ● 32회 인용 (Goog e Scho ar). 인용도 상위 10% (SciVa).	

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
55				에너지/전자 구조	저널논문		
						Band structure engineering of topological insulator heterojunctions	
						PHYSICAL REVIEW B (F 3.736)	
						93(7), 75308	URL입력
							https://journals.aps.org/prb/abstract/10.1103/PhysRevB.93.075308
						2016	
						10.1103/PhysRevB.93.075308	
(배경) ● 위상부도체는 고체의 대칭성에 의해 보호되는 전도채널을 가진 특이한 물질. ● 서로 다른 위상(Topology)을 갖는 물질의 이종접합체를 이용한 소자 개발을 위해 많은 연구가 진행 중이나 그 기작에 대한 이해는 부족한 상황. (창의성) ● 서로 다른 위상을 갖는 물질을 접합시켰을 때 전도채널의 변화에 대해 명확한 구분이 이루어지지 않았는데, 본 연구에서는 제일원리와 모델 계산을 통해 전도채널의 변화를 엄밀히 추적하여 위상 변화를 밝힘. (전공분야 기여) ● 3차원 위상부도체와 2차원 물질을 결합하여 제일원리 및 모델 계산 방법을 제시. ● 두 물질의 결합 강도에 따라 전도채널이 최상층 표면으로 이동하는 것과, 두 물질의 일함수 차이가 얼마인지에 의해 전도채널의 위치가 결정됨을 밝힘. (비전 부합성) ● (선도성) 본 연구는 위상이 다른 두 물질의 이종결합 특성을 밝히고 위상 특성, 전도채널의 발현을 일함수를 통해 조절할 수 있음을 보이고, 위상물질을 이용한 소자 개발에 중요한 이론적 근거를 마련. ● 22회 인용 (Google Scholar). 인용도 상위 14% (SciVal).							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
56				에너지 저널 /전자 구조	저널 논문		
						Quantum anomalous Hall and quantum spin Hall phases in flattened Bi and Sb bilayers	
						SCIENTIFIC REPORTS (IF 4.011)	
						5,8426	URL입력
							https://www.nature.com/articles/srep08426
						2015	
						10.1038/srep08426	
						(배경) ● 저차원 물질계의 특이 위상상태 연구는 전 세계적으로 큰 관심을 끌고 있음. ● 위상특성이 극대화되어 발현되는 저차원계의 양자 스핀홀과 비정상 양자홀 효과에 대해 많은 연구가 진행 중이나 적합한 물질에 대해서는 아직 논란 중. (창의성) ● 양자 스핀홀과 비정상 양자홀 구현을 위해서는 스핀 궤도 상호작용과 자기모멘트를 동시에 조절해야만 하나, 이 두 양을 저차원 물질계에서 조절하기 어려움. 본 연구에서는 화학적 변조를 통해 이를 조절할 수 있음을 제일원리 계산으로 밝힘. (전공분야 기여) ● 2차원 Bi, Sb 이종층(Bilayer)에 수소, 불소, 질소를 화학적으로 결합시켜 위상 상태를 바꿀 수 있음을 보임. ● 수소 흡착의 경우 Bi와 Sb 이종층은 단순 양자스핀홀 상태에서 케인 멜레 (Kane Mele) 타입의 양자 스핀홀 상태로 변화가 일어나고, 질소 흡착의 경우 자기 모멘트가 형성되어 비정상 양자홀 상태가 나타남을 밝힘. (비전 부합성) ● (선도성) 화학적 변조를 통해 새로운 위상특성을 갖는 2차원 물질계를 구현할 수 있는 이론적 토대를 마련하고, 이를 통해 저차원 양자소자와 양자컴퓨터 소자에 적합한 물질 설계에 기여. ● 65회 인용 (Google Scholar). 인용도 상위 9% (SciVal).	

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
57				에너지 저장 구조	저널 논문		
						A first principles study of a ka i meta decorated graphyne as oxygen to erant hydrogen storage media	
						CARBON (F 7.466)	
						81, 418	URL입력
							https://www.science direct.com/science/ artic e/pii/S0008622 314009397?via%3Di hub
						2015	
						10.1016/j.carbon.2014.09.074	
						(배경) ● 수소 에너지 활용을 위한 적합한 수소 저장체 개발은 수십 년 동안 연구가 진행되었으나 여전히 적당한 해법이 존재하지 않음. ● 수소 저장체 개발 난관 중 하나가 저장 물질의 산화이며, 이를 원자수준에서 이해하고 해결하는 이론적 토대가 요구됨. (독창성) ● 본 연구에서는 기존 방법의 문제를 해결하기 위해 Li이 분산된 Graphyne을 제시함. 제일원리 계산을 통해 Li이 분산된 Graphyne이 알카리 금속이 도포된 그래핀보다 수소 저장과 금속 산화 방지 측면에서 우수함을 규명. (전공분야 기여) ● 산소가 금속원자와 결합하는 특성을 분자 오비탈 수준에서 분석하여 이를 방지하는 이론적 근거를 마련. 특히 스트레인을 인가하여 분자 오비탈 준위를 조절하는 방법 또한 제시. (비전 부합성) ● (선도성) 수소 저장체 개발은 기후, 에너지 분야의 핵심 사안인데, 이 연구는 저장체 개발에서 발생하는 산화 문제와 저장용량 향상의 이슈를 해결하는데 큰 기여를 함.	

② 참여교수 국제저명학술지 논문의 우수성 (별도 제출/ 평가)

<표 3-3> 최근 5년간 전체 참여교수 논문 환산 편수, 환산보정 피인용수(FWCI),
환산보정 IF, 환산보정ES

구분		최근 5년간 실적					전체기간 실적
		2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	
논문 편수	논문 총 편수	82	107	81	89	78	437
	논문의 환산 편수의 합	20.6712	21.9701	17.6633	22.6953	18.0066	101.0065
	참여교수 1인당 논문 환산 편수						5.3161
피인용수	보정 피인용수(FWCI) 값이 있는 논문의 총 편수	81	107	81	89		358
	보정 피인용수(FWCI) 합	195.1109	179.5041	125.6027	105.9912		606.2089
	환산보정 피인용수(FWCI) 합	44.9724	35.2004	24.9968	22.9749		128.1445
	논문 1편당 환산보정 피인용수(FWCI)						0.3579
	참여교수 1인당 환산보정 피인용수(FWCI) 합						6.7444
Impact Factor (IF)	IF=0이 아닌 논문 총 편수	82	107	81	89	78	437
	IF의 합	656.7	789.556	576.354	563.732	466.444	3052.786
	환산보정 IF의 합	13.024	12.7486	11.078	10.561	9.3859	56.7974
	논문 1편당 환산보정 IF						0.1299
	참여교수 1인당 환산보정 IF 합						2.9893
Eigenfactor Score (ES)	ES=0이 아닌 논문 총 편수	82	107	81	89	78	437
	ES의 합	35.0444	46.4329	26.1042	28.177	26.6528	162.4113
	환산 보정 ES의 합	57.8709	57.9258	40.1626	49.3221	46.0642	251.3456
	논문 1편당 환산보정 ES						0.5751
	참여교수 1인당 환산보정 ES 합						13.2287
참여교수 수						참여교수 수 = 19명	

<표 3-3-1> 최근 5년간 건축분야 건축학전공 참여교수 논문 및 저서 환산 편수
(별도 제출/평가)

구분	최근 5년간 실적					전체기간 실적
	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	
연구재단 등재(후보)지 논문 환산편수	0	0	0	0	0	0
국제저명학술지 논문 환산편수	0	0	0	0	0	0
기타국제학술지 논문 환산편수	0	0	0	0	0	0
국어 학술저서 환산편수	0	0	0	0	0	0
외국어 학술저서 환산편수	0	0	0	0	0	0
저서 또는 논문 총 환산 편수	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
참여교수 1인당 저서 또는 논문 환산 편수						0
참여교수 수						

③ 참여교수 저서, 특허, 기술이전, 창업 등 실적의 우수성

<표 3-4> 최근 5년간 참여교수 저서, 특허, 기술이전, 창업 실적 등

연 번	참여교 수명	연구자 등록번호	세부전 공분야	실적 구분	저서, 특허, 기술이전, 창업 상세내용	증빙
	저서, 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성					
1			플라스 마물리	특허		
					Photon generator using frequency comb and nanoplasmonic technology and generating method thereof	
					미국	URL입력
					US 10,061,180 B2	
					2018	
(배경) ● 나노 과학 및 기술의 발전으로 고도의 정밀도 측정에 대한 요구가 꾸준히 있어왔음. 주파수 빔 (Frequency Comb) 및 나노플라즈모닉스 기술을 이용한 정밀도 향상 연구가 이어져오고 있음. (창의성) ● 원자 시계(Atomic Clock)에 안정화된 광 주파수를 이용하여 표면 플라즈몬을 유도하고 이를 플라즈모닉스 기술에 접목하여 기존에 활용되어 오던 다양한 센서의 측정 기술 정밀도를 크게 향상시킴. (전공분야 기여) ● 안정화된 광 주파수 기술을 제공함. (산업 기여) ● 본 발명은 바이오 센서 및 SPR (Surface Plasmon Resonance) 센서, 기타 표준 광측정 기술에 적용 가능함. (비전 부합성) ● (혁신성) 안정화된 광 주파수를 이용하여 표면 플라즈몬을 유도하는 원리로 광자 발생기 및 이를 포함한 초정밀 센서를 개발. (업적 산출시 기여 사항) ● 플라즈모닉 기술 과학 분야의 김승철 박사와 협업. 안정화된 주파수 빔 제공.						

연번	참여교수명	연구자등록번호	세부전공분야	실적구분	저서, 특허, 기술이전, 창업 상세내용	증빙
	저서, 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성					
2			플라스마물리	특허		
					Autocorrelator for the measurement of the pulse width of ultrafast pulse	
					미국	URL입력
					US 9,354,120 B2	
					2016	
					(배경) ● 기존 자체상관기는 간섭계를 이용하기 때문에, 간섭계를 구성하는 많은 수의 거울과 광분할기를 진동을 피하기 위한 특수한 광학테이블 위에 설치해야 해서 복잡함. (창의성) ● 복굴절을 가지는 결정을 이용하여 두 개의 광펄스를 만들어 이차 조화파를 생성하는 방법으로 광학부품의 개수와 부피가 현저히 감소된 자체상관기 개발. ● 이를 통해 펄스지속시간을 용이하게 측정할 수 있음. (전공분야 기여) ● 자체상관신호를 발생시켜 측정하는 극초단 펄스 발생 및 측정에 관한 기술 제공. (산업기여) ● 기존 방식에 비해 크기가 현저히 줄고 진동에 민감하지 않아서 정밀한 측정이 가능한 기술 제공. (비전부합성) ● (혁신성) 극초단에서 발생하는 현상을 관측하려면 극초단 펄스의 시간폭을 정확하게 측정해야 하는데, 본 발명에 기반한 자체상관기는 초소형이고 진동에 대해 안정적으로 시간폭을 측정할 수 있음. (업적 산출시 기여 사항) ● 극초단 펄스 발생 및 측정 기술 제공.	

연 번	참여교 수명	연구자 등록번호	세부전 공분야	실적 구분	저서, 특허, 기술이전, 창업 상세내용	증빙
	저서, 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성					
3			광과학	특허		
					넓은 파장 영역에서 분배 비율의 조절이 가능한 실리콘 칩 타입의 광 분배기	
					대한민국	URL입력
					10-1844987	
					2018	
					(배경) ● 넓은 파장 영역에서 두 광의 분배 비율이 변하지 않으며 분배 비율을 원하는 값으로 조절할 수 있는 광 분배기는 실리콘 포토닉스 분야에서 중요한 광요소 중 하나임. (창의성) ● 기존의 광 분배 방법은 광 손실이 있으며 분배 비율을 바꾸기 어려우며 파장에 따른 분배 비율이 다르며 광 분배기의 크기도 크다는 단점이 있음. ● 모드의 크기를 점진적으로 변화시켜 손실을 줄이며 모드 간격을 조절하여 원하는 분배 비율을 갖으면서 넓은 파장 영역에서 분배 비율이 변하지 않는 소형 분배기를 제안함. (전공분야 기여) ● 광도파로(Optical Waveguide)의 크기가 줄어드는 구간을 활용하여 크기가 작으며 넓은 파장 영역에서 분배 비율이 변하지 않으며 분배 비율을 원하는 값으로 조절할 수 있는 새로운 디자인 제시. (산업 기여) ● 본 발명은 광통신, 양자광학 실험 및 양자 컴퓨팅 등에서 다양하게 활용될 수 있음. (비전 부합성) ● (혁신성) 기존의 방식과 다르게 분배비율 조절성과 넓은 대역, 낮은 손실을 모두 만족하는 디자인을 제안함. (업적 산출시 기여 사항) ● 교수는 지도학생인 학생과 함께 광도파로 전산모사를 수행.	

