



DERS BİLGİ FORMU

FAKÜLTE / ENSTİTÜ ADI	Fen Edebiyat Fakültesi
BÖLÜM / PROGRAM / ANABİLİM DALI ADI	Fizik
DERSİN ADI	Çok Parçacıklı Sistemlere Giriş
DERSİN KODU	FIZ4440
YEREL KREDİSİ	3
AKTS KREDİSİ	5
HAFTALIK DERS SAATİ	3
HAFTALIK UYGULAMA SAATİ	0
HAFTALIK LABORATUVAR SAATİ	0
ÖNKOŞULLAR	Yok
YARIYIL	Güz, Bahar
DERSİN DİLİ	İngilizce, Türkçe
DERSİN SEVİYESİ	Lisans
DERSİN TÜRÜ	Seçmeli @Fizik Lisans Programı
DERSİN KATEGORİSİ	Uzmanlık Alan Dersleri
DERSİN VERİLİŞ ŞEKLİ	Yüz Yüze
DERSİ SUNAN AKADEMİK BİRİM	Fizik Bölümü
DERSİN KOORDİNATÖRÜ	Hasan TATLIPINAR
ASİSTAN(LAR)	
DERSİN AMACI	Bu dersin amacı, öğrencilere çok parçacıklı sistemlerin klasik ve kuantum mekaniği çerçevesinde incelenmesini öğretmektir. Öğrencilerin özdeş parçacıklar ve simetristirme ilkesini tanımlamaları, N-parçacıklı sistemlerin dalga fonksiyonlarını ve kanonik dönüşüm yöntemlerini açıklamaları, elemanter uyarımları ve fonon kavramlarını yorumlamaları hedeflenmektedir. Ayrıca öğrencilerin ikinci kuantizasyon yöntemini ve Green fonksiyonlarını uygulamaları, Feynman diyagramlarını ve kurallarını kullanmaları, çok parçacıklı sistemlere ait modelleri (örneğin spin Hamiltonyenleri, elektron gazı, ortalama alan teorisi) analiz etmeleri ve bu yaklaşımların fiziksel problemlerin çözümüne nasıl katkı sağladığını değerlendirmeleri amaçlanmaktadır.
DERSİN İÇERİĞİ	Çok parçacıklı sistemlerin kanonik dönüşüm yöntemleri ile incelenmesi; harmonik salınımlar ve fononlar; parçacıklar için ikinci kuantizasyon yöntemi; spin sistemleri; sıfır sıcaklıkta Green fonksiyonları; Feynman diyagramları.
DERS KİTABI / MALZEMESİ / ÖNERİLEN KAYNAKLAR	Ders Kitabı: Tatlıpınar, H. <i>Çok Parçacık Sistemlerin Kuantum Mekaniğine Giriş</i> . Avesis – Yayınlar (Kitap PDF). Önerilen Kaynaklar: [1] Bransden, B. H., & Joachain, C. J. <i>Physics of Atoms and Molecules</i> . Pearson Education, 2003. [2] Bruus, H., & Flensberg, K. <i>Many-Body Quantum Theory in Condensed Matter Physics</i> . Oxford University Press, 2004. [3] Mahan, G. D. <i>Many-Particle Physics</i> . Springer, 2000.
Ders Öğrenim Çıktıları	Bu dersi başarıyla tamamlayan öğrenciler, 1. Bir ve iki parçacık problemlerini klasik ve kuantum mekaniğine göre inceleyebileceklerdir. 2. Özdeş parçacıklar için simetristirme ilkesini açıklayabileceklerdir.



