

# 물리학과

## Department of Physics

### 1. 학과소개

#### (1) 학과 사무실

가. 위치: 수림과학관(자연과학대학) 3층 315호  
나. 전화: (02)820-5189 FAX: (02)825-4988

#### (2) 학과소개

일반대학원 물리학과는 1958년에 석사과정(물리학전공)과 1973년에 박사과정이 설립된 이래 고체물리학, 핵 및 입자물리학, 광학 및 플라즈마물리학의 세부 연구 분야에서 최첨단 연구와 교육을 수행하고 있다. 졸업생들은 대학, 연구소, 산업체 등에서 주도적인 활동을 하고 있다.

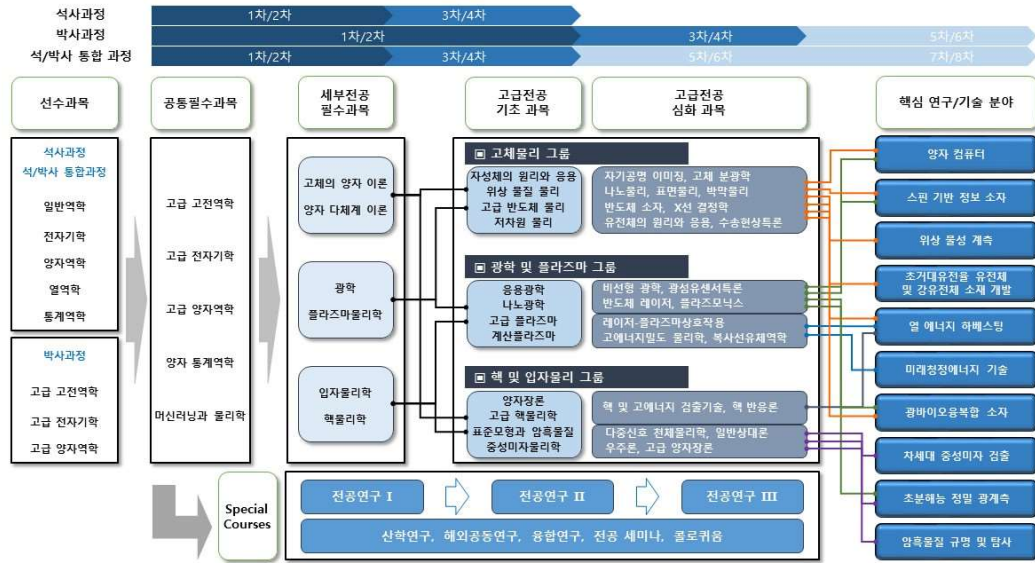
#### (3) 교육목표

- 가. 물리학의 근본 원리와 최첨단 물리 연구 방법을 습득한 창의적이고 비판적 사고능력을 갖춘 인재를 양성한다.
- 나. 4차 산업혁명시대의 다양한 과학기술적 문제해결에 요구되는 물리 이론 및 실험 능력을 보유한 전문가를 양성한다.
- 다. 고체물리학, 광학, 플라즈마물리학, 핵물리학, 입자물리학의 전문지식을 활용하여 미래의 과학기술 패러다임을 주도할 역량이 있는 과학자를 배출한다.
- 라. 물리 전문지식에 대한 의사소통 기술을 배양하고 학제간 연구가 가능한 융합형 인재를 양성한다.

#### (4) 교수진

교수명	직 위	최종출신교	학위명	연구분야	전화번호
이춘식 (李春植)	교수	Rutgers University	이학박사	핵물리학	5195
한상준 (韓相俊)	교수	POSTECH	이학박사	플라즈마물리학	5222
성맹제 (成孟濟)	교수	Purdue University	이학박사	고체물리학	5190
김시연 (金始衍)	교수	Indiana University	이학박사	입자물리학	5237
윤영귀 (尹英貴)	교수	UC Berkeley	이학박사	응집물질물리학	5238
이상권 (李相權)	교수	Royal Inst. of Technology	공학박사	고체물리학	5455
송광용 (宋光容)	교수	KAIST	이학박사	광학	5834
박순용 (朴淳鏞)	부교수	Rutgers University	이학박사	응집물리실험	5191
권순홍 (權純泓)	교수	KAIST	이학박사	광학	5844
이현민 (李鉉敏)	교수	서울대학교	이학박사	입자물리학	5644
장서형 (張叙炯)	부교수	서울대학교	이학박사	응집물리실험	5215
전상준 (全相俊)	조교수	서울대학교	이학박사	응집물리실험	5194
하창현 (河昌賢)	부교수	Penn State University	이학박사	입자천체물리실험	5236
김건우 (金建佑)	조교수	California Institute of Technology	이학박사	응집물리이론	5139

## [물리학과 대학원 커리큘럼 도식도]



## 2. 학과내규

### (1) 선수과목

가. 선수과목 대상

전공(학과)을 달리하여 입학한 석박사과정생, 외국 대학(원), 특수 및 전문대학원 출신자의 경우 학과에서 지정한 아래 표의 선수과목 가운데 석사과정 학생은 5 과목 15학점, 박사과정 학생은 3과목 9학점을 이수하거나 대체인정을 받아야 한다.