연 번	참여교 수명	연구자 등록번호	세부전 공분야	실적 구분	저서, 특허, 기술이전, 창업 상세내용	증빙
	저서, 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성					
4			광과학	특허		
					1.5 μm 이하의 직경 구간이 길고 균일한 광 섬유유 제조 방법	
					대한민국	URL입력
					10-2050060	
					2019	
(배경) ● 수 μm 내지 수백 nm의 직경을 가지는 나노 및 마이크로 광섬유는 비선형 효과가 강하므로 빛과 물질의 상호 작용을 연구하고 이를 응용하는데 도움이 됨. (창의성) ● 일반적인 플레임 브러싱 (Flame Brushing) 방법으로 만들 수 없는, 두께가 일정한 중앙부를 수십 cm 길이까지 제조할 수 있는 방법을 제시함. (전공분야 기여) ● 수 μm 내지 수백 nm 이하의 얇은 두께를 가지는 광섬유를 중앙부 길이 50 cm 이상으로 길게 제조할 수 있음. ● 광섬유 내부에서의 내부 손실을 최소화하여 비선형 효과와 양자광원으로 활용이 가능함. (산업 기여) ● 사광파 (Four Wave) 혼합을 이용한 광자쌍 생성이나 다양한 구조의 광도파로와의 결합을 통해 비선형광학, 양자광학 및 광-기계학 분야에 다양하게 응용될 수 있음. (비전 부합성) ● (혁신성) 기존 방식의 경우 수 cm의 길이가 최대이나 본 발명에 의해 수십 cm의 긴 광섬유 제작이 가능해짐. (업적 산출시 기여 사항) ● 광섬유 전문가인 교수와 교수 그룹의 지도학생 학생, 학생, 박사와 비선형/양자광학현상의 전문가인 교수와 지도학생 학생의 협업.						

연번	참여교수명	연구자등록번호	세부전공분야	실적구분	저서, 특허, 기술이전, 창업 상세내용	증빙
	저서, 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성					
5			중시물리	특허		
					선천성 적층형 단결정 물질을 포함하는 적층형 소자 및 그의 제조방법	
					대한민국	URL입력
					10-1564438	
					2015	
(배경) ● 적층형 소자란 절연체, 반도체 또는 금속 등의 물질을 수직방향으로 쌓은 구조를 가지는 소자를 말하며, 그 두께를 수 내지 수백 nm로 얇게 함으로써 크기는 작으면서도 높은 집적도를 필요로 하는 메모리 또는 중앙처리장치와 같은 능동소자 응용에 필수적으로 요구됨. (창의성) ● 본 발명은 선천성 적층형 단결정 물질을 포함한 원자층 단위 두께의 적층형 소자 및 그의 제조방법에 관한 것임. ● 단결정층의 양면에 직접 증착으로 접합된 금속전극이 공기 중에 노출되지 않아 산화되거나 부식되지 않음으로써 소자의 접합 전기 전도도가 높음. ● 간편한 벽개 (Dleaving) 기법을 통해 단결정 물질로서 제조하여 원자 크기의 채널 길이를 갖는 나노 소자의 제조에 응용될 수 있는 적층형 소자 및 그 제조방법을 제공함. (전공분야 기여) ● 벽개 가능한 단결정 물질에서 원자 크기 채널의 수직 양자전도 특성 실험연구방식을 제안. (산업 기여) ● 초고밀도 집적회로를 위한 수직형 아키텍처에 선천성 적층형 단결정 물질의 응용가능성이 열림. (비전 부합성) ● (혁신성) 혁신적인 수직형 나노구조 제작방식을 제공하며, 양자물질의 수직 방향 전도 특성 연구에 활용. (업적 산출시 기여 사항) ● 양자소자제작 및 전도특성 연구 전문가인 교수와 협업.						

연 번	참여교 수명	연구자 등록번호	세부전 공분야	실적 구분	저서, 특허, 기술이전, 창업 상세내용	증빙
	저서, 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성					
6			박막물 리	특허		
					Epitaxial growth of high quality vanadium dioxide films with template engineering	
					미국	URL입력
					US 9,627,490 B1	
					2017	
					(배경) ● 도체-절연체 상전이 현상은 차세대 전자소자 응용의 잠재력을 가지지만, 얇은 박막에서 도체-절연체 상전이 현상이 약화되는 문제가 있음. (창의성) ● 그동안의 한계를 넘어서 도체-절연체 상전이 현상을 박막 물질에서도 덩어리 시료 수준으로 극대화시키는 창의적인 기술 개발. (전공분야 기여) ● 박막 내부의 구조 결함들이 어떻게 도체-절연체 상전이에 영향을 주는지 밝히고, 이러한 이해를 바탕으로 박막 내부 구조 결함들을 템플릿 층을 사용하여 선택적으로 제어하는 기술을 개발. (산업 기여) ● 향후 도체-절연체 상전이에 관련 전자 소자 설계 및 개발에 중요한 역할을 할 것으로 기대. (비전 부합성) ● (혁신성) 구조 결함과 도체-절연체 상전이에 현상 간의 상관관계를 밝혀냄으로써, 도체-절연체 상전이에 큰 영향을 주지 않는 구조 결함의 선택적 제어라는 혁신적 방향을 제시. (업적 산출시 기여 사항) ● 교수와 함께 연구를 설계하고, 이중구조 합성법을 고안하고 실제 박막을 합성.	

연 번	참여교 수명	연구자 등록번호	세부전 공분야	실적 구분	저서, 특허, 기술이전, 창업 상세내용	증빙
	저서, 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성					
7			중시물 리	기술이전		
					자기 메모리 소자	
					삼성전자	URL입력
					80,000천원 (이중 포스텍 지분 33%)	
					2019	
					(배경) ● 자성체를 기반으로 한 메모리 소자인 MRAM이 실용화되면서 다음 세대 MRAM 기술이 개발되고 있음. (창의성) ● 하지만 차세대 MRAM 구조로 제안된 기존 구조에서는 전기적인 방법만으로는 정보 기록이 되지 않고 자기장을 함께 가해야 하는 문제가 있음. 자기장을 가해야 할 경우 소자 집적화가 어려워짐. ● 이전된 기술은 차세대 MRAM의 기존 구조에 반강자성체 층을 적절히 추가하여 외부 자기장 없이 전기적인 방법만으로 정보 기록이 가능한 새로운 구조에 대한 특허임 (대한민국 특허 등록번호 10-1683440 & 출원번호 10-2016-0125429). (전공분야 기여) ● 스핀 전류가 주입되는 강자성체 층이 반강자성체 층과 접합되었을 때 생기는 새로운 현상에 대한 지식 증진. (산업 기여) ● 차세대 MRAM 소자가 외부 자기장 없이 동작할 수 있는 방법을 고안하여 고집적화가 가능하게 됨. (비전 부합성) ● (혁신성) 차세대 MRAM의 기존 구조에는 쓰이지 않았던 반강자성체 층을 도입하여 소자 성능을 향상시키는 방법 고안. (업적 산출시 기여 사항) ● 반강자성체를 활용해 성능 향상을 이루기 위해서 어떤 형태의 적층 구조가 필요한지 아이디어 제안.	

연 번	참여교 수명	연구자 등록번호	세부전 공분야	실적 구분	저서, 특허, 기술이전, 창업 상세내용	증빙
	저서, 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성					
8			중시물 리	특허		
					제일원리 계산을 이용한 상향변환 나노입자 제조 및 응용기술	
					대한민국	URL입력
					10-1908774	
					2018	
					(배경) ● 대뇌 피질 손상으로 시각이 손상된 경우, 대뇌 피질에 빛을 쏘이면 신경 세포가 활성화 되어 시각이 증강됨. (창의성) ● 본 특허는 수술 없이 대뇌 신경까지 빛을 전달하는 방법을 개발해 비침습적 방법으로 시각 증강을 구현하려는 노력의 일환임. ● 근적외선 대역 저주파 빛은 대뇌 피질까지 쉽게 투과됨. 즉 수술 없이 빛을 대뇌 신경까지 전달 가능. ● 하지만 대뇌 신경 신호를 활성화시키기 위해서는 가시광선 대역 고주파 빛이 필요. 가시광선은 대뇌 피질까지 투과되지 않음. ● 주파수 차이에 대한 해결 방안으로 저주파 빛을 흡수해 고주파 빛을 방출하는 나노입자 고안. (전공분야 기여) ● 주파수 상향 특성이 뛰어나면서 생체에 주사 가능한 나노입자를 제일원리 계산 방법을 활용해 제안. (산업 기여) ● 인체에 무해하면서 주파수 상향 특성이 뛰어난 나노입자 기술이 완성될 경우 중추성 시각 장애를 겪는 환자들의 시각을 비침습적 방법으로 증강시키는 길이 열림. (비전 부합성) ● (혁신성) 비침습적인 방법으로 시각증강을 구현하는 효율적인 물질을 찾기 위해 제일원리계산을 활용. (업적 산출시 기여 사항) ● 광유전학 전문가인 교수, 박사 그룹과 제일원리 전문가인 김규 박사와 협업.	

1.2 연구업적물

- ④ 교육연구단의 학문적 수월성을 대표하는 연구업적물
(최근 10년)

연 번	대표연구업적물 설명
1	Cascading MutS and MutL sliding clamps control DNA diffusion to activate mismatch repair Nature 539, 583 (2016) (기본 개념 및 연구배경) - 유전정보를 담은 DNA의 손상은 대장암과 같은 각종 질병의 원인. - 인체에는, 손상된 DNA를 인식하고 복원하는 단백질 효소들이 있는데, 이 단백질 효소들이 손상된 DNA를 복구하는 메커니즘에 대해 지난 30여 년 동안 논쟁이 이어져 왔음. (기존 연구 한계, 기존 연구대비 독창성 등) - 논쟁의 핵심은, DNA 염기쌍 오류를 인식하는 단백질과 염기쌍을 절단하는 단백질 사이에 어떻게 먼 거리에 걸쳐 정보가 전달되는가에 대한 것으로 생물학 및 생화학에서 사용해 온 상상불 평균에 의한 기존 연구 방법으로는 이 난제를 해결하는데 한계가 있음. - 본 연구에서는, 개별 생체분자의 움직임을 나노미터 정확도로 추적하는 물리학적 연구방법인 단일분자 이미징 기술을 적용하여 유전정보 오류를 복구하는 단백질들의 움직임을 실시간으로 관찰하고 신호전달 과정을 밝혀냄 (아래 그림 참조). 【 DNA 염기쌍 오류 제거에 관여하는 단백질 효소인 MutS와 MutL 및 MutS-MutL 복합체의 위치를 시간에 따라 기록한 카이모그래프 (Kymograph). 파란색선이 오류 염기쌍의 위치를 나타냄. 】 (연구결과) - 염기쌍 오류를 인식하는 MutS 단백질이 매개체 역할을 하는 MutL 단백질과 일차적으로 결합하고 이 단백질 복합체는 기존 가설과 달리 ATP 가수분해 에너지를 이용하지 않고 순전히 확산 운동을 통해 DNA를 따라 움직인다는 것을 발견. - 매개체인 MutL 단백질은 다음 단계에서 염기쌍 절단 단백질인 MutH와 결합하면서 세 단백질이 결합해 MutS-MutL-MutH 복합체를 이루어 염기쌍 오류 복구가 시작됨을 관찰. - 이 복합체의 MutH는 DNA 이중나선이 끊어진 자리부터 염기쌍을 절단하기 시작해서 DNA 가닥을 따라 염기쌍 오류가 있는 위치까지 이동함을 발견. (의의 및 기대효과) - 본 연구에서 개발된 단일분자 이미징 분석 방법을 통해 단백질 움직임을 실시간 관찰하여 DNA 유전정보를 유지하는 세포 시스템을 이해하는 단초를 마련하였음. - 단일분자 이미징 방법은, DNA 오류 염기쌍 복구 과정에 대한 다른 미해결 난제들에도 적용될 수 있어 세계적 프론티어 연구를 위한 플랫폼을 제공할 것으로 기대됨. (비고) - 이 논문은 BRIC이 국내 의생명과학자 1200여명을 대상으로 실시한 설문조사에서 최고 수준 연구 성과로 평가되어 2016년 국내 바이오분야 연구성과 기초학술부분 TOP 5로 선정됨.

(기본 개념 및 연구배경)

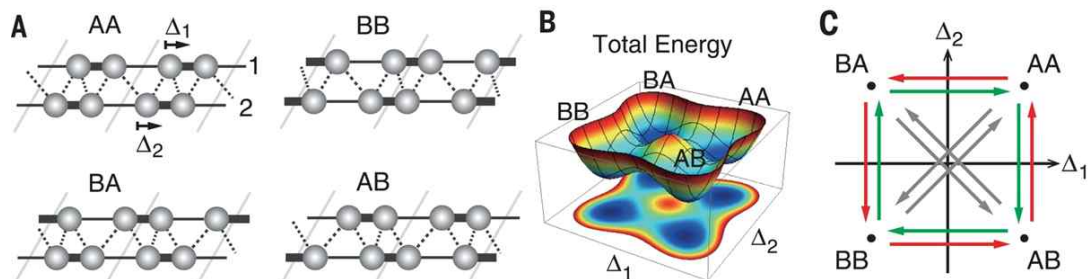
- 전자계의 양자역학적 솔리톤(Soliton)은 위상 들뜸(Excitation)의 대표적인 예로서, 준일차원계의 전자물성을 이해하는 중요한 개념인 동시에 일차원 위상절연체의 모서리 상태(Edge State)로서 현대적인 중요성을 지님.

