

# 가속기 및 핵융합 물리공학

Accelerator and Nuclear  
Fusion Physical Engineering



## 한국원자력연구원

www.kaeri.re.kr

대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

한국원자력연구원

Tel : 042-868-2000

Fax : 042-868-2196

## 참여기관



## 주관캠퍼스 소개

1959년 설립된 한국원자력연구원은 국내 유일의 원자력 종합 연구개발 기관으로서, 지난 60년간 원자력 기술 자립과 원자력 기술 선진화에 앞장서 왔으며 세계적 수준의 연구자와 인프라를 기반으로 원자력 연구개발을 선도하고 있다.

한국원자력연구원은 2004년 UST-한국원자력연구원 캠퍼스를 신설하여 가속기 및 핵융합물리공학, 방사선과학기술, 방사화학 및 핵비확산, 신형원자력시스템공학, 양자에너지화학공학, 5개 전공분야의 석·박사 과정을 운영하고 있다. 본 캠퍼스는 전 세계에서 우수한 학생을 선발하여 학생이 연구에 직접 참여하는 연구 중심형 교육을 실시한다. 또한 세계적 수준의 석학급 연구자가 교원으로 참여하여 학생들을 지도하고 있다.

본 캠퍼스에 입학한 학생 전원에게는 국제적 수준의 연수 장려금과 등록금, 기숙사 등이 제공되며, 세계적 대학 및 연수 프로그램, 국제학술대회 등에 참가할 수 있는 기회도 주어진다.

## 전공 개요

본 전공은 한국원자력연구원, 한국핵융합에너지연구원이 연합하여 가속기, 초고출력 레이저, 핵융합 장치 등의 첨단 장치 개발에 요구되는 입자빔, 광학, 그리고 플라스마 분야의 기초적인 교육과 함께 이의 응용에 필요한 전문적인 교육을 제공한다.



### CAMPUS INTRODUCTION

In 2004, the Korea Atomic Energy Research Institute founded the UST-KAERI Campus. Now it is providing master's and doctoral coursework for five majors. The UST-KAERI Campus provides research-centered education so that students can participate in research in person, and world-class researchers work as faculty to teach the students.

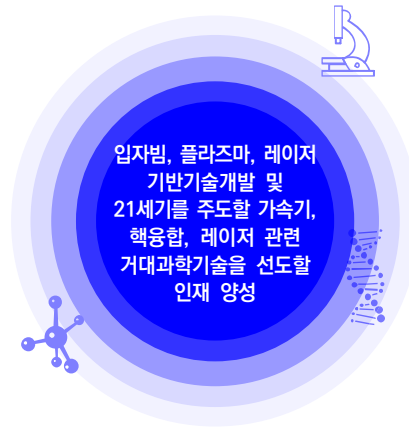
Training grants, scholarships, and dormitories are provided for all students enrolling in the UST-IBS Campus. In addition, students have the opportunity to join global college and training programs and attend international academic conferences.

### INTRODUCTION OF MAJOR

In this major, the Korea Atomic Energy Research Institute, Korea Institute of Fusion Research Institute come together to provide basic and advanced education about particle beams, optics, and plasma required for the development of high-tech equipment such as accelerators, ultra high energy lasers, and nuclear fusion devices.

## 전공의 비전 및 목표

### 장기비전



### 중장기 발전목표

<b>학사부문</b>	세계수준의 종합과학 / 융합기술을 갖춘 인재양성 첨단 장치를 이용한 현장중심의 인재양성
<b>연구부문</b>	가속기, 레이저, 핵융합 장치를 통한 융합기술연구 활성화 입자빔, 플라즈마, 레이저 기반기술의 산업화 적용연구