나. 선수과목

석사과정		박사과정	
학점	과목명	학점	과목명
3	일반역학	3	고급 고전역학
3	전자기학	3	고급 전자기학
3	양자역학	3	고급 양자역학
3	열역학	3	
3	통계역학		

### (2) 교과과정 구성

가. 타 학과 개설과목의 수강 학점 상한

재학 중 타 학과에서 개설한 과목의 수강은 석사과정은 9학점까지, 박사과정은 12학점, 석·박사학위 통합과정은 18학점까지만 허용함

나. 학위과정별 교과과정 구성

1) 석사과정

- ① 졸업에 필요한 학점: 30학점, 전공연구 2학점
- ② 교과목 체계도: 공통필수과목 3과목, 세부전공 필수과목 1과목 이수
- ③ 재학 중 동일 교·강사가 담당하는 교과목은 3과목을 초과하여 수강할 수 없음

구분	고체물리 그룹	핵 및 입자물리학 그룹	광학 및 플라즈마물리학 그룹
공동필수과목 [3과목 이수]	고급 고전역학, 고급 전자기학, 고급 양자역학, 양자 통계역학, 머신러닝과 물리학		
세부전공 필수과목 [1과목 이수]	고체의 양자 이론 양자 다체계 이론	입자물리학 핵물리학	광학 플라즈마물리학
고급전공 기초 선택과목	자성체의 원리와 응용, 위상 물질 물리, 고급 반도체 물리, 저차원 물리 양자장론, 고급 핵물리학, 표준모형과 암흑물질, 중성미자물리학 응용광학, 나노광학, 고급 플라즈마, 계산플라즈마		
고급전공 심화 선택과목	자기공명 이미징, 고체 분광학, 나노물리, 표면물리, 박막물리, 반도체 소자, X선 결정학, 유전체의 원리와 응용, 수송현상특론, 핵 및 고에너지 검출기술, 핵 반응론, 다중신호 전체물리학, 일반 상대론, 우주론, 고급 양자장론, 비선형 광학, 광성유센서특론, 반도체 레이저, 플라즈모닉스, 레이저-플라즈마상호작용, 고에너지밀도 물리학, 복사선유체역학		
특수과목	전공연구 I, 전공연구 II, 전공연구 III, 산학연구, 해외공동연구, 융합연구, 전공세미나, 콜로퀴움		

\* 학위는 고체물리학 전공 (Solid State Physics), 입자물리학 전공 (Elementary Particle Physics), 핵물리학 전공 (Nuclear Physics), 플라즈마물리학 전공 (Plasma Physics), 광학 전공 (Optics) 으로 나누어 수여함.

\* 모든 세부전공 필수과목을 이수한 경우, 타 전공 그룹 필수과목을 포함할 수 있다.

## 2) 박사과정

- ① 졸업에 필요한 학점: 60학점(석사과정 취득학점 포함), 전공연구 4학점  
2018-1학기 신입생부터 적용 학점: 30학점 전공연구 4학점
- ② 교과목 체계도: 세부전공 필수과목 2과목 이수
- ③ 재학 중 동일 교·강사가 담당하는 교과목은 3과목을 초과하여 수강할 수 없음

구분	고체물리 그룹	핵 및 입자물리학 그룹	광학 및 플라즈마물리학 그룹
세부전공 필수과목	고체의 양자 이론 양자 다체계 이론	입자물리학 핵물리학	광학 플라즈마물리학
고급전공 기초 선택과목	자성체의 원리와 응용, 위상 물질 물리, 고급 반도체 물리, 저차원 물리 양자장론, 고급 핵물리학, 표준모형과 암흑물질, 중성미자물리학 응용광학, 나노광학, 고급 플라즈마, 계산플라즈마		
고급전공 심화 선택과목	자기공명 이미징, 고체 분광학, 나노물리, 표면물리, 박막물리, 반도체 소자, X선 결정학, 유전체의 원리와 응용, 수송현상특론, 핵 및 고에너지 검출기술, 핵 반응론, 다중신호 전체물리학, 일반 상대론, 우주론, 고급 양자장론, 비선형 광학, 광성유센서특론, 반도체 레이저, 플라즈모닉스, 레이저-플라즈마상호작용, 고에너지밀도 물리학, 복사선유체역학		
특수과목	전공연구 I, 전공연구 II, 전공연구 III, 산학연구, 해외공동연구, 융합연구, 전공세미나, 콜로퀴움		

\* 학위는 고체물리학 전공 (Solid State Physics), 입자물리학 전공 (Elementary Particle Physics), 핵물리학 전공 (Nuclear Physics), 플라즈마물리학 전공 (Plasma Physics), 광학 전공 (Optics) 으로 나누어 수여함.

\* 모든 세부전공 필수과목을 이수한 경우, 타 전공 필수과목을 포함할 수 있다.

## 3) 석·박사학위 통합과정

- ① 졸업에 필요한 학점: 57학점, 전공연구 6학점
- ② 교과목 체계도: 공동필수과목 3과목, 세부전공별 필수과목 2과목 반드시 이수
- ③ 재학 중 동일 교·강사가 담당하는 교과목은 6과목을 초과하여 수강할 수 없음

구분	고체물리 그룹	핵 및 입자물리학 그룹	광학 및 플라즈마물리학 그룹
공동필수과목 [3과목 이수]	고급 고전역학, 고급 전자기학, 고급 양자역학, 양자 통계역학, 머신러닝과 물리학		
세부전공 필수과목	고체의 양자 이론 양자 다체계 이론	입자물리학 핵물리학	광학 플라즈마물리학
고급전공 기초 선택과목	자성체의 원리와 응용, 위상 물질 물리, 고급 반도체 물리, 저차원 물리 양자장론, 고급 핵물리학, 표준모형과 암흑물질, 중성미자물리학 응용광학, 나노광학, 고급 플라즈마, 계산플라즈마		
고급전공 심화 선택과목	자기공명 이미징, 고체 분광학, 나노물리, 표면물리, 박막물리, 반도체 소자, X선 결정학, 유전체의 원리와 응용, 수송현상특론, 핵 및 고에너지 검출기술, 핵 반응론, 다중신호 천체물리학, 일반 상대론, 우주론, 고급 양자장론, 비선형 광학, 광성유선서특론, 반도체 레이저, 플라즈모닉스, 레이저-플라즈마상호작용, 고에너지밀도 물리학, 복사전유체역학		
특수과목	전공연구 I, 전공연구 II, 전공연구 III, 산학연구, 해외공동연구, 융합연구, 전공세미나, 콜로퀴움		

\* 학위는 고체물리학 전공 (Solid State Physics), 입자물리학 전공 (Elementary Particle Physics), 핵물리학 전공 (Nuclear Physics), 플라즈마물리학 전공 (Plasma Physics), 광학 전공 (Optics) 으로 나누어 수여함.