(기존 연구 한계, 기존 연구대비 독창성 등)

- 하지만 양자역학적 솔리톤 개념이 도입된 지 40년이 지났지만 개별 솔리톤을 분명하게 관측한 실험은 거의 없었음.
- 본 연구에서는 인듐 원자선의 전하밀도파 (Charge Density Wave) 상태를 활용하여, 기존 연구에서 분명하게 관측되지 않았던 개별 솔리톤을 관측하는데 성공하였으며, 이런 미시적인 관측은 기존 솔리톤 이론의 틀을 확장하는 새로운 개념의 발전으로 이어졌음.

(연구결과)

- 인듐 원자선의 전하밀도파 상태가, 두 개의 파이얼스 (Peierls) 사슬이 묶인 구조로 이해될 수 있음을 밝히고 이 상태가, 기존 솔리톤 모델에서 등장하는 이중 축퇴(Two-Fold Degeneracy)의 Z_2 위상학(Topology)을 넘어서 4중 축퇴(Four-Fold Degeneracy)의 Z_4 위상학으로 기술되는 Z_4 위상절연체임을 이론적으로 보임 (아래 그림 A, B 참조).
- Z_4 위상절연체에서는 4중 축퇴 때문에 세 종류의 솔리톤이 예측되는데 (아래 그림 C 참조), 주사터널링현미경을 통해 이 세 가지 솔리톤을 성공적으로 찾아냄.



【 (A) 에너지가 동일한 네 가지 기저 상태. (B) Δ_1 , Δ_2 에 따른 에너지 등고선. (C) 네 가지 기저 상태를 연결하는 세 종류의 위상학적 솔리톤 (Right-Chiral (붉은색 화살표), Left-Chiral (녹색 화살표), Nonchiral (회색 화살표) Solitons) 】

(의의 및 기대효과)

- 이 결과는 전자계 솔리톤 연구의 지평을 개념적으로 확대하는 결과임.
- 개별 솔리톤 관측이 가능해짐에 따라 새로운 현상 발견의 길이 열림. 한 예로 본 연구진은 다음 연구를 통해 솔리톤 간의 충돌과 결합에 의해 한 종류의 솔리톤이 다른 종류의 솔리톤으로 전이하는 현상을 발견. (Nature Physics **13**, 444 (2017)).
- 이 전이는 시스템이 가진 Z_4 위상의 Z_4 대수 (Algebra)를 따르는데 이는 Z_4 솔리톤을 4진법 정보저장 및 처리 매체로 활용가능하다는 것을 암시하는 것으로서, 이로부터 솔리톤을 활용한 정보 처리의 새로운 패러다임인 솔리토닉스(Solitonics)의 개념이 제시됨.

(비고)

- 현재까지 47회 인용 (Google Scholar). 본 연구는 실험과 이론 연구가 온전히 국내 연구진들의 공동연구로 이루어져 그 의미가 더욱 큼. 교신저자인 교수의 2016년 인촌상, 2017년 경암상 수상의 주요 업적으로 인용됨.

Violation of Ohm's law in a Weyl metal

Nature Materials 16, 1096 (2017)

(기본 개념 및 연구배경)

- 전자 에너지 밴드의 위상학(Topology)적 구조와 비정상적 수송 (Anomalous Transport) 현상과의 관계는 응집물리학의 중요한 연구주제임.
- 위상학적 전자 에너지 밴드를 가지는 바일 (Weyl) 금속은 카이럴 변칙 (Chiral Anomaly) 현상이라 불리는 위상학적 특성 때문에 ‘초전도’ 적인 전자기적 수송 특성을 보일 것으로 예측됨 (아래 왼쪽 그림 참조).
- 바일 금속에서는 ‘초전도’ 채널의 전류 흐름으로 인해 전기장과 자기장이 서로 평행할 때 자기비저항(Magnetoresistivity)이 음수가 될 것으로 예측되었고 이 현상이 카이럴 변칙의 실험적 증거로 간주되었음.

(기존 연구 한계, 기존 연구대비 독창성 등)

- 하지만 불순물에 의한 전자 산란 등 다른 원인에 의해서도 유사한 현상이 생길 수 있다는 것이 보고되면서 카이럴 변칙 효과를 실험에서 검증하기 어렵게 됨.
- 본 연구는 옴의 법칙(Ohm's Law)이 지배하는 선형 반응 (Linear Response) 영역에서 수행되었던 이전 연구를 확장하여 자기비저항의 비선형 반응에 초점을 두고 조사.

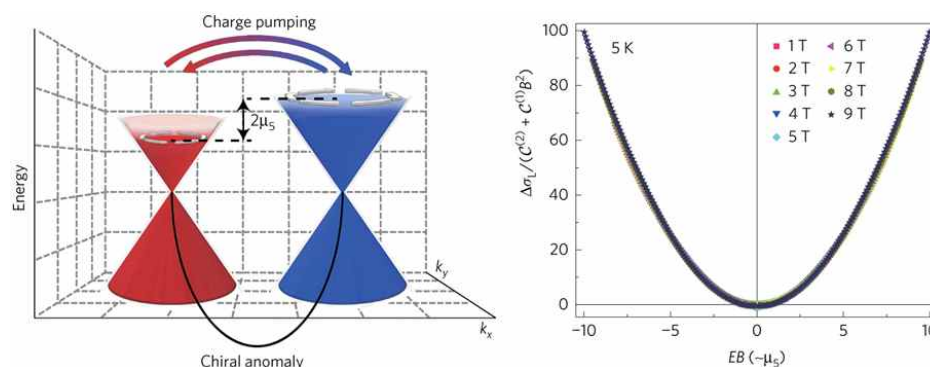
(연구결과)

- 카이럴 변칙으로 인한 전하 펌핑 (Charge Pumping) 때문에 비선형 저항이 생겨야 함을 이론으로 증명하였고 또한 자기비저항의 비선형 반응에 대한 보편적 축적 함수(Universal Scaling Function)를 구함.
- 모든 실험 데이터가 이론이 예측한 보편적 축적 함수로 기술될 수 있음을 보였고 (아래 오른쪽 그림 참조) 이를 통해 바일 금속의 카이럴 변칙 효과를 명백히 검증함.

(의의 및 기대효과)

- 페르미 면(Fermi Surface)이 존재하는 모든 금속은 옴의 법칙을 따라야 한다는 상식을 뒤엎는 연구 결과로서 앞으로 바일 금속에서 여러 가지 비선형 수송 현상에 대한 실험들이 수행될 것으로 기대됨.

3



【 (왼쪽 그림) 카이럴 변칙 (Chiral Anomaly)에 의한 전하 펌핑 (Charge Pumping). (오른쪽 그림) 자기비저항 (Magnetoresistance)에 대한 보편적 축적 함수 (Universal Scaling Function). 】

1. 참여교수 연구역량

1.3 교육연구단의 연구역량 향상 계획

연구역량 향상 계획

(1) 개요

새롭게 시작하는 BK21 FOUR 사업을 계기로 포스텍 물리교육연구단의 연구역량 향상 전략을 점검하고 이를 보완, 강화하기 위한 계획을 수립한다. 대내외적으로 소재, 부품, 장비 등 응용 성격의 연구가 강조되는 시점이지만 포스텍 물리교육연구단은 지금 당장의 응용 연구보다는 국가 미래 산업의 근간이 되는 기초연구 역량 강화를 통해 국가경쟁력에 기여하는 것을 목표로 한다.

지난 7년 동안 포스텍 물리교육연구단은 비교우위에 있는 연구분야를 집중 육성하여 질적으로 세계 최고 수준으로 도약하는 목표를 추구하고, 이는 BK21 FOUR의 기본 철학인 ‘선택과 집중’, ‘연구역량 질적 제고’와 그 맥을 같이한다. 이러한 전략의 성과는 여러 객관적 지표로 나타나고 있다.

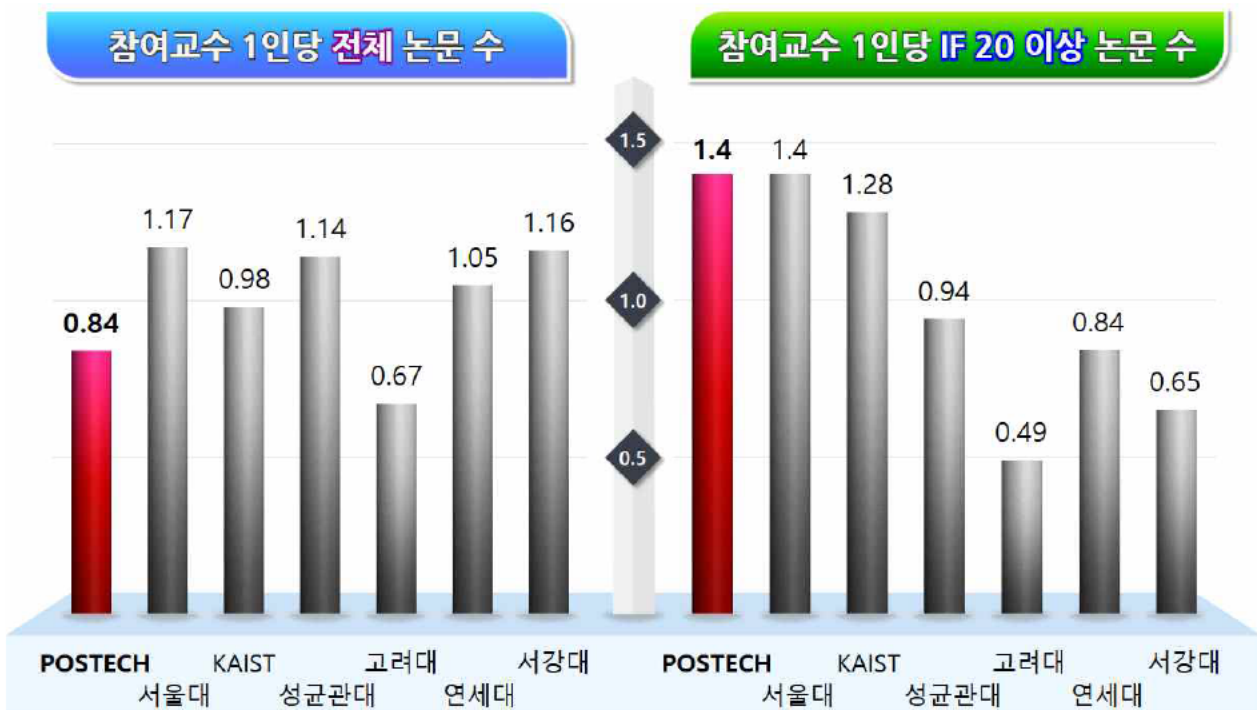
포스텍 물리교육연구단은 연구비전위원회를 구성하여 BK21과 BK21 Plus 기간의 성공 요인과 보완이 필요한 부분을 심층 분석하였고 이를 근거로 발전계획을 마련하였다. 이는 ‘2.1 교육연구단의 비전 및 목표’에서 표명한 ‘혁신적인 연구’, ‘함께 하는 연구’, ‘포스텍 플래그십 연구’를 기본 철학으로 한다. 아래에서는 연구 실적을 간략하게 분석해 보고 이를 바탕으로 연구역량 향상 계획을 논의한다.

(2) 연구실적 현황

○ BK21 Plus 기간 동안 세계 정상급 대학 대비 포스텍 BK21 Plus 물리사업단의 연구실적 대폭 향상.

• BK21 Plus 시작 전 실적 (2010 ~ 2012) → BK21 Plus 기간 중 실적 (2013 ~ 2019).

- 논문 수 (교수 1인당 환산편수): 세계 20위 이내 대학 평균 대비 101% → 121%.
- IF (논문환산편수당 환산 IF): 세계 20위 이내 대학 평균 대비 54% → 75%.
- ES (논문환산편수당 환산 ES): 세계 20위 이내 대학 평균 대비 83% → 95%.
- (*) 세계 20위 이내 대학 평균은 Stanford Univ., Univ. of Chicago, Univ. California Los Angeles, Cornell Univ., Yale Univ., Columbia Univ.에 대한 실적을 통해 산출되었음.



【 국내 7개 대학의 참여교수 1인당 전체 논문 수 및 1인당 IF 20이상 논문 수 】

【 세로축의 1.0은 7개 대학 실적의 평균을 나타냄. 타 대학의 참여교수는 논문 실적이 상위 70%인 교수로 가정. 】

- BK21 Plus 기간 동안 포스텍 BK21 Plus 물리사업단 논문의 질적 수준 대폭 향상.
 - BK21 Plus 시작 전 실적 (2010 ~ 2012) → BK21 Plus 기간 중 실적 (2013 ~ 2019).
 - Physical Review Letters급 이상 논문 수 (환산편수): 연 2.97편 → 연 4.73편.
 - Nature Physics급 이상 논문 수: 연 0.3편 → 연 4.2편.
- BK21 FOUR 포스텍 물리교육연구단의 연구실적.
 - 참여교수의 지난 5년간 대표실적 57편 (<표 3-2> 참조) 중 39편(68.4%)이 Physical Review Letters (IF 9.223) 급 이상 학술지에 실렸고, 이중 20편이 Nature, Science 및 자매지에 게재됨.
 - 포스텍 물리교육연구단의 최근 5년간 연구실적을 국내 주요 대학과 비교해보면 교수 1인당 전체 논문 수는 국내 7대 대학 평균의 84% 수준으로 평균에 미달하나, IF 20 이상의 특급논문 실적은 국내 최고 수준이다 (위 그림 참조).
- 교수진의 구성, 연구분야, 대표 성과들을 살펴보면 포스텍 물리학과는 국내 타 대학과 비교했을 때 응용보다는 기초분야에서 두드러진 강점을 보임.