3. N-parçacıklı sistemlere ait dalga fonksiyonlarını kuantum mekaniği çerçevesinde yazabileceklerdir.
4. Çok parçacıklı sistemleri kanonik dönüşüm yöntemleri ile ifade edebileceklerdir.
5. Elemanter eksitasyonları (uyarımlar) tanımlayabileceklerdir.
6. Harmonik salınıcıları ve fononları tanımlayabileceklerdir.
7. Parçacık sistemleri için ikinci kuantizasyon yöntemini açıklayabileceklerdir.
8. Çok parçacıklı sistemler için yaklaşık modelleri ve spin Hamiltoniyenlerini uygulayabileceklerdir.

DEĞERLENDİRME SİSTEMİ

Etkinlikler	Sayı	Katkı Payı
Devam/Katılım		
Laboratuvar		
Uygulama (Sözlü Sınav)		
Arazi Çalışması		
Derse Özgü Staj		
Kısa Sınavlar/Stüdyo Kritiği : • İçerik: İşlenen konuları kapsayan soruların sorulması • Format: Yüz yüze kısa sınav • Detaylı Değerlendirme Kriterleri: -Derste işlenen teorik konular ile ilgili problemleri çözebilme	2	%4
Ödev		
Sunum/Jüri		
Proje		
Seminer/Workshop		
Ara Sınavlar: • İçerik: Sınav haftasına kadar işlenen konuları kapsayan sorular • Format: Yüz yüze. Sınav • Detaylı Değerlendirme Kriterleri: -Dersin temel kavramlarının anlaşıldığının gösterilmesi -Teorik konularla ilgili problemlerin çözülebilmesi -Teorik düşünme süreçlerinin yürütülmesi	2	%56
Final: • İçerik: Dersin tüm içeriğini kapsayan kapsamlı sorular • Format: Yüz yüze. Sınav • Detaylı Değerlendirme Kriterleri: -Derste işlenen tüm konuların derinlemesine kavranmış olduğunun gösterilmesi -İleri düzey problem çözme becerilerinin kullanılabilmesi	1	%40