\* 모든 세부전공 필수과목을 이수한 경우, 타 전공 그룹 필수과목을 포함할 수 있다.

### (3) 해외 및 국내 연수 학점인정

- ① 국내연수는 50시간 당 1학점으로 인정하며 150시간 이상 이수 시에는 최대 3학점까지 인정한다.
- ② 해외연수는 30시간 당 1학점으로 인정하며 90시간 이상 이수 시에는 최대 3학점 까지 인정한다.
- ③ 국내 및 해외연수에 대한 학점인정은 재학 중 최대 3학점까지로 한다.

### (4) 지도교수 배정 및 세부전공 선택

#### 가. 지도교수 배정 및 전공연구

##### 1) 석사학위과정

- ① 1차 학기에 재학 중인 학생은 학기말에 지도 교수를 선정하여야 한다.
- ② 지도교수 신청은 학과에 구비된 신청서류를 작성하여 제출해야 한다. 단, 1인의 지도교수는 석박사과정생을 모두 합하여 연간 8인까지만 신규배정 받을 수 있다.
- ③ 지도교수는 교수님 및 학생의 사정으로 인하여 이후에 변경할 수 있다.
- ④ 본인의 세부전공을 결정한 후에는 전공에 따른 교과 과정에 맞춰서 강의를 수강하여야 한다. (\* 교과과정표 참조)
- ⑤ 전공 및 지도교수가 결정된 이후, 4차 학기 수강신청 시 지도교수가 개설하는 전공연구 I (2학점)을 수강하여야 한다.
- ⑥ 기타 사항은 대학원 시행세칙에 따른다.

##### 2) 박사학위과정

- ① 1차 학기에 재학 중인 학생은 학기말에 지도 교수를 선정하여야 한다.
- ② 지도교수 신청은 학과에 구비된 신청서류를 작성하여 제출해야 하며, 지도교수의 최종선정은 학생의 의사를 최대한 반영하여 교수회의를 거쳐서 이루어진다. 단, 1인의 지도교수는 석박사과정생을 모두 합하여 연간 8인까지만 신규배정 받을 수 있다.
- ③ 지도교수는 교수 및 학생의 사정으로 인하여 이후에 변경할 수 있다. 단, 지도교수를 변경한 후 1학기 이상 지도를 받은 후에 논문제출자격을 얻는다.
- ④ 본인의 세부전공을 결정한 후에는 전공에 따른 교과 과정에 맞춰서 강의를 수강하여야 한다. (\* 교과과정표 참조)
- ⑤ 전공 및 지도교수가 결정된 이후, 3차 학기 수강신청 시 부터는 지도교수가 개설하는 전공연구II(3차 학기)-III(4차 학기)을 수강하여야 한다.
- ⑥ 기타 사항은 대학원 시행세칙에 따른다.

##### 3) 석·박 통합과정

- ① 1차 학기에 재학 중인 학생은 학기말에 지도 교수를 선정하여야 한다.
- ② 지도교수 신청은 학과에 구비된 신청서류를 작성하여 제출해야 한다. 단, 1인의 지도교수는 석박사과정생을 모두 합하여 연간 8인까지만 신규배정 받을 수 있다.
- ③ 지도교수는 교수 및 학생의 사정으로 인하여 이후에 변경할 수 있다. 단, 지도교수를 변경한 후 1학기 이상 지도를 받은 후에 논문제출자격을 얻는다.

- ④ 본인의 세부전공을 결정한 후에는 전공에 따른 교과 과정에 맞춰서 강의를 수강하여야 한다. (\* 교과과정표 참조)
- ⑤ 전공 및 지도교수가 결정된 이후, 수료예정학기의 전전 학기에 전공연구을, 직전 학기에 전공연구를, 수료예정학기에 전공연구III을 이수하여야 한다. 단 동일학기에 두 과목을 중복하여 신청할 수 없다.
- ⑥ 기타 사항은 대학원 시행세칙에 따른다.

나. 세부전공 선택

세부전공은 1차 학기말까지 선택하여, 세부전공배정요 청서를 제출해야 한다.

(5) 학위논문 제출자격시험

가. 응시자격

외국어 시험의 응시는 1차 학기부터 가능하며, 종합 시험의 응시는 석사학위과정 및 박사학위과정의 경우 2차 학기 이상 수료 후, 석박사학위 통합과정의 경우 4차 학기 이상 수료 후, 해당 시험과목을 이수 완료한 이후부터 가능하다.

석사학위과정 및 박사학위과정은 3차 학기에 1과목 이상, 석박사학위 통합과정의 경우는 5차 학기에 1과목 이상 종합시험에 응시하여야 한다.

나. 외국어 시험

외국어시험 과목은 영어로 하며, 외국인학생은 한국어 능력시험을 추가한다. 외국어 시험의 성적은 계열별 상위 70% 내외에서 대학원 위원회가 최종합격을 정한다. 영어강의 개설과목을 B학점 이상의 성적으로 12학점 이상 이수하고 외국어시험대체인증서를 제출하거나 계열 학기에 개설되는 별도의 영어강좌를 수강하여 합격한 경우 외국어 시험을 면제받을 수 있다. 또한 TOEFL 530점(CBT 233점, IBT91점), TOEIC 780점 이상, TEPS 664점 이상 취득자는 어학시험 대체 인증서를 제출함으로써 합격한 것으로 본다(단, 어학시험 대체인증서 제출일 현재 유효한 성적표에 한함).

계절학기에 개설되는 영어강좌의 수강자격은 영어시험에 응시하여 불합격자에 한한다.

기타 사항은 대학원 시행세칙에 따른다.

다. 전공시험

1) 석사학위과정

공통필수과목인 다음 3과목을 선택하여 합격하여야 졸업학위논문 제출자격을 갖는다.