(3) 연구역량 강화 전략

- ☞ 3대 기본 철학(‘혁신적인 연구’, ‘함께 하는 연구’, ‘포스텍 플래그십 연구’)을 구현하기 위한 전략으로 다음 3가지 추진방향을 설정하였음 (아래 그림 참조).
- ☞ 3가지 전략은 선순환 구조를 이루어 체계적인 연구역량 강화를 이끌어 내도록 설정되었음.



포스텍 물리교육연구단 『연구역량 강화 3대 전략』

- 전략 1 – 유치: 혁신형 연구자 발굴 및 제도적 뒷받침 강화
- 전략 2 – 육성: 창의적 융복합 연구 그룹화
- 전략 3 – 도약: 세계 선도형 포스텍 플래그십 연구 집중 육성

① 전략 1 – 유치: 혁신형 연구자 발굴 및 제도적 뒷받침 강화

- ☞ 배경: 기초과학분야에 집중하고 혁신적인 연구를 긴 호흡으로 수행하는 포스텍 물리교육연구단의 정체성을 대내외적으로 표명하고, 이에 맞는 제도를 정비하여 창의적이고 도전적인 연구를

하고자 하는 신진연구자를 유치한다.

○ 혁신적인 연구를 장려하는 교원 심사제도.

- 단기적인 성과에 연연하지 않는 방향으로 승진 및 정년 보장 심사 개선.
- 지명도가 높지 않은 학술지에 게재된 논문이라도 학계에 미친 파급효과가 담보되는 논문들은 뛰어난 연구 실적으로 인정하는 평가 체계를 구축 (인용 횟수, 저명 학회 초청 강연, 정년보장 추천서 작성 학자의 평가 등).
- 정년 보장 대상자의 학계 평판 확인 및 업적 평가를 위한 전문가 패널 구성 및 업적의 심층적인 질적 평가 시스템을 추가로 도입. 성공하지 않은 연구에 대해서도 질적인 가치를 평가하여 인정.
- 긴 호흡으로 장기적인 연구가 필요한 기초연구를 임용기간 전반에 걸쳐 꾸준히 할 수 있는 문화 조성.

○ 모험적인 (High Risk High Reward) 연구 장려.

- 신입교수에게 경쟁력 있는 초기 정착금을 제공하고 강의와 행정 업무를 경감해 주어 연구에 몰두할 수 있는 환경 조성.
- 연구의욕이 왕성하지만 연구기반이 잡히지 않은 시기에 과감하게 큰 규모의 연구에 뛰어들 수 있도록 연구 인프라를 공동으로 활용 (전략 2 참조).
- 혁신적인 연구 성과를 얻은 교원의 조기 승진 및 정년 보장을 위해 승진 및 정년 보장 최소 근무연한 폐지 (대학본부 추진 사항).

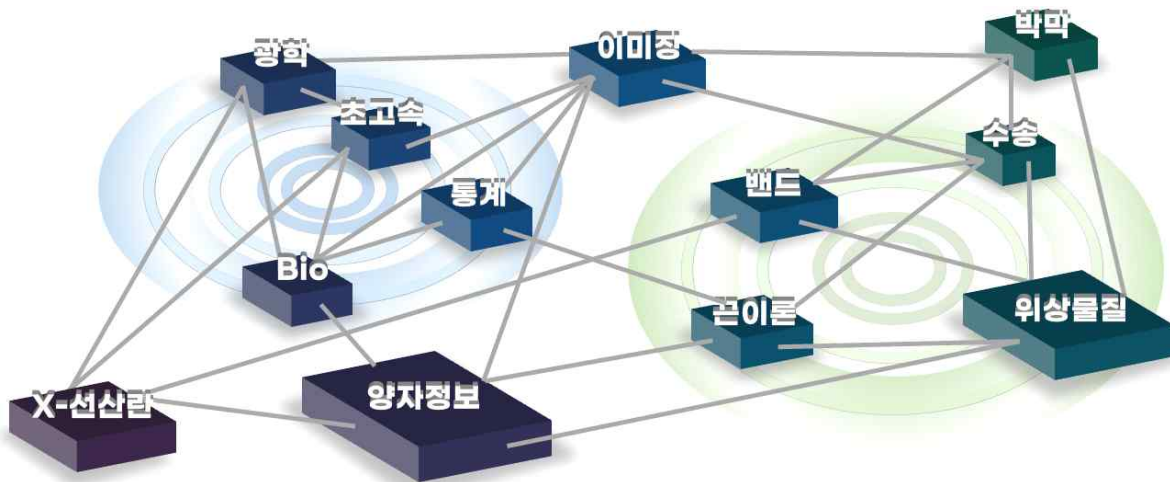
② 전략 2 - 육성: 창의적 융복합 연구 그룹화

☞ 배경: 성과 위주의 인위적인 공동연구를 지양하고 지적 호기심에서 출발하여 근원적인 질문에 답하는 연구 협업이 자연스럽게 이뤄질 수 있는 환경을 조성.

○ 탈경계 공동연구 ('Frontiers Beyond the Border: FBB') 활성화.

☞ 포스텍 물리교육연구단은 BK21 FOUR사업의 연구역량 강화를 위한 핵심 아젠다로 융복합 연구를 추구한다. 이는 추격형 연구의 틀을 넘어 세계 선도형 포스텍 브랜드 연구 성과를 창출하기 위한 핵심 원동력이다.

☞ 이를 위해 전공분야가 상이한 참여교수가 서로 교류하여, 정형화된 기존 연구의 범주를 넘어서는 융복합형 연구 주제를 발굴하고 역동적인 공동 연구가 자발적으로 일어나는 환경을 조성한다.



【 탈경계 융복합 공동연구 개념도 】

- 참여교수 대상 'Frontiers Beyond the Border (FBB)' 학회 개최.
 - 포스텍 물리교육연구단 참여교수 전체를 대상으로 하는 동계 워크숍 개최.
 - 참여교수가 현재 진행 중인 연구내용을 소개하고 심도 있게 토의하는 'Gordon Conference' 형식을 차용.
 - BK21 FOUR 운영위원회가 주관하여 전공별 발표 주제 및 내용 구성을 조정.
 - 교육연구단 내 다양한 연구 전문성에 대한 정보 교류를 통해 탈전공 융복합 연구주제를 발굴.
 - 예시: 각 분야에서 활용되는 AI 기법 공유 및 확대, 응집물리와 생물물리에서 사용되는 이미징 기법 및 연구주제 공유, 입자물리-고체물리 이론 간의 상호 연계 발전 (AdS-CFT, 끈이론 관점의 위상학적 상태 연구) 등.
 - 교내 아태이론물리센터 (APCTP), 포항가속기연구소, 막스플랑크 한국/포스텍 연구소 (MPK), 기초과학연구원(IBS) 등과 연계 운영.
- 대학원생 대상 'FBB 브레인스토밍 (Brain-Storming)' 프로그램 운영.
 - 제도로 한계 지워지는 교류의 틀을 벗어나 자유로운 형식에서 서로의 연구 내용을 소개하고 각자의 전문 지식을 나누는 기회 제공.
 - 금요일 점심 'Friday Brown-bag Meeting' 운영: 주 1회 간단히 식사를 하며 1명 또는 2명의 발표자가 자유롭게 연구 내용 소개 (매주 금요일 오후 12:00 ~ 2:00).
 - FBB 저널클럽 운영: 기존 연구 분야의 범주를 넘는 융복합 연구팀의 저널클럽 활동 지원.
- 온라인 소통 채널 'FBB-SUDA (Shallow Understanding Deep Answer)' 개설.
 - 정규 과목에서는 잘 다루이지 않지만, 실제 대학원생 연구에 필요한 전문 지식을 교환하는 Q&A 형식의 게시판 (참여 대학원생 1인 운영자 선정) 운영.
 - 학과 홈페이지와 포스텍 물리교육연구단 홈페이지에 연동하여 운영.
- 상향식 (Bottom-Up) 융복합 연구 유도.
 - 융합인재 펠로우십 (Fellowship) 신설.
 - 2개 이상 연구실의 협업을 통해 융합 연구를 희망하는 학생 중 우수 인재를 선발하여 인건비를 지원하는 프로그램.
 - 석박사통합과정 대학원생을 대상으로 대학원 저년차 때 선발하고 최대 6년간 장학금 지급.
 - 연구실 순환 (Lab Rotation) 제도 도입 (Caltech, Stanford 벤치마킹).
 - 대학원 신입생: 대학원 첫 학기 기간 동안 한 달 단위로 최대 3개 연구실에서 연구 참여.
 - 대학원 재학생: 1년에 1달을 다른 연구실에서 생활하며 다른 연구 분야의 연구 주제, 방법론, 기술 등을 견문하여 본 연구에 접목을 시도 또는 새로운 시각으로 문제해결 방법 모색.
 - 대학원생의 세부전공/논문지도교수 선택 시 필요한 정보를 충분히 제공하고, 대학원생의 연구기간 동안 학문적 폭을 넓히는 효과 기대.
- 탈경계 공동연구 환경 구축.
 - (학과) 열린 실험실.
 - 전산 시설, 헬륨 액화시설, X-선 분석 장비, 물성측정장비 (PPMS, MPMS) 등 고가 연구 시설에 대한 공동 활용제도 신설.
 - 개인적 친분을 통하지 않고도 장비 접근을 원활하게 함으로써 가능한 연구의 폭을 확대.
 - 연구 기반이 확립되지 않은 신입교수들이 특히 수혜.
 - 열린 실험실 구현을 위한 인터넷 기반 플랫폼을 (web에서 사용신청, 등록 등) 개발하여 학과와 포스텍 교육연구단 홈페이지와 연동.
 - (대학) 'A-Core-Facility 지원 프로그램' 시행 (대학본부 추진 프로그램 참조).
 - 대학 내 핵심 공용 장비들을 유지, 보수할 기술인력 (Technician)을 대학본부가 지원.

- (외부) 거점연구센터 활용.

- 4세대 방사광 가속기를 비롯한 포톤사이언스센터, 국제적인 리더쉽을 갖춘 아태이론물리센터 (APCTP), 응집물리학의 중심축이 되는 막스플랑크 한국/포스텍 연구소 (MPK)와 기초과학연구소 (IBS), 선도연구센터 (SRC), 기초연구실 (BRL) 등의 거점센터를 공동연구 구심점으로 활용.

③ 전략 3 - 세계 선도형 포스텍 플래그십 연구 육성

☞ 전략 1, 2를 통해 발굴된 연구 주제 중에 유망 분야를 선정하여 집중 지원 및 육성. 국내뿐만 아니라 세계를 선도하는 한국 대표 연구 브랜드를 발굴하여, 이를 중심으로 학내외 연구 협력을 이끌어내는 선순환 구조를 구축한다.

○ 스타급 리더 지원 프로그램 운영.

- 젊은 교수부터 정년을 앞둔 교수까지 교원 전 주기에 걸친 우수교원 특별임용제도 운영.
 - 현재 ‘젊은 석좌교수’, ‘정규 석좌교수’, ‘학과특임교수’, ‘POSTECH University Professor’ 운영.
 - 특별임용된 우수교원에게 인센티브 지급. 일부 특별임용제도의 경우 정년연장 혜택 제공.
 - 실험실 공간 우선권 제공, 강의 시수 감면 등의 혜택.

○ 선도연구센터 (SRC), 기초연구실 (BRL) 등 연구센터 유치 추진.

- 연구센터 플랫폼을 통해 해당 연구 분야 국내외 학계를 선도하고 포스텍 플래그십으로 성장에 기여.
 - 연구센터 내부 공동연구 강화 및 이를 통한 혁신형 연구 경쟁력 강화.
 - 연구센터 외부와의 학술교류 강화: 연구센터 주최 정기 학술행사를 통해 (월례 세미나, 국내·외 Workshop 등) 연구센터 외부와의 아이디어 교류 증진, 공동연구 도모.
 - 연구센터의 학술활동을 통해 대학간 공동연구 강화 추진.
 - 신진과학자 육성 플랫폼: 대학원생들이 연구센터 내 여러 교수들과 교류하면서 성장할 수 있는 풍요로운 학문적 환경을 제공.

○ S20 (Strong 20) 프로젝트 시행.

- 혁신성이 높은 연구그룹이 세계적으로 경쟁력 있는 연구그룹으로 자라나도록 대학차원에서 20개 그룹 지원: 해당 그룹 연구비 지원 및 신규 교원 채용 지원 (대학본부 사업으로 진행 중). 물리학과에서 1개 그룹 선정.