### 추진전략 및 추진 과제

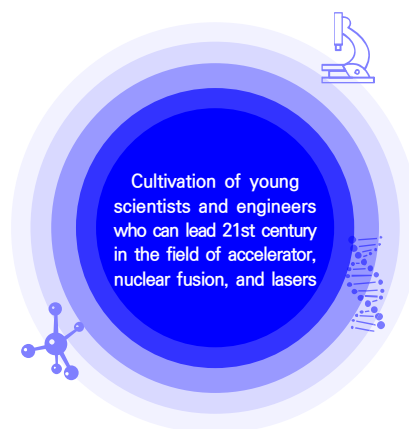
<b>학사부문</b>	우수학생 선발 / 배출 및 자긍심 고취 충실한 커리큘럼 개발 이론과 실험의 균형
<b>연구부문</b>	거대과학장치를 통한 현장참여 연구 수행 다양한 기초 및 응용분야 연구 수행 연구소간 공통기반기술 개발 협력 강화

### 졸업 후 진로

정부출연연구소, 핵융합관련국제기구 (ITER, IAEA 등), 대학, 반도체 및 플라즈마 응용 산업체

## VISION AND GOALS

### LONG TERM VISION



### DEVELOPMENT GOALS

Education sector	World-class comprehensive science / Cultivation of human resources equipped with multi-disciplinary technologies
	Cultivation of human resources having actual field experiences with high technology facilities
Research sector	Activation of multi-disciplinary research by fusing accelerator, laser, and nuclear fusion facility
	Research on the industrialization of technologies based on particle beam, plasma, and laser

### STRATEGIES AND TASKS

Education sector	Education of excellent students with high pride
	Development of faithful curriculum
	Balance between theory and experiment
Research sector	Actual field research with big scientific facility
	Research on various fields of basic science and applications
	Strengthening the inter-institutional cooperation on the common technologies

### AFTER GRADUATION

National research institutions, Nuclear fusion-related international organization (ITER, IAEA etc), Universities, Plasma application industry (semi-conductors etc)

## 지원 권장학부

- 물리학
- 에너지공학

## 학부 선수 권장과목

- 일반물리
- 전자기학

## •• 편성 목록

		구 분(Category)	교과목명(Course)
공통	전공 (Major)	선택	전자기학 1   Advanced Electrodynamics I
			전자기학 2   Advanced Electrodynamics II
			고전역학   Classical Dynamics
			양자역학   Quantum Mechanics
			통계역학   Statistical Mechanics
가속기분야	전공 (Major)	선택	가속기 개론   Introduction to Accelerator
			빔 물리 개론   Introduction to Beam Physics
			입자빔물리 및 계측   Introduction to Particle Physics and Measurements
			이온빔 분석   Advanced Technology of Ion Beam Analysis
			선형가속기특론   Advanced Linear Accelerator
			초전도 가속기 특론   Advanced Superconducting Accelerator
			고주파 공학   Radiofrequency Engineering
			대형장치 제어공학   Control Engineering for Large Facility
			핵융합개론   Introduction to Nuclear Fusion
			플라즈마물리 개론 1   Introduction to Plasma Physics 1
핵융합분야	전공 (Major)	선택	플라즈마물리 개론 2   Introduction to Plasma Physics 2
			플라즈마 자기유체역학   Magnetohydrodynamics in Plasmas
			핵융합 플라즈마 진단   Plasma Diagnostics
			핵융합 플라즈마물리 특론   Special Topics in Fusion Plasma Physics
			핵융합로 공학   Fusion Reactor Engineering
			레이저 물리 개론   Introduction to Laser Physics
			플라즈마물리 개론 1   Introduction to Plasma Physics 1
레이저분야	전공 (Major)	선택	플라즈마물리 개론 2   Introduction to Plasma Physics 2
			고급레이저물리   Advanced Laser Physics
			레이저 플라즈마 상호작용   Laser Plasma Interaction Physics
			자유전자레이저   Free Electron Laser

## 교과과정

Curriculum

### •• 변경과목의 전후비교

변경전 교과목명(Previous Course)	변경후 교과목명(Present Course)
<b>전공</b> <b>선택</b> <b>박사</b> 핵융합 플라즈마물리 특론   Special Topics in Fusion Plasma Physics	<b>전공</b> <b>선택</b> <b>통합</b> 핵융합 플라즈마물리 특론   Special Topics in Fusion Plasma Physics