(고급 전자기학, 고급 양자역학, 고급 고전역학)

2) 박사학위과정

다음 표에 따라 총 4과목을 선택하여 합격하여야 졸업학위논문 제출자격을 갖는다.

교육 그룹	전공	과목
고체물리학 그룹	고체물리학	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 필수과목 중 고체의 양자이론을 포함하여 택 2</li> <li>• 기타 과목 중 택 2</li> </ul>
핵 및 입자물리학 그룹	입자물리학	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 필수과목 중 입자물리학을 포함하여 택 2</li> <li>• 기타 과목 중 택 2</li> </ul>
	핵물리학	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 필수과목 중 핵물리학을 포함하여 택 2</li> <li>• 기타 과목 중 택 2</li> </ul>
광학 및 플라즈마 물리학 그룹	플라즈마물리학	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 필수과목 중 플라즈마물리학을 포함하여 택 2</li> <li>• 기타 과목 중 택 2</li> </ul>
	광학	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 필수과목 중 광학을 포함하여 택 2</li> <li>• 기타 과목 중 택 2</li> </ul>

※ 선택 필수 과목은 대학원 주임교수와 상의하여 결정함

※ 기타 과목은 지도교수와 상의하여 결정함

※ 석사과정 종합시험에서 이미 응시했던 과목은 박사과정 종합시험 대상 과목이 될 수 없음

라. 출제 및 평가

- 1) 종합시험 출제는 해당과목 담당교수가 함.
- 2) 종합시험 평가는 해당과목 담당교수 1인과 관련분야 교수 1인의 평가점수를 평균함.
- 3) 과목당 100점 만점에 평균 80점 이상을 취득하여야 합격. 불합격 시 불합격 과목 각각에 대하여 1번의 기회 더 부여. 단, 응시생에게 불가피한 사유가 있다고 인정되는 경우 학과 전체교수회의의 결정으로 두 번째 재시험의 기회를 부여함.
- 4) 기타 사항은 대학원 시행세칙에 따른다.

(6) 논문 프로포절 심사

가. 박사논문 프로포절 심사

1) 시기 및 장소

박사논문 프로포절 심사는 본 논문 심사 학기 이전에 중간고사 기간 중 하루를 지정하여 실시한다. 장소는 논문 프로포절 심사 일정이 확정된 이후에 추가로 홈페이지 및 학과사무실 게시판을 통해 공고한다.

2) 심사위원회의 구성

박사논문 프로포절 심사위원회는 지도교수를 포함하여 4인 이상으로 구성하며, 심사위원장은 학과장이 맡도록 한다. 단, 논문지도교수는 심사위원장을 할 수 없다.

3) 심사과정

- ① 박사논문 프로포절 심사 대상자는 박사과정 재학생

및 수료생이 이에 해당된다.

- ② 박사논문 프로포절 심사를 원할 경우 학기 초에 학과 담당자에게 통보를 하며, 안내를 받도록 해야 한다.
- ③ 박사논문 프로포절 심사 대상자들은 심사일 일주일 전까지 발표 자료를 지도교수를 포함한 전체 교수 및 학과 담당자에게 직접, 또는 이메일, 우편 등을 통하여 전달하여야 한다.
- ④ 박사논문 프로포절 심사 대상자들은 심사당일 발표 자료 사본을 준비하여 참석자들에게 배부하며, 개인 별로 20~30분간 논문내용에 대해서 발표를 실시하도록 하고, 심사위원은 논문주제의 타당성, 연구방법의 타당성 등을 엄밀히 심사하여 수정·보완이 필요한 사항을 지적한다.
- ⑤ 박사논문 프로포절 심사는 심사에 참석한 학과 교수 3분의 2 이상의 찬성을 얻어야 통과되며, 프로포절 심사에 합격하여야만 학위논문심사를 받을 수 있다.
- ⑥ 박사논문 프로포절 심사결과 불합격한 경우 당해 학기에는 다시 심사를 받을 수 없다.

#### (7) 학위논문 제출자격

가. 석사과정

- 1) 본 대학원 석사학위과정 수료자 또는 수료 예정자
- 2) 석사학위 논문제출자격시험에 합격한 자
- 3) 연구윤리 및 논문작성법 특강 이수 후 연구윤리서약을 제출한 자
- 4) 학과에서 지정한 필수과목 및 선수과목(해당되는 경우)을 이수한 자
- 5) 입학 후 5년을 초과하지 아니한 자. 다만, 휴학기간은 재학연한에 산입하지 않으며 외국인은 재학연한을 두지 않는다.
- 6) 논문 제출시한 최종학기에 지도교수의 해외연수, 신분변동, 공공성을 띤 학생의 해외연수, 해외유학, 해외근무 또는 3개월 이상의 입원 치료 등의 사유가 발생한 경우에는 최장 1년간 그 기간을 연장 할 수 있으며 수료 후 군 입대로 논문 제출기한이 초과하였을 경우에도 군복무기간만큼 연장할 수 있다.
- 7) 기타 사항은 대학원 시행세칙에 따른다.

나. 박사과정

- 1) 본 대학원 박사학위과정 수료자 및 수료 예정자
- 2) 박사학위 논문제출자격시험에 합격한 자
- 3) 연구윤리 및 논문작성법 특강 이수 후 연구윤리서약을 제출한 자
- 4) 논문제출 이전학기에 박사논문 프로포절 심사를 통과한 자
- 5) 학과에서 지정한 필수과목 및 선수과목(해당되는 경

우)을 이수한 자

- 6) 입학 후 8년을 초과하지 아니한 자. 다만, 휴학기간은 재학연한에 산입하지 않으며 외국인은 재학연한을 두지 않는다.
- 7) 논문 제출시한 최종학기에 지도교수의 해외연수, 신분변동, 공공성을 띤 학생의 해외연수, 해외유학, 해외근무 또는 3개월 이상의 입원 치료 등의 사유가 발생한 경우에는 최장 1년간 그 기간을 연장 할 수 있으며 수료 후 군 입대로 논문 제출기한이 초과하였을 경우에도 군복무기간만큼 연장할 수 있다.
- 8) 국제 전문학술지(JCR)에 단독, 주 저자, 1편의 논문을 게재 한 자.
- 9) 기타 사항은 대학원 시행세칙에 따른다.