(4) 기대효과

○ 교수 개개인의 능력 및 노력에 의존하는 연구역량 강화 방식에서 탈피해서, 유치-육성-도약의 선순환 구조를 통해 연구역량을 체계적으로 꾸준히 향상시켜 나갈 수 있는 시스템 구축.

○ BK21 FOUR 종료 시점에는 세계 정상급 대학과 대등한 수준 달성.

- BK21 Plus 기간 중 실적 (2013 ~ 2019) → BK21 FOUR 종료 시점 실적 (2027).
 - 논문 수 (교수 1인당 환산편수): 세계 20위 이내 대학 평균 대비 121% → 121% (현 수준 유지).
 - IF (논문환산편수당 환산 IF): 세계 20위 이내 대학 평균 대비 75% → 90%.
 - ES (논문환산편수당 환산 ES): 세계 20위 이내 대학 평균 대비 95% → 105%.

○ 세계를 선도하는 스타 연구자 육성을 통해 포스텍 브랜드 이미지 제고.

- IF, ES 등의 지표를 통한 대등함을 넘어 세계를 선도하는 포스텍 플래그십 연구성과 7건 달성 (연평균 1건).

- 향상된 포스텍 브랜드 이미지를 통해 우수 학생 및 우수 선진 연구자 유치.

○ 기초학문분야에 선택과 집중, 국내 기초학문의 산실로 발돋움.

○ 탄탄한 기초실력으로, 급변하는 환경에 유연하게 대응하는 연구인력 양성.

2. 산업·사회에 대한 기여도

2.1 산업·사회 문제 해결 기여 실적

(1) 포스텍 물리교육연구단 산학협력 실적 요약

① 개요

- 산학활동에 대한 지속적인 관심 및 참여 확대로 산학과제 수의 점진적 증가.
- 본 연구단의 산업협력과제는 모두 기초 원천기술 개발과 관련한 연구 주제로 진행됨.

② 현황

○ 기술이전 (총 1건).

- 삼성전자 (1건): 이현우 교수 특허 출원 후 기술이전 (기술명: 자기 메모리 소자).

○ 특허등록 (총 10건).

- 2015년: 교수 (1건).
- 2016년: (1건), 교수 (1건).
- 2017년: (1건), 교수 (1건).
- 2018년: (1건), (2건), 교수 (1건).
- 2019년: 교수 (1건).

○ 산학협력 연구과제 수행 및 기술 자문 (총 19건).

< 기초과학 심화형 >

- 삼성미래기술육성재단 연구과제 (2건): 교수.
- 포스코 Steel & Green Science 연구과제 (4건): 교수

< 기초연구 활용형 >

- 포스코 철강기술개발 연구과제 (1건): 교수.
- 산학협력과제 (한국반도체연구조합, 세타텍, 삼성중기원) (5건): 교수

< 원천지식기반 기술 자문형 >

- 기술 컨설팅 및 세미나 (총 8건): 교수.

(2) 포스텍 물리교육연구단의 사회기여 실적 요약

① 개요

- 과학 대중화 활동: 일반인에게 첨단과학을 다양한 방법을 통해 적극적으로 소개.
- 지역 과학생태계 조성 활동: 지역 기반의 국제협력사업 추진.
- 과학 리더십 활동: 기초과학의 진흥과 사회 기여를 높이기 위한 정부 정책 활동 참여.

② 현황

- 온라인 강좌 개설 및 고교생 과학 심화 연구학습 진행. 초중고 및 농어촌 방문 과학특강, 일반인을 위한 물리 시연 활동 수행 (총 50회 이상 시행).
- 대중매체를 이용한 보도 또는 기고를 통한 과학 기술 소개 활동 수행 (주요 일간지 기고).
- 국가과학기술자문회의 활동 (교수).
- 지역 과학산업 생태계 조성 운영위원 활동 (교수 등).

산학협력 실적

(1) 개요

포스텍 물리학과는 기초과학 연구 분야에서 경쟁력 있는 원천지식을 확보하는 활동을 집중적으로 추진해 왔다. 확보된 첨단지식을 소재로 한 산학협력을 추구하여 특허 출원 및 기술이전, 산학협력 연구과제 수행, 그리고 기술 자문 활동으로 세분화되는 다음의 실적을 보였다.

(2) 실적 상세

① 특허 및 기술이전 (총 14 건)

○ 기술이전 (1건): 교수 ('자기 메모리소자').

- 기술이전 기관: 삼성전자(주).
- 계약 연도: 2019년.
- 기술이전 액수: 8000만원 (이중 포스텍 지분 33%).
- 발명인:
- 기술의 내용: 자기터널접합을 이루는 단위셀에 포함된 자유 자성층의 자화를 반전시켜 데이터를 저장하거나 읽는 자기 메모리 소자에 관한 기술. 기존 자기 메모리 구조에 반강자성체 층을 추가하여 외부 자기장의 도움 없이 전기적인 방법만으로 정보 기록이 가능한 새로운 자기 메모리 구조 고안.

○ 특허 등록 (총 10건).

- 2015년: 적층소자 제조 ().
- 2016년: 자기메모리 소자 (), AUTOCORRELATOR ().
- 2017년: 플라스모닉스 광자발생 (), 템플릿 기반 에피성장 (미국,).
- 2018년: 광대역 실리콘 광 분배기 (), 제일원리계산 활용 상향변환 나노입자 제조 (), 나노플라스모닉스 광 발생기 (미국,), 스핀토그 메모리 소자 (미국,).
- 2019년: 고균일도 광섬유 제조법 ().

② 산학협력 연구과제 수행

○ 삼성미래기술육성재단 연구과제 (총 2건).

- 교수: '2차원 적층형 구조에서 파라페르미온 생성 및 제어에 관한 연구'.
 - 협력기관: 삼성미래기술육성재단.
 - 연구기간: 2017. 12. ~ 2020. 11.
 - 연구내용: 2차원 반데르발스 물질 적층 구조에서 양자 홀 상태와 초전도체의 결합을 통해 나타나는 파라페르미온의 존재 규명 및 제어기법 개발. 비가환적 입자 존재 입증 및 위상 양자컴퓨터 관련 원천기술 확보 계획.
- 교수: '궤도 자유도를 이용한 스핀-궤도 토크 극대화'.
 - 협력기관: 삼성미래기술육성재단.
 - 연구기간: 2015. 06. ~ 2020. 05.
 - 연구내용: 스핀-궤도 토크는 자성 나노 구조에 전류가 흐를 때 스핀-궤도 결합으로 인해 발생하는 토크로서 이를 활용하면 전기적 방법으로 자화상태를 제어할 수 있고 이는 삼성전자에서 개발 중인 STT-MRAM에 유용하게 활용될 수 있음. 물질의 궤도 자유도를 제어/조작하여 스핀-궤도 토크를 극대화시키는 방법을 찾는 연구.

○ 포스코 Steel & Green Science 및 철강 기술개발 연구과제 (총 5건).

- 교수: '방향성 전기강판 자구미세화 자구구조에 미치는 조사각도 영향 연구'.
 - 협력기관: 포스코.
 - 연구기간: 2016. 01. ~ 2016. 11.
 - 연구내용: 자성도메인의 크기 및 모양의 최적화를 통해 전기강판 사용 시 수반되는 에너지 손실 절감 노력. 자구 미세화에 의한 에너지 손실 기작 규명으로 성능향상 도모.
- 교수: '강자성 2차원 소재를 이용한 스핀 정보 소자연구'.
 - 협력기관: 포스코.
 - 연구기간: 2016. 07. ~ 2017. 07.
 - 연구내용: 2차원 스핀소자 개발을 위해 상온 강자성의 반데르발스 물질 탐색. 철 기반 강자성 반데르발스 신물질 합성 성과. 스핀트로닉스 기술개발의 단초.
- 교수: '저온 엑스선영상을 통한 세포핵의 초미세 3차원 구조 규명'.
 - 협력기관: 포스코.
 - 연구기간: 2015. 07. ~ 2016. 06.
 - 연구내용: 결맞는 엑스선을 이용하여 생체시료의 고분해능 3차원 구조 규명. 저온 이미징으로 원형이 보존된 세포핵 구조 해석. 본 연구는 차세대 3차원 지노믹스의 기초 제공.
- 교수: '비정질물질의 구조상변이 원자모형 분석방법 연구'.
 - 협력기관: 포스코.
 - 연구기간: 2015. 12. ~ 2016. 11.
 - 연구내용: GeSbTe 상전이 물질의 비정질/준안정상태의 원자구조 분석을 위한 모델 개발. 양자 동역학 방법 이용 비정질 상의 원자모형 분석. 신기능성 물질 개발에 활용.
- 교수: 'FeSi에 레이저가 조사되는 비평형 상태에서 란셋도메인의 생성 원리에 대한 연구'.
 - 협력기관: 포스코.
 - 연구기간: 2018. 08. ~ 2019. 07.
 - 연구내용: 전기강판으로 사용되는 FeSi의 에너지 효율을 높이기 위해 란셋 구역 형성. 레이저 조사 시 발생하는 확률론적 (Stochastic) 공명 현상을 활용하여 란셋 구역의 생성조절.

○ 산학협력과제 (총 2건).

- 교수: '스핀-궤도 결합을 이용한 반금속 p-MRAM 기술개발 과제'.
 - 협력기관: 한국반도체연구조합 (삼성전자, SK 하이닉스).
 - 연구기간: 2013. 06. ~ 2018. 05.
 - 연구 내용: MRAM의 성능 개선 연구. 자성층의 자화 반전 현상을 더 낮은 에너지, 더 빠른 속도로 구현하기 위해 스핀-궤도 결합을 활용하는 방법 연구.
- 교수: '차세대 위상물질 개발'.
 - 협력기관: 삼성중기원.
 - 연구기간: 2019. 10. ~ 2020. 09.

- 연구내용: 위상물질을 기반으로 한 소자 응용 연구 및 소자 응용에 적합한 위상물질 개발 연구.

③ 과학 기술 자문

○ 기술 컨설팅, 세미나 및 튜토리얼 (Tutorial Lecture) (총 8건).

- 교수: 'Scientific Innovation 사업 관련 제반 지식 제공'.
 - 산학협력 연구기간: 2018. 08. ~ 2018. 10.
 - 한국고등교육재단에서 지원하여 국내 기업체를 대상으로 컨설팅.
- 교수: '삼성중기원 위상부도체 기술 컨설팅 및 세미나'.
 - 삼성중기원 자문 및 세미나 (2018. 12. 13 / 2019. 01. 08 / 2019. 07. 11).
 - 삼성중기원 연구원 및 물리교육연구단 구성원 대상 스핀트로닉스 소개 및 위상물질 기반 소자에 대한 강의 4회 개최함 (2019. 10. 18, 2019. 11. 15, 2019. 12. 20, 2020. 01. 31).

사회기여 실적

(1) 개요

포스텍 물리학과는 기초과학 연구의 국제적 경쟁력 확보를 위한 당면과제 해결 뿐 아니라 일반 대중의 과학인지도 고취 및 차세대 과학 리더 발굴을 목표로 '과학 대중화 및 지식 환원', '첨단과학 지역 생태계 조성', '건강한 과학 리더십 구축'으로 구분되는 사회기여 활동을 다음과 같이 수행해 왔다.

(2) 실적 상세

① 과학 대중화 및 지식 환원

○ 나노과학 기술에 관한 온라인 세미나 강좌 개설 (<http://e-nano.kontrs.or.kr/>).

- 교수 (2015. 12. 11): '전자 한 개씩 흘려보내는 원자 전선 발견'.
- 교수 (2017. 02. 13): 'DNA 염기쌍 오류를 바로잡기 위한 원거리 신호전달 메커니즘 규명'.
- 교수 (2018. 09. 11): 'Large anomalous Hall current induced by topological nodal lines in a ferromagnetic van der Waals semimetal'.

○ 고교생 대상 과학 심화연구 프로그램 진행.

- 교수 (2017. 05. 10 ~ 2017. 05. 11): 경남과학고 현장 연구 프로그램 및 포스텍 탐방.
- 교수 (2017. 01. 05 ~ 2017. 01. 25 / 2018. 01. 11 ~ 2018. 01. 26):
 - 포스텍 잠재력 개발, 뉴턴역학 및 광학 분야 관련 강의 및 실험 실습 활동.
- 교수 (2015. 04. 10): 과학영재 창의연구 과학고/영재고 학생 대상 특강.
- 교수 (2017. 09. 02): 서울과학고등학교. 과학영재 창의연구 (R&E) 중간발표회 특강.

○ 일반인 대상 물리 시연 활동 시행.

- 교수 외 다수 (2015. 01. 19 등): 대전 동신 과학고, 학생 및 교사 83명 대상 이공계 진로체험 진행 외 5년 총 48회.
- 교수 (2017. 08. 18): 초중고교 방문특강. 경주 계림고등학교.
- 교수 (2018. 08. 09): 한국고등교육재단 TED 강연, TED×KFAS (KFAS, Korea Foundation

for Advanced Studies).