### •• 폐지과목의 대체과목 지정현황

폐지교과목명(Previous Course)	대체교과목명(Substitute Course)
<b>전공</b> 이온원 공학   Advanced Ion Source Engineering	<b>전공</b> 가속기개론   Introduction to Accelerator

## 전공과목

## Major Course

## 가속기 개론

## Introduction to Accelerator

입자가속기와 관련된 기초지식 학습함을 목적으로 한다. 교과목 상반기는 정전가속기, 고주파 가속기, 선형가속기, 원형가속기 원리 이해를 위주로 강의하며, 하반기는 진공, 고주파, 전자석 등 가속기 공학에 있어 필수적인 기초기술에 대한 강의를 중점으로 하여 진행한다.

The purpose of the lecture is to understand the basic knowledge on the particle accelerator. The lecture consists of the introduction to the electrostatic accelerator, RF accelerator, linear accelerator and circulator accelerator as well as the study on the basic technology including vacuum engineering, RF engineering and electromagnet engineering.

## 고급레이저물리

## Advanced Laser Physics

실제 레이저를 설계·제작하는데 필요한 기술을 습득하는 것을 목표로, 이득 매질의 종류에 따른 특성, 증폭단 및 공진기의 구성과 성능 계산, 펄핑 시스템, 열문제, 그리고 극초단 고출력 레이저를 위한 모드잠금과 광학부품의 손상에 대해 학습한다.

The lecture aims to acquire technologies to build a real laser system, which constitutes of properties of materials for gain medium, performance estimation of amplifier and resonator, pumping system, heat issue, and mode-locking and damage of optical component for ultrashort high power lasers.

## 고전역학

## Classical Dynamics

고전역학의 원리와 개념들에 대해 심화학습을 하고 여러 응용 예를 통하여 이를 이해하고자 한다

## 고주파 공학

## Radiofrequency Engineering

고주파 가속기의 핵심기술인 고주파 계통에 관련된 심화지식 학습함을 목적으로 한다. 교과목은 고주파 이론, 고주파 계통, 고주파 증폭기, 전원, 고주파 전송선, 고주파 결합기, 저출력 고주파 제어, 고주파 시험 및 고주파 응용에 관한 내용을 포함한다.

The purpose of the lecture is to understand the advanced knowledge on the RF technology for accelerator. The lecture includes the theory of electromagnetics, RF system for accelerator, RF amplifier, power supply, RF transmission, RF coupler, low level RF control system, RF testing and RF application.

## 대형장치 제어공학

## Control Engineering for Large Facility

가속기 / 핵융합 장치 등 대형 연구장비의 통합 제어 시스템인 EPICS와 관련된 심화지식 학습함을 목적으로 한다. 교과목은 EPICS 소개, 언어, 프로그래밍, 드라이버, channel access 에 관한 내용을 포함한다.

The purpose of the lecture is to understand the advanced knowledge on the accelerator control system based on EPICS. The lecture includes the introduction to EPICS and Database principles, EPICS State Notation Language / Sequencer, EPICS and RTOS Programming, EPICS Device / Driver Support, EPICS Channel Access Client.

## 레이저 물리 개론

## Introduction to Laser Physics

레이저의 작동 원리를 이해하는 것을 목표로, 이득 매질에서 기본적인 물리 현상, 레이저를 기술하는 Rate 방정식과 이를 이용한 레이저 성능 계산, 그리고 레이저를 구성하는 공진기와 증폭단에 대해 학습한다.

The lecture aims to understand the basic principles of lasers, which constitutes of basic physics in a gain medium, rate equation to describe laser, evaluation of laser performance, oscillators, and amplifiers.

## 레이저 플라즈마 상호작용

## Laser Plasma Interaction Physics

전자기파와 플라즈마의 상호작용 물리를 이해하는 것을 목표로, 플라즈마내에서의 전자기파의 진행, 입자들의 충돌에 의한 전자기파의 흡수, 전자기파를 매개로 하는 플라즈마파의 여기, 산란 현상, 그리고 레이저에 의한 플라즈마의 가열 현상에 대해 학습한다.