#### (8) 학위논문 본 심사

가. 석사논문심사

1) 심사위원회의 구성

- ① 심사위원은 본 대학교의 교수, 부교수, 박사학위를 소지한 조교수 및 박사학위를 소지한 본교 비전임 교수, 명예교수, 타 대학교수 및 기타 논문지도 자격이 있다고 인정되는 연구경력자로 대학원장의 승인을 받은 자에 한함.
- ② 외부 심사위원은 1인까지 위촉 가능함.
- ③ 심사위원은 논문심사가 개시된 이후에는 교체 불가함.

2) 심사과정

- ① 석사논문심사는 공개발표와 내용심사 및 구술시험으로 하고, 논문심사 일정 및 장소는 심사일 이전에 학과사무실 게시판과 학과 홈페이지에 공고하도록 함.
- ② 논문심사와 구술시험은 각각 100점 만점으로 하여, 각각 평균 80점 이상, 논문심사위원 3분의 2 이상의 찬성으로 통과함.
- 3) 기타 사항은 대학원 시행세칙에 따른다.

나. 박사논문심사

1) 심사위원회의 구성

- ① 심사위원은 본 대학교의 교수, 부교수, 박사학위를 소지한 조교수 및 박사학위를 소지한 본교 비전임 교수, 명예교수, 타 대학교수 및 기타 논문지도 자격이 있다고 인정되는 연구경력자로 대학원장의 승인을 받은 자에 한함.
- ② 외부 심사위원은 최소 1인은 의무적으로 위촉하되 2인을 초과할 수 없음.
- ③ 심사위원은 논문심사가 개시된 이후에는 교체 불가함.
- ④ 심사위원은 학기당 2편을 초과하여 논문심사 불가

함.

- ⑤ 박사논문 심사위원에는 해당 논문 프로젝트 심사위원 중 반드시 2인이 포함되어야 함.

#### 2) 심사과정

- ① 박사논문심사는 2회 이상이어야 하며, 심사위원 5분의 4이상의 출석으로 진행함.
- ② 박사논문심사는 공개발표(1차 심사의 경우)와 내용심사 및 구술시험으로 하고, 논문심사 일정 및 장소는 심사일 이전에 학과사무실 게시판과 학과 홈페이지에 공고하도록 함.
- ③ 논문심사와 구술시험은 각각 100점 만점으로 하여, 각각 평균 80점 이상, 논문심사위원 5분의 4 이상의 찬성으로 통과함.
- ④ 박사논문 심사위원회는 논문심사 개시 후 8주 이내에 심사를 완료해야 함.

3) 기타 사항은 대학원 시행세칙에 따른다.

### 3. 전공별 교과목

#### 가. 공통필수과목

##### 고급 전자기학(Advanced Electromagnetism) 3학점

전기와 자기에 대한 기초를 점검하고 전자기학을 심화 수준으로 학습한다. 전자기에 대한 이론 체계를 확립하고 동역학을 이해한다. 수리 물리 및 수치 해석 방법을 적용하여 첨단 연구 분야에 대한 응용을 학습한다.

##### 고급 양자역학(Advanced Quantum Mechanics) 3학점

원자 및 소립자와 같은 미시세계의 물질과 에너지의 본질과 행동을 기술하는 양자역학의 기본개념, 원리 및 이론을 학습한다. 강의 주제는 양자 역학의 일반 구조, 디랙 형식주의, 양자 동역학, 양자 역학의 대칭 및 게이지 변환, 스핀 개념 및 각운동량 더하기, 길적분과 섭동이론이다.

##### 고급 고전역학(Advanced Classical mechanics) 3학점

고전역학 과목은 뉴턴역학에 기초하여 물체의 운동을 다양한 이론적 방법으로 기술하는 학문이다. 고급 고전역학에서는 변분원리로부터 Lagrangian과 Hamiltonian의 수학적 접근방법과 물리적 의미를 이해하고, 현대물리학에서 사용되는 기본 원리를 습득하는데 중점을 둔 과목이다.

##### 양자 통계역학 (Quantum Statistical Mechanics) 3학점

열역학 법칙에 대한 현상학적 논의와 통계역학의 기초를 다루고, 양자 시스템에 대한 미시적인 고려와 통계적 개념을 결합하여 양자 통계역학을 이해한다. 주제로는 열역학 법칙, 열역학 포텐셜 및 분배함수, 정준 앙상블, 페르미온계, 보존계, 이징모형, 상전이 현상 등이 있다.

##### 머신러닝과 물리학 (Machine learning and Physics) 3학점

머신러닝의 기본개념을 학습하고 물리 문제에 적용한다. 강의 주제는 머신러닝 소개, 이진 분류, 다-부류 분류 기

법, 개념 학습, 트리 모델, 로 모델, 선형 모델, 거리 기반 모델, 확률 모델, 특징, 모델 앙상블, 머신러닝 실험이다.

#### 나. 세부전공별 필수과목

##### 고체의 양자 이론 (Quantum Theory of Solids) 3학점

전자와 포논의 기본 개념과 전자 상호작용, 동역학, 선행 응답 이론에 대해 학습한다. 강의 주제는 고체의 들뜸과 상호작용, 블로흐 정리, 에너지띠, 전자 동역학, 불순물 상태, 격자 동역학, 포논, 다전자 상호작용, 밀도 범함수 이론, 유전 함수, 전도도, 광학적 성질이다.

##### 양자 다체계 이론 (Quantum Many-Body Theory) 3학점

광학 현상과 수송현상, 다체 효과, 초전도체에 대해 학습한다. 강의 주제는 엑시톤, 전자-포논 상호작용, 폴라론, 페르미 면, 자기 저항, 양자 홀 효과, 수송 과정, 볼츠만 방정식, 초전도, BCS 이론, 다체 섭동 이론, 그린 함수이다.