○ 대중매체를 활용한 과학 대중화.

- 30회 이상 과학기술·사업·국제 협력에 대한 보도 및 기고 (‘한·러 4차 산업협력 대응 과학기술 협력 강화’외 다수).

② 지역 기반 과학생태계 조성 활동

○ 지자체 참여 국제협력 프로그램 구축.

- 한·독 과학 협력 네트워크 강화 및 연구교류 (2019. 12. 19, 주한독일대사관) 외 다수.
- 한·러 제 13차 과기공동위 및 과학기술의 날 행사 (2019. 05. 16, 과학기술정보통신부).

○ 지역주관 행사 및 지자체 사업 협력.

- 지역 내 초중고등학교 교육협력 (2019. 05. 02, 포항제철지곡초등학교 Science Fair) 외 다수.
- 경북과학축전 행사 참여 및 홍보부스 운영 (2019. 10. 04, 경상북도 포항시) 외 다수.
- 4차 산업혁명 중심도시 포항 조성 공동협력 협약 체결 (2017. 09. 05, 포항시) 외 다수.

③ 과학진흥 리더십 활동

○ 국가과학기술자문회의 활동: 교수.

- 기초연구비 증액과 젊은 연구자 지원을 축으로 한 기초연구진흥 정책에 대한 자문 수행 (2015. 01. 10 ~ 2016. 01. 09).
- 국가 기초연구역량 강화, 연구자중심 R&D 제도개혁, 국민생활향상을 위한 공공 R&D 강화를 중심으로 한 정부 과학기술 정책 자문 (2017. 11. 15 ~ 현재).

2. 산업·사회에 대한 기여도

2.2 산업·사회 문제 해결 기여 계획

(1) 개요

포스텍 물리학과는 개교 이래 기초과학의 깊이를 추구하는 연구 수월성을 우선 하였으며, 이렇게 얻어진 최첨단의 원천지식으로 산업화의 새로운 동력을 제공하는 방식의 연구 주도형 산업·사회 기여 모델을 추구하였다. 이러한 기치 아래 원천지식 확보에 집중한 산학연구과제를 꾸준히 진행하였다 (참조: ‘2.1 산업·사회 문제 해결 기여 실적’의 ‘산학협력 실적’). 또한, 지역사회 및 초중고교를 대상으로 한 과학 대중화 프로그램을 적극적으로 개발하고 진행하는 등 건강한 과학생태계 조성에 노력해 왔다 (참조: ‘2.1 산업·사회 문제 해결 기여 실적’의 ‘사회기여 실적’).

새롭게 시작하는 BK21 FOUR 사업을 맞아 포스텍 물리교육연구단은 이러한 방향성을 계승하여 과학, 산업, 사회 전반에 걸쳐 대두되는 중요한 문제를 다음과 같이 세 가지로 정리하고, 이를 해결하기 위한 구체적인 계획을 수립하였다.

『포스텍 물리교육연구단이 선언하는 사회·산업·과학 3대 해결 과제 및 대응』

- 과제 1 - 산업체 미래 성장 동력원 확보.
→ 고부가가치 첨단소재 개발에 활용 가능한 기반 원천지식 제공.
- 과제 2 - 학력 인구 감소에 따른 과학 전문인력 부족 해소.
→ 과학기술에 대한 대중 관심 증진위한 지식의 사회 환원 프로그램 확대.
- 과제 3 - 과학기술 발전으로 인해 급변하는 사회 (4차 산업혁명 등)에 대한 능동적인 대처.
→ 지역사회와 소통하는 열린 과학 문화 조성.

(2) 산업·사회 기여 활성화 추진 전략 및 구체적 계획

☞ 본 교육연구단의 산업·사회 기여 활동은 1) 과학 대중화 및 지식 환원, 2) 건강한 과학 리더십, 3) 과학·산업·사회 생태계 구축의 세 가지 중점 방향을 가지고 추진.

- 과학 대중화를 위한 구체적인 프로그램의 체계적 관리를 위한 테스크포스 (TF) 팀 운영.
- 건강한 과학 리더십의 책임을 수행하기 위해 교육연구단 참여교수의 사회참여 활동 권장.
- 기업체 및 지역사회와의 실질적인 연계를 위해 ‘연결 (Liaison)’ 데스크 구축.

① 과학 대중화 및 지식 환원

☞ 포스텍 물리교육연구단이 추구하는 연결성 (‘Connectedness’)의 대상을 지역사회 및 관련 산업 활동에 이르기까지 광범위하게 확장.

☞ 체계적이고 지속적인 추진을 도모하기 위해 ‘열린 캠퍼스’ TF 팀을 구성하고 해당 프로그램 개발 및 실제 운영 상황을 관리. 참여도 제고를 위한 실질적인 보상 프로그램 (성과금 지급 등) 시행.



【 포스텍 물리교육연구단이 선언하는 산업사회 난제 】

○ 연구 특허 출원 독려.

☞ ‘과제 1 - 산업체 미래 성장 동력원 확보’ 대응 계획.

- 특허 출원과정 소개 강의 상시적 운영: 사업단 구성원의 특허 출원에 대한 이해도와 관심 증진.
- 학과의 콜로키엄 행사에 일선 산업체에서 활동 중인 전문가를 연사로 초청하여 첨단과학의 기술 산업화에 관한 이해도 고취.
- 사업단 참여교수 업적평가 시 특허 출원 실적을 연구논문 동일 비중으로 반영.

○ 기초과학 중심의 산학프로그램 및 기술 컨설팅 활동 강화.

☞ ‘과제 1 - 산업체 미래 성장 동력원 확보’ 대응 계획.

☞ 포스텍 물리교육연구단은 대학원생 교육의 질을 유지향상 시키는 것을 강조하고 있어 일방적인 대학원생 인력 공유, 우수재원 선점 형식의 산학협력 과제를 원천적으로 배제함. 본 교육연구단의 산학프로그램은 연구자 주도형 산학협력의 원칙을 고수하고 있음을 재차 강조함.

- ‘벤처밸리 창업인큐베이팅 센터 (Incubating Center)’ 프로그램 참여.
 - 대학에서 설계 중인 센터 프로그램에 적극적으로 참여.
 - 본 교육연구단 ‘열린 캠퍼스 TF(Task Force)’를 통해 정기적으로 관련 사업 정보 습득 및 연결 활동 추진.
- 기초과학 연구 중심의 산학 과제 수주.
 - 수월성(Excellence & Initiative)을 강조하는 본 연구단의 철학에 부합하는 기초과학 연구 목적의 산학과제 (‘삼성미래기술육성’, ‘포스코 Green & Steel Science’) 선정을 위한 노력.
 - 포스텍-삼성전자 산학일체 연구센터의 DS (Device Solution) 부문 기초이학과제’ 참여 (이길호, 이대수 교수).
 - 경쟁력 있는 신입 교수 유치, 독창성 있는 연구 장려, 적극적인 과제 지원 독려 및 정보 교환.
 - 연간 교육연구단 참여교수 업적평가 시 산학협력 실적을 연구논문과 동일 비중으로 반영.

- 산업체 대상 기술 컨설팅 활성화.
 - 삼성전자 또는 삼성종합기술원과 진행 중인 기술 컨설팅을 적극적으로 유지.
 - 협력과제 범위를 교육연구단 구성원 전반에 걸쳐 확대.

○ 열린 캠퍼스 과학 대중화 프로그램 활성화.

☞ ‘과제 2 - 학령인구 감소에 따른 과학 전문인력 부족 해소’ 대응.

- ‘내 연구를 소개합니다’ 프로그램 참여.
 - 이 프로그램은 비전공인의 눈높이에 맞추어 각 연구실의 연구내용을 소개하는 프로그램임 (대학본부 프로그램).
 - 대학의 ‘내 연구를 소개합니다’ 프로그램에 물리교육연구단 참여교수 연구실의 적극적인 참여 유도.
- ‘미리 보는 과학자’ 프로그램 추진.
 - 고교생 대상 과학 심화 연구학습 (R&E: Research & Education) 프로그램 적극 지원.
 - 대학의 ‘이공계 대탐험’ 프로그램에 교육연구단 차원의 적극적이고 주도적인 참여 유도.
- ‘재미있는 물리 시연’ 프로그램 추진.
 - 일반인의 과학에 대한 흥미를 높이기 위한 기초 물리실험 시연.
 - 물리학과 데모강의실에서 일반인을 위한 물리실험 시연 강의 개설.

② 건강한 과학 리더십 구축

☞ ‘과제 2 - 학령 인구 감소에 따른 과학 전문인력 부족 해소’에 대응.

☞ ‘과제 3 - 과학 기술 발달로 급변하는 사회 (4차 산업혁명 등)에 능동적으로 대처’에 대응.

○ 과학기술 지식 환원 활동 활성화.

- ☞ 본 교육연구단이 지향하는 ‘혁신적인 연구’, ‘함께 하는 연구’에 의해 양성된 스타 연구자를 주축으로 (‘1.3 교육연구단의 연구역량 향상 계획’ 참조), 사회의 과학 리더십 활동 (대중매체 기고, 과학 기술 정책 자문 활동)에 적극 참여.
- 국가 과학기술 자문 활동 지속 (국가과학기술자문회의 등).
 - 지자체 주관 과학정책 및 산업화 프로그램의 자문단 활동 활성화.
 - 대중 매체를 이용한 과학정책 소개, 과학 대중화 활동 수행.
 - 방문특강으로 일반인 대상 과학 강연 확대: 농어촌 방문특강 활동 확대.

○ ‘Amusing Physics Club (APC)’ 프로그램 진행.

- 포스텍 물리학과 교수, 학과 실험지원 전문 인력, 지역 초중고 교사 등으로 모임 구성.
- 사업단 참여교수가 적극적으로 참여하여 데모 시연 및 설계.
- 초중고 과학교사 대상 물리교육을 통해 과학 전문화 및 대중화 유도.
- 본 프로그램은 지난 20 여년간 포스텍 물리학과에서 주도적으로 참여해서 실제 운영 실적을 보유하고 있음.

③ 첨단과학 지역 생태계 조성

☞ ‘과제 1 - 산업체 미래 성장 동력원 확보’ 대응 계획.

☞ ‘과제 3 - 과학 기술 발달로 급변하는 사회 (4차 산업혁명 등)에 능동적으로 대처’ 대응 계획.

○ 지역사회 연계 (Connecting 포항) 활동 진행.

- ☞ 본 교육연구단의 연구역량 향상을 위한 실행 방법으로 제안한 ‘포스텍 플래그십’ 연구센터를 통해 산업·사회 협력 활동을 추진.

- 지역사회와 연계된 연구 클러스터 추진.
 - 주력 연구 클러스터의 연구내용 중 산업체 및 지역사회와의 교류 또는 기술 환원이 가능한 소재를 발굴하는 활동 촉진.
 - 막스플랑크 한국/포스텍 연구소 (MPK)의 지역사회 연계 활성화 사례를 벤치마킹 (참조: ‘2.1 산업·사회 문제 해결 기여 실적’, 예: ‘한·독 과학 협력 네트워크 조성 및 연구 교류’).
 - 교육연구단의 강점 연구 분야인 첨단 물성과 양자 정보 연구를 지역 기반 국제 과학기술 교류 사업으로 정착시킴 (과제 3 대응).
 - 각 ‘주력 연구 클러스터’에서 중점적으로 수행 중인 연구 주제에 어울리는 협력 프로그램을 추진: 연락 데스크 설치 등.
- ‘Advanced Pohang Forum (APF)’ 프로그램 활용.
 - 포스텍에서 주관 지역 실업인 및 사회 인사들이 참석한 포럼 행사.
 - 포항 지역사회 및 산업체의 현안 문제를 공유하고 발전 방안을 모색하는 자리.
 - 지역사회와의 사회적 공감대 조성에 큰 기여.

(3) 기대 효과

- 첨단 원천기술 공유로 국내 기업의 국제 경쟁력 제고.
 - 본 교육연구단 선정 첫 번째 산업사회 과제인 ‘과제 1 - 산업체 미래 성장 동력원 확보’에 대응.
- 차세대 전자소재 지식 재원 확보 (비메모리 소자 - 스핀트로닉스 연구실), 양자 정보·통신 원천 기술 선점 (양자광학 연구실), 신 자성재료 원천지식 확보.
 - ‘과제 1 - 산업체 미래 성장 동력원 확보’에 대응.
- 초중고 대상 과학 인지도 고양 및 전문 과학 교육의 활성화.
 - ‘과제 2 - 학령 인구 감소에 따른 과학 전문인력 부족 해소’에 대응.
- 사회의 수준 높은 과학 기술 지식 함양 (적극적인 과학 대중화 활동의 성과).
 - ‘과제 3 - 과학 기술 발달로 급변하는 사회 (4차 산업혁명 등)에 능동적으로 대처’에 대응.
- 산업의 성장을 지속적으로 조력하는 학·연 연계 생태계 확보.

3. 연구의 국제화 현황

3.1 참여교수의 국제화 현황

① 국제적 학술활동 참여 실적 및 현황

국제적 학술활동 실적에 대한 전체적인 요약

(1) 국제학술활동 실적 요약

☞ 포스텍 물리교육연구단 참여교수의 지난 5년간 국제학술활동 실적을 요약하면 다음과 같다.