Dönem İçi Çalışmaların Başarı Notuna Katkısı		%60
Final Sınavının Başarı Notuna Katkısı		%40
TOPLAM		%100
HAFTALIK KONULAR VE İLGİLİ ÖN HAZIRLIK ÇALIŞMALARI		
HAFTALAR	KONULAR	Ön Hazırlık
1	Konu Anlatımı: Bir ve iki parçacık probleminin klasik ve kuantum mekaniğine göre incelenmesi. Sınıf-İçi Uygulama: Anlatılan konuyla ilgili uygulama yaptırılması.	1. Ders kitabında Kuantum mekaniğine kısa bir bakış. Bir ve iki parçacık problemlerinin inceleme yöntemleri kısmının okunması. Kaynak: Kitap 1 Bölüm-1.
2	Konu Anlatımı: Özdeş parçacıklar, simetristirme ilkesi. Sınıf-İçi Uygulama: Anlatılan konuyla ilgili uygulama yaptırılması.	1. Ders kitabında Kuantum mekaniğinde özdeş parçacıklar için simetristirme ilkesi kısmının okunması Kaynak: Kitap 1 Bölüm-1,
3	Konu Anlatımı: N-parçacıklı sistemlere ait dalga fonksiyonları.	1. Ders kitabında N-parçacıklı sistemler için Schrödinger dalga denkleminin çözüm yöntemleri. Kaynak: Kitap 1 Bölüm-1.
4	Konu Anlatımı: Çok parçacıklı sistemlerin kanonik dönüşüm yöntemleri ile incelenmesi. Sınıf-İçi Uygulama: Anlatılan konuyla ilgili uygulama yaptırılması.	1. Ders kitabında Çok Parçacıklı Sistemlerin Kanonik Dönüşüm Yöntemleri İle İncelenmesi, Normal koordinatlar kısmının okunması. Kaynak: Kitap 1 Bölüm-1.
5	Konu Anlatımı: Elemanter eksitasyonlar (Uyarımlar). Sınıf-İçi Uygulama: Anlatılan konuyla ilgili uygulama yaptırılması. Kısa Sınav 1: Ders başında, önceki derslerde işlenen konuları içeren kısa sınavın yapılması.	1. Ders kitabında Sanki parçacık yaklaşımı, elamanter uyarım yöntemi kısmının okunması. Kaynak: Kitap 1 Bölüm-2.
6	Konu Anlatımı: Harmonik salınıcılar ve fononlar. Sınıf-İçi Uygulama: Anlatılan konuyla ilgili uygulama yaptırılması.	1. Ders kitabında Örgü titreşim modları, fononlar, katıların ısı sıgası modelleri kısmının okunması. Kaynak: Kitap 1 Bölüm-2.
7	Konu Anlatımı: Parçacıklar için ikinci kuantizasyon yöntemi. Sınıf-İçi Uygulama: Anlatılan konuyla ilgili uygulama yaptırılması.	1. Ders kitabında Alanların tanımlanması ve kuantizasyon yönteminin genişletilmesi kısmının okunması. Kaynak: Kitap 1 Bölüm-2.
8	Ara Sınav	Sınav haftasına kadar işlenen konuların tekrar edilmesi.
9	Konu Anlatımı: Yaklaşık modeller, homojen ve katkı spin hamiltonienleri. Sınıf-İçi Uygulama: Anlatılan konuyla ilgili uygulama yaptırılması.	1. Ders kitabında Maddenin manyetik özellikleri ile ilgili konular kısmının okunması. Kaynak: Kitap 1 Bölüm-2
10	Konu Anlatımı: Elektron gaz sistemi. Sınıf-İçi Uygulama: Anlatılan konuyla ilgili uygulama yaptırılması.	1. Ders kitabında Maddenin gaz halinin kuantum karşılığı elektron gaz sistemi kısmının okunması. Kaynak: Kitap 1 Bölüm-2.
11	Konu Anlatımı: Ortalama alan teorisi. Sınıf-İçi Uygulama: Anlatılan konuyla ilgili uygulama yaptırılması.	1. Ders kitabında Çok parçacık sistemine ait yaklaşık yöntemler kısmının okunması. Kaynak: Kitap 1 Bölüm-4.
12	Konu Anlatımı: Sıfır sıcaklıkta Green fonksiyonları. Sınıf-İçi Uygulama: Anlatılan konuyla ilgili uygulama yaptırılması. Kısa Sınav 2: Ders başında, önceki derslerde işlenen konuları içeren kısa sınavın yapılması.	1. Ders kitabında Alan kavramı ve matematiksel modellenmesi kısmının okunması. Kaynak: Kitap 1 Bölüm-5.
13	Konu Anlatımı: Elektron, fonon, foton gibi sistemlerin Green fonksiyonlar. Sınıf-İçi Uygulama: Anlatılan konuyla ilgili uygulama yaptırılması.	1. Ders kitabında Green fonksiyonlarına örnekler kısmının okunması. Kaynak: Kitap 1 Bölüm-5.



14	Konu Anlatımı: Feynman diyagramları ve kuralları. Sınıf-içi Uygulama: Anlatılan konuyla ilgili uygulama yaptırılması.	1. Ders kitabında Kaynak: Kitap 2, Bölüm 1 Feynman diyagramlarının kuralları ve bazı örnekleri kısmının okunması. Kaynak: Kitap 1 Bölüm-5.
15	Konu Anlatımı: Feynman diyagramları ve kuralları. Sınıf-içi Uygulama: Anlatılan konuyla ilgili uygulama yaptırılması. Sınıf-içi Uygulama: Genel tekrara yönelik uygulama yaptırılması.	1. Ders kitabında Kaynak: Kitap 1, Bölüm 5 kısmının okunması.
16	Final	İşlenen konuların tekrar edilmesi.