##### 입자물리학 (Elementary Particle Physics) 3학점

입자물리학의 전 분야에 공통인 입문과정이다. 쿼크와 렙톤의 분류와 전자기력, 약력, 강력의 게이지입자를 대칭성을 이용하여 체계적으로 다루는 이론이다. 상대론적 양자역학, 강입자와 중간자의 구조, 파인만 규칙 등을 기초로 하여, 디랙 방정식, Electroweak이론, 힉스 메커니즘을 포함하는 표준모형까지 다룬다.

##### 핵물리학 (Nuclear Physics) 3학점

양성자와 중성자를 기본구성입자로 간주하여 발현하는 핵의 구조에 관한 개념을 이해한다. 핵붕괴이론과 여러 핵의 구조 모형을 토의하고 실험방법을 습득한다.

##### 광학 (Optics) 3학점

빛에 관한 연구의 역사적 배경부터 기하 광학, 파동 광학, 푸리에 광학, 전자기 광학, 도파 광학 등 다양한 방법론을 공부하며, 빛의 특성 및 물질과 빛의 상호 작용을 이해한다. 이를 이용해 렌즈, 거울, 필터, 회절격자, 공진기, 평면도파로, 광섬유, 간섭계 등 다양한 광학 소자 및 기기의 동작 원리와 특징을 학습한다.

##### 플라즈마물리학 (Plasma Physics) 3학점

우주의 99%를 구성하고 있는 고체, 액체, 기체 다음의 물질의 제4상태인 플라즈마에 대하여 그 성질 및 거동해석 등을 배운다. 플라즈마 구성원에 대한 전자기장내에서의 단일 입자모형과 이들의 집단적인 거동특성을 다루기 위한 유체 방정식과 이를 이용한 다양한 파동현상을 배운다. 아울러 플라즈마의 전기적 특성, 확산과정, 자기장에 대한 효과 그리고 핵융합과 같은 응용원리를 배운다.

#### 다. 고급전공 선택과목

##### 1) 고급전공 기본 선택과목

자성체의 원리와 응용 (Principle and Applications of Magnetism) 3학점

자성의 중심 개념과 자성질서의 기초가 되는 양자 역학적 상호작용 및 집단 여기에 대한 기본적인 이해를 제공한다. 강의 주제는 원자에서의 자성, 교환상호작용의 양자역학적 기원, Ising과 Heisenberg 스핀모형, 평균장 근사법, 스핀 파, 자기상전이와 대칭성 붕괴, 자구벽 및 금속에서의 자성과 최근 연구되고 있는 자기물질에 대한 논의이다.

### 위상 물질 물리 (Physics of Topological Materials) 3학점

최근 응집 물리학과에서 주목받고 있는 위상 물질 연구에 필요한 기본 개념과 심화된 연구방법을 학습한다. 강의 주제는 응집 물질 물리의 기초를 살펴보고 Berry curvature 기반 다양한 흥미로운 물리 현상(예, topological Hall effect, thermal Hall effect 등)에 대해 이해를 시도해 본다.

### 고급 반도체 물리 (Advanced Physics of Semiconductor) 3학점

반도체 물성 연구에 필요한 기본 개념과 심화된 연구방법을 학습한다. 강의 주제는 밴드구조계산, 전자-포논 상호작용, 결함의 전기적 특성, 수송 현상, exciton, polariton, joint-density of states, light scattering, photoelectron spectroscopy, quantum confinement effect, heterostructures 등이다.

### 저차원 물리 (Physics of Low Dimension) 3학점

2차원, 1차원, 0차원 시스템에서 발견되는 특이한 물리현상을 학습한다. 강의 주제는 저차원 시스템 제작 방법, 저차원 시스템 전자구조 분석, 저차원 시스템 이미징 분석, quantum confinement effect, 층상물질, quantum wells, nanowires, quantum dots 등이다.

### 양자장론 (Quantum Field Theory) 3학점

상대론적인 대칭성에 기반하여 기본입자를 분류하고, 파인만 다이어그램과 파인만 룰을 이용하여 입자의 상호작용과 충돌 현상을 기술한다. 기본적인 스칼라 입자의 간단한 모형과 양자전기역학(QED) 등 이론에서 구체적인 계산을 하고, 컴퓨터 프로그램을 활용하여 비교, 연구한다.

### 고급 핵물리학 (Advanced Nuclear Physics) 3학점

중간에너지 영역 이상에서 쿼크 자유도에 의한 현상을 학습하며, 대칭성 모형에 입각한 약한 상호작용을 이해한다. 또한 실험적으로 요구되는 상대론적 동역학을 배운다.

### 표준모형과 암흑물질 (Standard Model and Dark Matter) 3학점

우주론에서 표준모형의 기본입자와 상호작용의 역할을 기술한다. 여러 가지 천체 관측실험으로부터 암흑물질의 증거를 기술하고, 표준모형의 확장된 모형에서 암흑물질의 입자적 성질을 학습한다. 또한 암흑물질을 발견하기 위해서 수행되고 있는 다양한 직간접적인 실험 방법들의 원리를 이해하고 적용한다.

### 중성미자물리학 (Neutrino Physics) 3학점

표준모형을 벗어나 처음으로 실험으로 입증된 중성미자의

질량과 변환행렬에 대한 이론을 비롯하여, 중성미자 진동실험의 원리 및 실험결과들을 검토한다. 마요라나 입자로서 렙톤양자수가 보존되지 않는 이중베타붕괴과정을 탐색하고, 물질-반물질 비대칭에 필수적인 CP붕괴를 찾는 차세대 장거리 진동실험의 원리와 이슈들을 다룬다.