- 국제학술대회 기조강연 (3건) 및 초청강연 (140여건).
- 해외 주요 학회 조직위원 또는 조직위원장 역할 수행 (50여건).
- 국제 저명 학술지 편집위원으로 활동 (11건).
- 기타 주요 국제 학술 활동 (2건).

구체적 학술활동 상세 실적

(1) 개요

포스텍 물리교육연구단 참여교수는 국제학회 초청 강연, 국제학회 운영위원 활동, 국제 학술지 편집위원 활동, 전문서적 집필 등의 활발하고 지속적인 국제 학술활동을 수행하고 있다. 상세한 내역은 다음과 같다.

(2) 국제학술대회 기조강연

☞ 꾸준한 기조강연 실적은 사업단의 연구 질적 수준 향상 전략이 참여교수의 국제적 인지도 향상에 긍정적인 영향을 주고 있음을 보여줌.

○ 국제학술대회 기조강연 목록 (3건).

- 16th International Conference on the Formation of Semiconductor Interfaces (ICFSI 2017), Germany, 2017. 07. 02 ~ 2017. 07. 07.
- , The 10th International Conference on Advanced Materials and Device (ICAMD 2017), Korea, 2017. 12. 05 ~ 2017. 12. 08.
- , 13th Asian International Seminar in Atomic and Molecular Physics, India, 2018. 12. 03 ~ 2018. 12. 08.

(3) 국제학술대회 초청강연 목록 (총 140여회).

☞ 총 140여회 중 대표적인 학술대회 초청강연 실적을 아래에 정리하였음. 전체 목록은 보관 증빙자료로 사업단 보관.

○ 참여교수의 국제학술대회 초청 강연 대표사례 (총 140회 이상 중 14건 선정).

- , The 2nd International Conference on Nanomaterials, Nanodevices, Fabrication and Characterization, Spain, 2017. 04. 04 ~ 2017. 04. 06.
- , American Physical Society March Meeting, USA, 2019. 03. 04 ~ 2019. 03. 08.
- , KITP Conference: Novel states in spin-orbit coupled quantum matter, USA, 2015. 07. 27 ~ 2015. 07. 31.
- , Operators, Functions and Systems of Mathematical Physics 2019, Azerbaijan, 2019. 06. 10 ~ 2019. 06. 14.
- , American Physical Society March Meeting, USA, 2015. 03. 02 ~ 2015. 03. 06.

- , 14th International Conference on Surface X-ray and Neutron Scattering, USA, 2016. 07. 10 ~ 2016. 07. 14.
- , Asia-Pacific Laser Symposium (APLS 2016), Korea, 2016. 05. 10 ~ 2015. 05. 14.
- , Gordon Research Conference, USA, 2016. 06. 05 ~ 2016. 06. 10.
- , Simons Program: Frontiers in Quantum Hamm Physics, Denmark, 2017. 07. 10 ~ 2017. 07. 13.
- , SPIE Optics & Photonics 2018, USA, 2018. 08. 19 ~ 2018. 08. 24.
- , 16th RIEC International Workshop on Spintronics, Japan, 2019. 01. 09 ~ 2019. 01. 12.
- , 2018 ISAF-FMA-AMF-AMEC-PFM Joint Conference, Japan, 2018. 05. 27 ~ 2018. 06. 01.
- , The International workshop on Dynamics, Nonlinearity and Stochasticity, China, 2010. 04. 01 ~ 2019. 04. 04.
- , The 22nd Asian Workshop on First-Principles Electronic Structure Calculations, Japan, 2019. 10. 28 ~ 2019. 10. 30.

(4) 좌장 및 국내외 주요위원회 활동 목록 (총 50여 건)

☞ 총 50여회 중 대표적인 국제학술대회 조직위원 활동 내용을 아래에 정리하였음. 전체 목록은 보관 증빙자료로 사업단.

○ 사업단 참여교수의 국제위원회 활동 대표사례 (15 건).

- , Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO), Program Committee Member, 2013. 03. 01 ~ 2015. 12. 31.
- , LPHYS2019 28th Annual Laser Physics Workshop, Cochair, 2019. 07. 08 ~ 2019. 07. 12.
- , International Conference on Synthetic Metals, Local Committee, 2014. 11. 07 ~ 2018. 07. 09.
- , APCTP-KIAS Quantum Material Symposium, Organizing committee, 2019. 02. 10 ~ 2019. 02. 15.
- , APCTP Workshop on Delocalisation Transitions in Disordered Systems, Workshop organizer 2015. 07. 24 ~ 2015. 08. 02.
- , The 19th International Conference on Recent Progress in Many-Body Theories, Organizer, 2017. 06. 25 ~ 2017. 06. 30.
- , International Workshop on Disordered Systems: From Localization to Thermalization and Topology, Organizer, 2018. 09. 03 ~ 2018. 09. 07.
- , Strings, Branes and Gauge Theories, Main Organizer, 2019. 07. 17 ~ 2019. 07. 26.
- , 8th Asian Winter School on String, Particles and Cosmology, Course Organizer, 2014. 01. 09 ~ 2014. 01. 18.
- , The 9th International Workshop on Nanoscale Spectroscopy and Nanotechnology, Cochair, 2017. 09. 24 ~ 2017. 09. 28.
- , International Conference on the Structure of Surfaces, International Steering Committee, 2010. 01. 01 ~ 2016. 12. 31.
- , 24th International Colloquium on Scanning Tunneling Microscopy (ICSPM24), Organizing Committee, 2016. 03. 01 ~ 2016. 12. 16.
- , 11th International Symposium on Atomic Level Characterization for New Materials and Devices '17 (ALC' 17), Organizing Committee, 2016. 08. 01 ~ 2017. 12. 08.
- , The Arctic Biophysics Meeting on Epigenetic and Chromosome Dynamics, Organizer, 2019. 01. 21 ~ 2019. 01. 24.
- , 18th International Symposium on the Physics of Semiconductors and Applications,

Program Committee, 2015. 08. 11 ~ 2016. 07. 07.

(5) 기타 주요 국제 활동 (총 2건)

- 교수 2017년 10월부터 American Physical Society Fellow로 선정되어 활동.
- 교수 2015년 8월부터 2019년 7월까지 APCTP Scientific Program Coordinator로 활동.

(6) 국제학술지 편집위원 활동 (총 11건)

- 교수: Physical Review Applied (APS), Editorial Board Member로 활동.
- 교수: Scientific Reports (NPG), Editorial Board Member로 활동.
- 그 외 자성체, 생물물리, 분광 분야 주요 저널에 4명의 교수가 각각 편집위원 활동.

(7) 국제 저술 활동 (3건)

☞ Book Chapter 저술 실적 (ISBN 부여된 실적).

- 교수: Chapter 12 ‘DNA mismatch repair’ of “DNA Replication, Recombination and Repair: Molecular Mechanisms and Pathology”
(Springer, 2016, ISBN 978-4-431-55873-6, Pages 305 ~ 339)
 - Springer에서 출판한 DNA Replication, Recombination and Repair 관련 전공서. 총 21장으로 구성. 본 교육연구단 소속 교수와 미국 오하이오 주립대학의 교수가 12장 공동작성.
 - ‘DNA mismatch repair’에 대해 2015년 노벨 화학상이 수여되었으나 그 근본 원리는 아직 많은 부분이 밝혀지지 않았음. 이 장 (Chapter 12)에서는 단일분자 이미징 기술을 소개하고, 현재까지 해결된 주제와 미해결된 문제를 서술. 관련 분야의 중요한 연구업적 정리.
- 교수: Chapter 7 ‘Metal-insulator transitions and non-Fermi liquid behaviors in 5d perovskite iridates’ of “Perovskite Materials - Synthesis, Characterisation, Properties, and Applications”
(InTech, 2016, ISBN: 978-953-51-2245-6, Pages 221 ~ 259).
 - 최근 연구가 많이 되고 있는 스핀-궤도 결합 물질들에 대한 리뷰. 이 분야를 오랫동안 연구해 온 포스텍 물리학과 교수와 (정년퇴임) 교수가 초청되어 공동으로 5d Perovskite Iridates에서 나타나는 금속-비금속 상전이 현상에 대한 내용 집필.
- 교수: Chapter 12 ‘Emergent gauge fields and their nonperturbative effects in correlated electrons’ of “The Multifaceted Skyrmion, 2nd Edition” (World Scientific, 2016, ISBN: 978-9814280693, Pages 285 ~ 349).
 - 초끈 이론, 핵입자 이론, 응집물리 분야 전반에 걸쳐 연구되고 있는 스커미온 (Skyrmion)에 대해 각 분야 전문가들의 리뷰로 구성. 본 교육연구단의 교수가 초청되어 양자수 분할 (Quantum Number Fractionalization) 원리와 관련된 내용 집필.

② 국제 공동연구 실적

<표 3 6> 최근 5년간 국제 공동연구 실적

연번	공동연구 참여자		상대국 /소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호/ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육연구단 참여교수	국외 공동연구자			
1			일본/Yamagata Univ, 미국/Florida State Univ, 미국 /Los Alamos Natl Lab	(2017) Violation of Ohm's law in a Weyl metal, NAT MATER, Vol. 16. pp. 1096~1099.	10.1038/NMAT4965
2			싱가포르/Nanyang Technol Univ	(2019) Plasmonic dynamics measured with frequency-comb-referenced phase spectroscopy, NAT PHYS, Vol. 15. pp. 132~137.	10.1038/s41567-018-0330-6
3			독일/Max Planck Inst Solid State Res, Tech Univ Munich, Max Planck Inst Chem Phys Solids, 인도 /Bhabha Atom Res Ctr, 미국/Oak Ridge Natl Lab, 프랑스/Inst Laue Langevin, 체코 /Masaryk Univ	(2017) Higgs mode and its decay in a two-dimensional antiferromagnet, NAT PHYS, Vol. 13. pp. 633~637.	10.1038/nphys4077
4			독일/Max Planck Inst Festkorperforsch, DESY, Univ Stuttgart, 일본 /Univ Tokyo, 미국 /SLAC Natl Accelerator Lab	(2019) Spin waves and spin-state transitions in a ruthenate high-temperature antiferromagnet, NAT MATER, Vol. 18. pp. 563~567.	10.1038/s41563-019-0327-2
5			독일/IFW Dresden, 독일/Tech Univ Dresden	(2015) Orbital-driven nematicity in FeSe, NAT MATER, Vol. 14. pp. 210~214.	10.1038/NMAT4138

연번	공동연구 참여자		상대국 /소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호/ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육연구단 참여교수	국외 공동연구자			
6			미국/Univ Illinois, 미국/Univ Virginia	(2018) Generation, transport and detection of valley- locked spin photocurrent in WSe ₂ -graphene- Bi ₂ Se ₃ heterostructures, NAT NANOTECHNOL, Vol. 13. pp. 910~914.	10.1038/s41565-018- 0195-y
7			미국/Univ Calif Berkeley, 미국 /Univ Michigan, 독 일/Univ Wurzburg	(2016) Electronic Structure of YbB ₆ : Is it a Topological Insulator or Not?, PHYS REV LETT, Vol. 116. pp. 116401-1~116401-6.	10.1103/PhysRevLett.1 16.116401
8			일본/Univ Tokyo, 영국/Rutherford Appleton Lab, ISIS Facil, 남아프리 카공화국/Univ Johannesburg	(2017) Majorana fermions in the Kitaev quantum spin system alpha-RuCl ₃ , NAT PHYS, Vol. 13. pp. 1079~1085.	10.1038/nphys4264
9			독일/Max Planck Inst Chem Phys Solid, 일본/RIKEN, iTHES Res Grp, RIKEN, Computat Condensed Matter Phys Lab, 미국/NIST, NIST Ctr Neutron Res	(2016) Spin-orbit coupled molecular quantum magnetism realized in inorganic solid, NAT COMMUN, Vol. 7. pp. 12912-1~12912-7.	10.1038/ncomms12912
10			일본/RIKEN, SPring 8 Ctr, 미국 /SLAC Natl Accelerator Lab, 미국/UCLA, 독일 /European XFEL GmbH, 일본 /Japan Synchrotron Radiat Res Inst	(2019) Direct observation of picosecond melting and disintegration of metallic nanoparticles, NAT COMMUN, Vol. 10. pp. 2411-1~2411-6.	10.1038/s41467-019- 10328-4

연번	공동연구 참여자		상대국 /소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호/ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육연구단 참여교수	국외 공동연구자			
11			일본/RIKEN SPring 8 Ctr, 일본/Kyoto Univ, 프랑스/Univ Grenoble Alpes, 프랑스/European Synchrotron Radiat Facil, 일본 /Japan Sci & Technol Agcy JST, 일본/Univ Tokyo, 스웨덴/Univ Gothenburg, 일본 /Kobe Univ, 일본 /Japan Synchrotron Radiat Res Inst, 일 본/RIKEN Ctr Life Sci Technol, 일본 /Osaka Univ, 스위 스/Paul Scherrer Inst, 스웨덴 /Uppsala Univ, 스 위스/Swiss Fed Inst Technol, 독일 /Free Univ Berlin	(2016) A three-dimensional movie of structural changes in bacteriorhodopsin, SCIENCE, Vol. 354. pp. 1552~1557.	10.1126/science.aah34 97
12			미국/Yale Univ	(2016) Large Brillouin amplification in silicon, NAT PHOTONICS, Vol. 10. pp. 463~467.	10.1038/NPHOTON.201 6.112