AKTS İŞYÜKÜ TABLOSU

Etkinlikler	Sayı	Süresi (Saat)	Toplam İş yükü
Ders Saati	14	3	42
Laboratuvar			
Uygulama (sözlü Sınav)			
Arazi Çalışması			
Sınıf Dışı Ders Çalışması	14	3	42
Derse Özgü Staj			
Ödev			
Küçük Sınavlar/Stüdyo Kritiği	2	2	4
Projeler			
Sunum / Seminer			
Ara Sınavlar (Sınav Süresi + Sınav Hazırlık Süresi)	2	20	40
Final (Sınav Süresi + Sınav Hazırlık Süresi)	1	15	15
Toplam İş yükü:			143
Toplam İş yükü / 30(s):			4,76
AKTS Kredisi:			5



COURSE INFORMATION FORM

FACULTY / GRADUATE SCHOOL	Faculty of Arts and Sciences
DEPARTMENT / PROGRAMME	Physics
TITLE OF COURSE	Introduction to Many Body Systems
CODE	FIZ4440
LOCAL CREDIT	3
ECTS	5
LECTURE HOUR / WEEK	3
PRACTICAL HOUR / WEEK	0
LABORATORY HOUR / WEEK	0
PREREQUISITE	None
SEMESTER	Fall, Spring
COURSE LANGUAGE	English, Turkish
LEVEL OF COURSE	First Cycle
COURSE TYPE	Elective @ Bachelor Programme in Physics
COURSE CATEGORY	Major Area Courses
MODE OF DELIVERY	Face-to-Face
OWNER ACADEMIC UNIT	Department of Physics
COURSE COORDINATOR	Hasan TATLIPINAR
ASSISTANT(S)	
COURSE OBJECTIVES	This course aims to provide students with an understanding of many-particle systems within the framework of classical and quantum mechanics. Students are expected to define identical particles and the symmetrization principle, explain wave functions of N-particle systems and canonical transformation methods, and interpret elementary excitations and phonons. Furthermore, the course enables students to apply the method of second quantization and Green's functions, use Feynman diagrams and rules, and analyze models of many-particle systems (such as spin Hamiltonians, electron gas, and mean-field theory). Finally, students will be able to evaluate how these approaches contribute to the solution of physical problems.
COURSE CONTENT	Study of many-particle systems by canonical transformations; harmonic oscillators and phonons; second quantization of particles; spin systems; zero-temperature Green's functions; Feynman diagrams.
RECOMMENDED OR REQUIRED READINGS	Coursebook: Tatlipinar, H. <i>Introduction to Quantum Mechanics of Many-Particle Systems</i> . Avesis – Publications. Recommended Readings: [1] Bransden, B. H., & Joachain, C. J. <i>Physics of Atoms and Molecules</i> . Pearson Education, 2003. [2] Bruus, H., & Flensberg, K. <i>Many-Body Quantum Theory in Condensed Matter Physics</i> . Oxford University Press, 2004. [3] Mahan, G. D. <i>Many-Particle Physics</i> . Springer, 2000.
Course Learning Outcomes	Upon successful completion of the course, students will be able to: 1. Analyze one- and two-particle problems within the framework of classical and quantum mechanics. 2. Explain the symmetrization principle for identical particles.



3. Formulate the wave functions of N-particle systems in quantum mechanics.
4. Apply canonical transformation methods to represent many-particle systems.
5. Define the concept of elementary excitations.
6. Describe harmonic oscillators and phonons.
7. Explain the method of second quantization for particle systems.
8. Apply approximate models and spin Hamiltonian methods to many-particle systems.