### 응용광학 (Applied Optics) 3학점

레이저 다이오드, LED, 광감지기, 전기광학소자, 광결정 광소자와 같은 최신 광소자는 물질의 특성과 광학적 원리를 함께 이해해야 한다. 이러한 최신 광소자의 원리를 배우고 활용에 대해 학습한다.

### 나노광학 (Nanophotonics) 3학점

빛의 파장 또는 파장 이하의 나노 구조에서는 자발방출률 변화와 같은 새로운 물리현상이 발생한다. 메타물질과 같은 나노광소자에 대해 학습한다.

### 고급 플라즈마 (Advance Plasma Physics) 3학점

플라즈마물리학의 기본지식에 이어서 플라즈마에서의 분산과 비저항을 논의하고 동역학적 통계이론에 의거하여 플라즈마에서의 불안정성과 비선형효과를 이해한다. 또한 magneto-hydrodynamics(MHD)와 radiation hydrodynamics(RHD)의 기본적인 내용들과 관련 원리들을 배운다.

### 계산 플라즈마 (Calculation on Plasma Physics) 3학점

자유도가 매우 큰 복잡계인 플라즈마계에서의 다양한 물리현상을 이해함에 있어 수치적 계산방식이 요구된다. 첨단 컴퓨터를 이용한 시뮬레이션 방법론을 이용하여 기본 플라즈마에서 레이저 플라즈마에 이르기까지 다양한 모델에 적용가능한 수치해석기법을 배우며 관련된 계산코드들의 사용 또한 다룬다.

## 2) 고급전공 심화 선택과목

### 자기공명 이미징 (Magnetic Resonance Imaging) 3학점

자기공명 분광법 (NMR, ESR, 및  $\mu$ SR)의 기본 개념을 배우고 고체물리학, 양자정보 및 생체분자 연구에 실제적으로 응용한다. 강의 주제는 크게 세 분야로 나뉜다. 첫째는 NMR 원리와 장치의 기본원리, Bloch 방정식 및 스핀 완화이다. 둘째는 ESR 스펙트럼 분석 및 해석, g-인자, ESR 선포와 스핀 동역학에 대한 관계이다. 셋째는 ZF-, LF- 및 TF- $\mu$ SR의 기본원리와 장치에 대한 이해, 뮤온완화함수, 및 자성 및 초전도 연구에 활용이다.

### 고체 분광학 (Solid State Spectroscopy) 3학점

고체의 물성을 연구할 수 있는 reflectance, absorption, ellipsometry, Fourier-transform infrared (FTIR), Raman, photoluminescence spectroscopy 등의 기본 개념 및 원리를 학습한다. 각 분광학 실험 장비의 구성 요소와 세부특성을 이해하고 이를 활용한 표준적인 물성분석 방법과 첨단 연구 분야에 대한 응용을 학습한다.



### 나노 물리 (Nano Physics) 3학점

저차원 물리에서 학습한 개념과 이론을 바탕으로 나노구조체 관련 첨단 연구주제에 응용할 수 있는 역량을 개발한다. 강의 주제는 나노구조체 비등방성, 나노구조복합체 계면물성, 나노자성체, 나노바이오 복합체 등이다.

### 표면 물리 (Surface Physics) 3학점

고체의 표면에서 형성되는 결정 및 나노 구조의 전자 구조를 공부한다. 실험적으로 표면을 관측하기 위한 고체표면의 처리방법, 박막 성장 (MBE)에 대해서 알아보고 주사 탐침 현미경 (STM, AFM)과, 각분해광전자분광 (ARPES)을 이용한 전자구조 분석법에 대하여 공부한다.

### 박막 물리 (Thin Film Physics) 3학점

고체물리학의 한 분야로서 증착막의 제작 방법, 기판과 증착막 및 표면 현상, 그리고 핵의 형성들에 관하여 제반 박막실험 및 이론에 관하여 공부한다.

### 반도체 소자 (Physics of Semiconductor Devices) 3학점

반도체를 이용한 각종소자의 원리와 개념을 파악하고 소자의 응용과 관련된 물리적 과정을 이해한다.

### X선 결정학 (X-ray Crystallography) 3학점

고체의 구조와 성질을 이해하는 데 필수적인 결정학을 소개하는 과정으로 결정의 기본 개념과 point group, space group 등 결정의 대칭성에 대해 이해한다. 학생들이 실험 데이터를 분석하고 시료의 결정 구조를 이해할 수 있도록 X선 실험의 절차와 원리, 그리고 회절 결과의 해석 방법에 대하여 공부한다.

### 유전체의 원리와 응용 (Principle and Application of Dielectrics) 3학점

유전체의 원리와 종류에 대한 논의로부터 시작하여, 강유전체에서 나타나는 상전이에 따른 현상론적 이론, 무른 모드와 임계현상에 대해 공부한다. 다양한 강유전체가 갖는 여러 물리적 특성에 대하여 알아봄, 유전체 및 강유전체 특성을 측정하기 위한 실험방법 및 응용에 대해 논의한다.

### 수송현상특론 (Special topics on transport phenomena of solid-state materials) 3학점

고체물질에서의 다양한 전자 및 열 수송 현상을 이론적으로 이해하고 실험적으로 측정이 가능한 방법에 대한 고찰을 하고자 한다. 대류, 전도, 복사 등의 열전달에 대한 내용을 추가하여 실질적인 열전달 (heat transfer) 해석 방법을 학습하고자 한다.

### 핵 및 고에너지 검출기술 (Detection Techniques in Nuclear and High-energy Experiment) 3학점

핵물리와 고에너지물리학 실험에서 널리 사용되는 계측기술에 대한 기본개념을 습득하며 가속기를 이용한 실험에서 필요한 다중조합형 계측기와 실시간 데이터 수거시스템의 개념을 이해한다.

### 핵 반응론 (Theory of Nuclear Reaction) 3학점

반응단면적 측정과 편극실험의 기본개념을 습득하며 이를 설명하는 핵반응이론과 수치해석의 알고리즘을 이해한다.