연번	공동연구 참여자		상대국 /소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호/ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육연구단 참여교수	국외 공동연구자			
13			미국/Rutgers State Univ	(2016) Nanoscale manipulation of the Mott insulating state coupled to charge order in 1T-TaS ₂ , NAT COMMUN, Vol. 7. pp. 10453-1~10453-6.	10.1038/ncomms10453
14			미국/Penn State Univ, Univ Nebraska	(2019) Enhanced flexoelectricity at reduced dimensions revealed by mechanically tunable quantum tunnelling, NAT COMMUN, Vol. 10. pp. 537-1~537-7.	10.1038/s41467-019- 08462-0
15			미국/Ohio State Univ	(2016) Cascading MutS and MutL sliding clamps control DNA diffusion to activate mismatch repair, NATURE, Vol. 539. pp. 583~587.	10.1038/nature20562
16			미국/Ohio State Univ	(2019) MutL sliding clamps coordinate exonuclease-independent Escherichia coli mismatch repair, NAT COMMUN, Vol. 10. pp. 5294-1~5294-15.	10.1038/s41467-019- 13191-5
17			싱가포르/Natl Univ Singapore	(2015) Spin-orbit-torque engineering via oxygen manipulation, NAT NANOTECHNOL, Vol. 10. pp. 333~338.	10.1038/NNANO.2015.1 8
18			미국/Natl Inst Stand & Technol, 미국/Univ Maryland	(2016) SPINTRONICS Chiral damping, NAT MATER, Vol. 15. pp. 253~254.	10.1038/nmat4565
19			일본/Natl Inst Mat Sci	(2016) Valley- symmetry-preserved transport in ballistic graphene with gate-defined carrier guiding, NAT PHYS, Vol. 12. pp. 1022~1026.	10.1038/NPHYS3804

3.1 참여교수의 국제화 현황

③ 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적 및 계획

(1) 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적 요약

- 국제 공동연구 우수논문 발표성과: PRL급 이상의 국제 공동연구 논문 발표 연평균 13편.
- 국제협력 MOU 및 국제 공동연구 과제 수주 증대:
2015년 1월 이후 11건으로, 그 이전 사업신청서 작성 시점 대비 약 2배 증가함.
- 국제 공동연구 MOU 체결 (총 5건): 독일 (3건), 일본 (1건), 인도 (1건).
- 국제 공동연구 프로그램 운영 및 국제 공동연구 과제 수행 (6건).
- 해외 우수연구자 초청 세미나 (100 건 이상).

(2) 해외 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적 상세

- 국제협력 MOU 체결 (5건).

• 독일 Technical University of Kaiserslautern	기간: 2014. 03. ~ 2017. 03.
- 극고속 광학분야 인적 교류 및 공동연구 확대	
• 일본 RIKEN	기간: 2015. 02. ~ 2020. 02.
- X-선 과학 분야 인적 교류 확대.	
• 독일 Max-Planck-Gesellschaft	기간: 2015. 06. ~ 2020. 06.
- 막스플랑크 한국/포스텍 연구소 (MPK) 관련 인적 교류 및 공동연구 확대.	
• 인도 Indian Institute of Technology, Dehli	기간: 2016. 01. ~ 2021. 01.
- 인적 교류 및 공동연구 확대.	
• 독일 Forschungszentrum Julich	기간: 2019. 06. ~ 2020. 02.
- Magnetic Nanostructure 연구에 대한 인적 교류 및 공동연구 확대.	

- 국제 공동 연구과제 수주 (6건).

• 한국연구재단 한-독 파트너십 프로그램	2015 ~ 2017
- 교수 / 교수	독일 Technical Univ of Kaiserslautern
• 한국연구재단 한-스웨덴 연구교류 지원사업	2016 ~ 2019
- 교수/ 교수	스웨덴 Umea 대학
• 한국연구재단 일반연구교류 지원사업	2016 ~ 2017
- 교수/ 교수	사우디아라비아 KAUST
• 한국연구재단 글로벌연구실사업	2017 ~ 2023
- 교수/ 교수	미국 Ohio State University
• 한국연구재단 한-캐나다 국제화 기반조성사업	2017 ~ 2018
- 교수/ 교수	캐나다 University of Ottawa
• 한국연구재단 한-EU(ERC) 연구자교류 협력사업	2019 ~ 2020
- 교수/ 교수	오스트리아 비엔나 공대

- 해외학자 초청 세미나를 통한 국제교류 활성화 (총 141건).

☞ 총 초청 강연 실적 중 5건 예시 (전체 목록은 보관 증빙자료로 사업단 보관).

- Prof. (미국 Florida State Univ., Marko V. Jaric Prize 수상), 2015. 04. 21.
제목: 'SDRG Approach to Anderson Localization' .
- Prof. (일본 Univ. of Tokyo), 2016. 06. 01.
제목: 'Thermal fractionalization of quantum spins in Kitaev spin liquids' .
- Prof. (미국 Georgia Institute of Tech.), 2016. 06. 29.
제목: 'Single-molecule studies of DNA strand displacement' .
- Prof. (네덜란드 Utrecht Univ., 노벨 물리학상 수상), 2017. 10. 27.
제목: 'From sub-atomic particles to black holes: a world of physics in a bird's eye view'
- Prof. (이탈리아 ICTP), 2018. 11. 27.
제목: 'Two-stage Kondo effect'.
- Prof. (Soochow Univ., 중국), 2019. 06. 04.
제목: "Dirac's mirror, refraction and wonderland".

(3) 사업단 해외 연구 기관과의 교류 활성화 전략 및 계획.

- ☞ 포스텍 물리교육연구단은 ‘외향성 (Outbound) 국제화’, ‘내향성 (Inbound) 국제화’, ‘캠퍼스 국제화’의 세 가지 측면에서 국제화 노력을 추진할 계획임.
- ☞ 구체적으로는 해외 연구기관과의 교류 활성화를 위해 다음 세 가지 전략을 추진할 예정.

『포스텍 물리교육연구단의 해외연구 기관과의 교류 활성화 전략』	
● 전략 1	‘포스텍 플래그십’ 연구그룹 주도 기관 대 기관 국제연구 교류 플랫폼 구축 및 확대.
● 전략 2	우수 연구자 주도 개인 연구 우수성 중심의 국제 공동연구 활성화.
● 전략 3	교육연구단 주도 연구자 국제교류 프로그램 조성.
★ 목표	“물리학 글로벌 리더 양성 및 한국 브랜드 연구 성과 7건 달성”

① 전략 1: 기관 대 기관 국제연구 교류 플랫폼 구축 및 확대

- ☞ 포스텍 물리교육연구단이 연구 활성화 계획에서 제시한 ‘포스텍 플래그십’을 중심으로 국제화 사업이 육성될 예정이며, ‘해외 연구 기관과의 교류 활성화’ 활동이 핵심 사업으로 진행될 예정임.
- 포스텍 플래그십을 구성하는 물리교육연구단의 ‘주력 연구센터’와 해외연구기관 또는 연구그룹 전체와의 교류 활성화: 센터 간 MOU 협약을 통한 활성화.
- 주력 연구센터 주관 Bilateral 학회 등 정기행사를 통한 단체 교류 활동 도모.
- 예: 막스플랑크 한국/포스텍 연구소(MPK)와 독일 MPI Dresden 연구자 간 연례 학술행사.
- 학생 및 신진연구자 방문 교류: 센터 간 MOU 및 교류 학술행사를 기반으로 양국 연구자의 중·장기 방문 교류 추진. 행정 및 경제적 지원.
- 포스텍 소재 막스플랑크 한국/포스텍 연구소 (MPK) 및 아태이론물리센터(APCTP)에서는 이런 프로그램들이 운영되고 있으며, BK21 FOUR 사업을 통해 프로그램을 확장·보완할 예정임.
- 교육연구단의 새로운 주력연구센터로 부상할 ‘포스텍 포톤사이언스센터’의 경우 포항가속기연구소와 밀접한 연계 활동을 통해 이러한 국제 연구교류 프로그램 구축.

② 전략 2: 개인 연구 우수성 중심의 국제 공동연구 활성화

- ☞ 참여교수 개개인의 연구 수월성을 바탕으로 해외연구그룹과 교류를 확대하고 공동연구 활성화.
- BK21 Plus 사업기간에 구축된 개인 기반 국제 공동연구 네트워크의 적극적 활용.
- 물리교육연구단 참여교수 모두 국제 공동연구를 활발하게 진행 중.
- 향후 계획에 대해서는 아래 제시된 표 참조 (‘국제공동연구 계획’).
- 활발한 국제공동연구 활동을 위해 개인연구의 수월성 향상을 통한 국제적 인지도 제고 노력.

③ 전략 3: 연구자 국제교류 프로그램 조성

- ☞ 교육연구단 차원에서 국제적인 교류 프로그램을 체계적으로 구축하여, 가시적인 성과를 보이고 지속적인 국제 연구 교류 활동이 이루어지기 위한 시스템 구축을 통한 해외 연구자 교류 활성화 전략.
- 교육연구단 주관 ‘On the Globe Fair’ 행사 개최: 연 1회, 교내 체류 중인 외국인 연구자 초청 상호 인적 교류의 폭을 넓히는 행사로 진행.
- 대학원생 및 신진 연구자의 국제 학술대회 참여 지원: 참여교수 연구실 당 연간 500 만원 수준.

【 포스텍 물리교육연구단 국제공동연구 계획 】

No.	참여교수	공동연구자	해외 기관	연구 주제
1			독일 MPI for Str. Dynamics	High order hamonics를 이용한 상전이 연구
2			독일 MPI for Str. Dynamics	강한 전자기장을 이용한 동역학적 물성 조작 연구
3			프랑스 CNRS	포논 광여기를 통한 물성 제어를 위한 제일원리계산 공동 연구.
4			미국 Argon National Lab.	열퍼짐 흐뜨림 산란 (thermal diffuse scattering) 및 비탄성 엑스선 산란(inelastic X-ray scattering)을 이용한 격자진동 동력학 연구
5			미국 National High Magnetic Field Lab.	Kagome 자성체의 위상학적 전도특성 연구
6			일본 Institute of Solid State Physics	Nodal line 위상준금속의 고자기장 양자전도특성 연구
7			미국 Simons Center for Geometry and Physics & 일본 Tokai University	6차원 초대칭 등각장론을 위상 vertex 방법으로 구성한 방법 연구
8			미국 Harvard Univ. (KITP)	6차원 초대칭 중력이론들에 대한 기하학적 분류 방법 연구
9			중국 UESTC	6차원 초대칭 등각장론을 twisted 차원내림을 통해 얻어지는 5차원 이론들의 분배함수 연구
10			중국 Shanghai Tech Univ.	초고속 엑스선 활용 시분해 이미징 연구
11			싱가폴 국립대학교	XFEL 단일입자 3차원 이미징 연구
12			미국 Raytheon BBN Tech.	마이크로파 단광자 검출기 개발
13			홍콩과기대	고차 위상 부도체 (higher order topological insulator)와 초전도 접합 공동연구
14			미국 Rice university	세포간 나노튜브활용 물질교환 메커니즘 연구
15			미국 오하이오 주립대학	세포에서 DNA 오류 복원 메커니즘 규명과 정밀진료를 위한 응용 연구
16			독일 Johannes Gutenberg Univ. Mainz	나노 자성구조에서의 오비탈 토크 연구
17			독일 Potsdam University	Transport dynamics in extreme value landscape
18			캐나다 Perimeter Institute for Theoretical Physics	Topological field theory of Higher-order topological insulators
19			미국 Univ. of Illinois at Urbana-Champaign	Theoretical design for correlated pair density wave superconducting states

(4) 국제 연구교류 활성화 전략과 본 교육연구단 연구비전의 연관성

- 본 교육연구단에서 연구 국제화 전략으로 제시한 '플래그십 센터 중심의 기관 대 기관 연계', '우수 연구 기반 연구자 간 실질적 연구 교류', 그리고 '교육연구단 주도의 국제교류 프로그램 구축'은 세계적인 연구경쟁력을 통해 국제적 인지도를 확보하려는 의지를 표명함.
- 이는 튼튼하게 다져진 연구를 토대로 세계 최정상급의 물리학과로 부상하고자 하는 비전이 반영된 것으로 포스텍 물리교육연구단이 선언한 '물리학 글로벌 리더 양성과 포스텍 브랜드 연구 7건 달성'의 목표를 성취하기 위한 적극적인 계획임.
- 제시된 국제화 전략에서 나타난 구체적 계획의 개연성은 지난 수년간 보인 해외 연구교류의 성공적 사례를 통해 입증되었으며, BK21 FOUR 사업의 추진 전략을 통해 지속적이고 체계적인 해외 연구교류 기반이 구축될 것을 기대.