The lecture aims to understand the interaction physics, , which constitutes of propagation of electromagnetic wave in plasmas, collisional absorption, parametric excitations of plasma wave, scattering phenomena, and heat of plasma by laser pulses.

## 빔 물리 개론

## Introduction to Beam Physics

전자기파와 플라즈마의 상호작용 물리를 이해하는 것을 목표로, 플라즈마내에서의 전자기파의 진행, 입자들의 충돌에 의한 전자기파의 흡수, 전자기파를 매개로 하는 플라즈마파의 여기, 산란 현상, 그리고 레이저에 의한 플라즈마의 가열 현상에 대해 학습한다.

The lecture aims to understand the interaction physics, , which constitutes of propagation of electromagnetic wave in plasmas, collisional absorption, parametric excitations of plasma wave, scattering phenomena, and heat of plasma by laser pulses.

## 교과목 해설

Subject Information

### 선형가속기특론

#### Advanced Linear Accelerator

선형 가속기 구조와 관련된 심화지식 학습함을 목적으로 한다. 교과목 내용은 periodic accelerating structure, drift tube linac, coupled cavity linac, superconducting linac, radio frequency quadrupole, IH / CH structure를 포함한다.

The purpose of the lecture is to understand the advanced knowledge on the structure of the linear accelerator. The lecture includes the periodic accelerating structure, drift tube linac, coupled cavity linac, superconducting linac, radio frequency quadrupole, IH / CH structure

### 양자역학

#### Quantum Mechanics

학부과정에서 배운 양자역학 개념을 심화하고 난이도 높은 고급 양자역학의 지식과 기술적 방법을 습득한다

### 이온빔 분석

#### Advanced Technology of Ion Beam Analysis

정전형 입자빔 가속기를 활용한 이온원의 이해, 가속기 활용 실습, 입자빔의 계측 및 응용분야에 대한 교육을 통해, 가속기를 이용한 독자적 연구를 수행할 수 있는 능력을 배양함.

### 입자빔 물리 및 계측

#### Introduction to Particle Physics and Measurements

입자빔과 물질의 상호작용 및 이를 이용한 입자빔의 검출기술의 이해. 검출기별 신호 특성 고찰 및 신호처리 회로의 구성기술 습득을 통한 입자빔 응용에 필요한 계측의 개요 이해

### 자유전자레이저

#### Free Electron Laser

자유전자레이저의 기본적인 발생 원리를 이해하는 것을 목표로, 언듈레이터에 의한 자발 방출, FEL 증폭원리, 이득 크기에 따른 발진 조건 및 FEL의 종류에 대해 학습한다.

The lecture aims to understand the basic principles of an Free Electron Laser, which constitutes of undulator spontaneous radiation, FEL amplification, small-signal gain regime and high-signal gain regime and introduces the different type of FELs.

### 전자기학 1

#### Advanced Electrodynamics I

전자기학에 대한 기본 지식 습득

### 전자기학 2

#### Advanced Electrodynamics II

전자기학의 법칙의 이해 및 연구 분야에 응용

### 초전도 가속기 특론

#### Advanced Superconducting Accelerator

초전도 가속기의 전반적인 내용 관련된 심화지식 학습함을 목적으로 한다. 교과목은 초전도 이론, 가속관 이론, 가속관 개발 이슈 (제작, 전장 튜닝, 가속기 시험), 초전도 가속관 이슈 (residual resistance, multipacting, thermal breakdown, field emission), 고주파 이슈 (고주파 결합기, 고주파 창, 가속관 튜너) 그리고 초전도 가속기 응용에 관한 내용을 포함한다.

The purpose of the lecture is to understand the advanced knowledge on the superconducting accelerator. The lecture includes the theory of superconductor and cavity, cavity development issues including cavity fabrication and preparation, multicell field tuning, cavity testing, superconducting cavity issues including residual resistance, multipacting, thermal breakdown, field emission, RF issues including coupler, window, tuner and finally application of the superconducting accelerator.