### 다중신호 천체물리학 (Multi-messenger Astrophysics) 3학점

천체의 생애 전반에서 일어나는 핵반응의 원리와 과정을 이해하고, 블랙홀, 초신성, 감마선폭발, 은하나 천체의 충돌 등과 같은 에너지의 폭발 사건을 관측할 수 있는 다양한 방법을 이해한다. 중성미자, 우주선, 중력파, 가시광선과 그 외 파장영역의 스펙트럼으로 천체를 관측하고, 천체와 우주에 대한 보완적, 통합적 탐색의 의미와 가능성을 알아본다.

### 일반상대론 (General Relativity) 3학점

특수상대론에서 시공간의 개념을 학습하고 이를 중력이 있는 일반적인 휘어진 시공간으로 확장한다. 아인슈타인의 장방정식을 적용하여 슈바르츠실트 블랙홀의 시공간을 얻고, 블랙홀의 사건 지평선과 블랙홀 주변에서 입자의 운동을 기술한다. 중력파의 생성과 관측, 우주 팽창의 기술, 우주의 거대 구조 등에 대해서 학습한다.

### 우주론 (Cosmology) 3학점

아인슈타인의 일반상대론을 이용하여 우주의 팽창 과정을 기술한다. 팽창하는 우주에 상대론적인 열역학과 양자통계를 적용하여 물질의 입자적인 성질로부터 우주의 역사를 이해한다. 빅뱅 핵합성, 암흑 물질, 암흑 에너지, 빅뱅 이론의 한계점, 인플레이션 이론에 대해서 학습한다.

### 고급 양자장론 (Advanced Quantum Field Theory) 3학점

상대론적인 양자장론을 적용하여 양자 보정효과를 계산하고 재규격화 과정을 기술한다. 양자전기역학 이론에서 에너지에 따른 미세구조상수의 변화, 유온의 비정상 자기모멘트, 콜만-와인버그 퍼텐셜의 계산 등에 적용한다. 또한 비가환 게이지 대칭성이 있는 양자장론에서 쿼크의 점근 자유성에 대해서 학습하고, 표준모형의 통일장 이론으로 확장한다.

### 비선형광학 (Nonlinear Optics) 3학점

강한 레이저광이 매질에 입사하면 전기장에 대한 분극의 비선형 응답 특성이 나타난다. 비선형 분극에 의한 광파의 변화를 설명하는 비선형 파동 방정식을 기반으로 한 수학적 모델을 학습하고, 이를 통해 비선형 전기 감수율, 광세기 기반 굴절을 변화, 광파 혼합, 음향 광학, 비탄성 산란, 다광파 혼합 등의 현상을 이해한다.

### 광섬유센서 특론 (Topics in Optical Fiber Sensors) 3학점

대표적인 광학 매질인 광섬유에서 진행되는 빛의 선형 및 비선형 특성에 대한 이론을 공부하고, 방향성 결합기, 광섬유 브래그 격자 등 광섬유를 이용한 다양한 광학 소자와, 온도, 압력, 가속도, 회전, 전류 등 여러 물리 변수의 측정을 위해 개발된 광섬유 센서의 동작 원리와 특징을 학습한다.

### **반도체레이저 (Semiconductor Laser) 3학점**

레이저는 자연과학 및 공학 전 분야에서 이용된다. 반도체 광소자, 레이저에 관한 이론을 기반으로 가장 광범위하게 활용되는 다이오드 레이저의 동작원리, 발전특성 등에 대해 학습한다.

### **플라즈모닉스 (Plasmonics) 3학점**

플라즈모닉스는 금속의 자유전자와 전자기장 사이의 상호작용으로 유도된 표면 플라즈몬에 의한 광학현상을 연구하는 분야이다. 플라즈몬을 기반으로 금속나노입자, 광도파로, 광센서 등에 대해 학습한다.

### **레이저-플라즈마 상호작용 (Laser-Plasma Interaction) 3학점**

고출력, 초단펄스 레이저가 가능해짐에 따라 레이저와 플라즈마의 상호작용에 대한 이해가 필수적이며 플라즈마 내에서의 레이저 펄스의 전송, 입자가속 및 x-선 방출, 조화파 발생 등의 첨단 응용분야들을 다룬다. 입자시뮬레이션 기법을 통한 계산연구에 관련된 내용도 병행하여 그 물리적이슈 등을 배운다.

### **고에너지밀도 물리학 (Physics of High Energy Density Plasma) 3학점**

21세기 정복해야할 세계 3대 연구 분야에 해당하는 고에너지밀도 플라즈마는 항성천문학과 관성핵융합 등에서 관찰되는 1 MBar 이상의 극한 물성의 상태이며 기본적인 플라

즈마이론을 적용할 수 없는 복합물리영역이다. 고에너지밀도 플라즈마의 물성의 이해와 관련 불안정성에 대한 연구, 그리고 이를 다루기 위한 복사선유체역학의 기본원리들을 배운다.

### **복사선유체역학 (Radiation Fluid Mechanics) 3학점**

플라즈마의 온도가 높거나 고에너지밀도 플라즈마처럼 밀도가 높은 경우 복사선(radiation)의 역할이 매우 중요해지며 복사선에 의한 운동량 및 에너지의 전송과정의 이해가 플라즈마의 전체 거동특성의 이해가 필수적이다. 복사선 수송방정식을 포함한 전체 복사선유체역학에 대한 다양한 기본원리를 배우고 이를 통하여 고에너지밀도플라즈마에 대한 다양한 물리현상들을 이해한다.

## **3) 전공연구**

전공연구 I (Studies in Major Field I) 2학점

전공연구 II (Studies in Major Field II) 2학점

전공연구 III (Studies in Major Field III) 2학점

산학연구 (Industrial Research) 1학점

융합연구 (Convergence Research) 1학점

해외공동연구 (International Joint Research) 1학점

전공 세미나 (Seminars in Major Field) 1학점

콜로퀴움 (Physics Colloquium) 1학점