### 통계역학

#### Statistical Mechanics

학부에서 배운 통계역학의 원리와 개념들을 다양한 문제들을 다룸으로써 심도있게 이해하고자 한다

### 플라즈마 자기유체역학

#### Magnetohydrodynamics in Plasmas

자장밀폐 핵융합 플라즈마의 안정성 해석은 플라즈마의 거시적인 감금 현상을 이해하고 설명하는 가장 유용한 도구이다. 본 과목에서는 자장밀폐 플라즈마의 평형상태 기술로 시작하여 이상적/저항성 자기유체역학적 안정성 해석을 다양한 자장배열에 대하여 수행한다.

Stability analysis in magnetically confined plasma is a useful tool to understand macroscopic confinement phenomena. In this course, we will provide various techniques for equilibrium and (non-) ideal magnetohydrodynamic stability analysis in various devices.



### 플라즈마물리 개론 1

#### Introduction to Plasma Physics 1

플라즈마 과학을 연구하는데 기본적으로 필요한 플라즈마의 기초적인 물리적 특성들을 다룬다. 전자기장이 걸렸을 때의 단일입자의 운동 특성, 플라즈마 운동학, 유체이론, 플라즈마에서 발생하는 파동 등 플라즈마물리 전반에 대한 이론들을 기초적인 수준에서 습득하고 이를 플라즈마 발생/감금 장치의 작동 원리를 이해하는데 적용한다.

Studying plasma physics including plasma particle motion in electromagnetic field, plasma dynamics, fluid theory, wave and stability in basic level. understand the mechanism of plasma discharge and confinement devices.

### 플라즈마물리 개론 2

#### Introduction to Plasma Physics 2

플라즈마 과학을 연구하는데 기본적으로 필요한 플라즈마의 기초적인 물리적 특성들을 다룬다. 플라즈마 내부에서 생기는 불안정성, 플라즈마의 동력학적 기술, dusty 플라즈마, 플라즈마 발생 기작 등 플라즈마 물리개론 I 보다 심화된 과정을 기초적인 수준에서 습득하고 이를 플라즈마 발생/감금 장치의 작동 원리를 이해하는데 적용한다. This lecture 플라즈마 과학을 연구하는데 기본적으로 필요한 플라즈마의 기초적인 물리적 특성들

### 핵융합 플라즈마 진단

#### Plasma Diagnostics

플라즈마의 기본적인 물리 특성을 이해하고 플라즈마의 주요 변수들을 측정하는 진단 원리 및 이를 이용한 다양한 진단 장치들에 대해 배운다. This lecture is aiming at learning the various diagnostic principles to understand and measure the plasma parameters.

### 핵융합 플라즈마물리 특론

#### Special Topics in Fusion Plasma Physics

플라즈마물리학의 특정 주제에 관해 깊이 있게 다룬다. 강의 내용에 따라 부제가 부여되어 개설된다.

This lecture deals with the special topics in plasma physics intensively. Sub-title based on the lecture contents is given.

### 핵융합개론

#### Introduction to Nuclear Fusion

핵융합기술의 개괄적 입문 강좌로 핵융합 기초, 핵융합로 분석, 자장 및 관성 가둠, 플라즈마 공급 및 가열, 점화, 핵융합에너지 경제 및 환경문제를 포함한 핵융합 기술 전반의 조건 및 접근 방식을 다룬다. As an introduction course to understand nuclear fusion, it deals fundamental physics, nuclear reactor analysis, magnetic and inertial fusion, plasma supply and heating, ignition, economic issues in nuclear fusion energy, environmental problem, and so on.

### 핵융합로 공학

#### Fusion Reactor Engineering

핵융합로의 운전 조건을 소개하며 공학적 타당성을 가능하게 하는 기술적 요건에 관하여 논한다. 플라즈마 문제, 핵융합 반응, 연료주기, 에너지 및 입자의 균형, 삼중수소의 증식 및 중성자 손상, 에너지 추출과 열주기 및 가열방법을 다룬다. 그 외 핵융합로의 각 계통의 물리적, 공학적, 기술적 문제의 요점을 다룬다.

In this course, we study technical aspect of nuclear fusion reactor including plasma, nuclear reaction, fuel cycling, energy and particle balance, tritium breeding, energy extraction from the neutron, heat cycle, and heating method.