EVALUATION SYSTEM

Activities	Number	Percentage of Grade
Attendance/Participation		
Laboratory		
Application (Oral Examination)		
Field Work		
Special Course Internship (Work Placement)		
Quizzes/Studio Critics: Content: Comprehensive questions covering all topics addressed up to the exam week Format: Face-to-face multiple-choice quiz (5-10 minutes) Detailed Assessment Criteria: -Ability to solve problems related to the theoretical topics covered in the course	2	%4
Homework Assignments		
Presentations/Jury		
Project		
Seminar/Workshop		
Midterms: Content: Comprehensive questions covering all topics addressed up to the exam week Format: Face-to-face written exam. (90 minutes). Detailed Assessment Criteria: -Demonstration of understanding of the fundamental concepts of the course -Ability to solve problems related to theoretical topics -Ability to carry out theoretical reasoning processes	2	%56
Final: Content: Comprehensive questions covering the entire content of the course	1	%40



Format: Face-to-face written exam. (90 minutes). Detailed Assessment Criteria: -Ability to apply advanced problem-solving skills -Demonstration of a thorough understanding of all topics covered in the course		
Percentage of In-Term Studies		%60
Percentage of Final Examination		%40
TOTAL		%100

WEEKLY SUBJECTS AND RELATED PREPARATION STUDIES

WEEKS	COURSE OUTLINE	Related Preparation
1	Lecture: Solutions of one particle problem according to classical and quantum mechanics. In-Class Discussion: To make an application related to the subject described.	1. Reading the section in the coursebook on a brief overview of quantum mechanics. Methods for studying one- and two-particle problems. Source: Book 1, Chapter 1.
2	Lecture: Identical particles and symmetrization principle. In-Class Discussion: To make an application related to the subject described.	1. Reading the section in the coursebook on symmetrization principle for identical particles in quantum mechanics. Source: Book 1, Chapter 1.
3	Lecture: Wave functions for N-particle systems. In-Class Discussion: To make an application related to the subject described.	1. Reading the section in the coursebook on solution methods of the Schrödinger wave equation for N-particle systems. Source: Book 1, Chapter 1.
4	Lecture: Canonical transformation for many particle systems. In-Class Discussion: To make an application related to the subject described.	1. Reading the section in the coursebook on investigation of many-particle systems by canonical transformation methods; normal coordinates. Source: Book 1, Chapter 1.
5	Lecture: Elementary excitations. In-Class Discussion: To make an application related to the subject described. Quiz 1: Conducting a short quiz at the beginning of the lesson covering the topics studied in previous lessons.	1. Reading the section in the coursebook on quasi-particle approach and elementary excitation method. Source: Book 1, Chapter 2.
6	Lecture: Harmonic oscillators and phonons. In-Class Discussion: To make an application related to the subject described.	1. Reading the section in the coursebook on lattice vibration modes, phonons, and heat capacity models of solids. Source: Book 1, Chapter 2.
7	Lecture: Second quantization for particle. In-Class Discussion: To make an application related to the subject described.	1. Reading the section in the coursebook on definition of fields and extension of the quantization method. Source: Book 1, Chapter 2.
8	Midterm	Reviewing all topics covered until exam week.
9	Lecture: Approximated methods, homogenous and impurity spin Hamiltonians. In-Class Discussion: To make an application related to the subject described.	1. Reading the section in the coursebook on topics related to the magnetic properties of matter. Source: Book 1, Chapter 2.
10	Lecture: Electron gas system. In-Class Discussion: To make an application related to the subject described.	1. Reading the section in the coursebook on quantum analogue of the gaseous state of matter: electron gas system. Source: Book 1, Chapter 2.
11	Lecture: Mean field theories. In-Class Discussion: To make an application related to the subject described.	1. Reading the section in the coursebook on approximate methods for many-particle systems. Source: Book 1, Chapter 4.



12	Lecture: Zero temperature Green functions. In-Class Discussion: To make an application related to the subject described. Quiz 2: Conducting a short quiz at the beginning of the lesson covering the topics studied in previous lessons.	1. Reading the section in the coursebook on the concept of fields and their mathematical modeling. Source: Book 1, Chapter 5.
13	Lecture: Green functions for electron and phonon like systems. In-Class Discussion: To make an application related to the subject described.	1. Reading the section in the coursebook on the concept of fields and their mathematical modeling. Source: Book 1, Chapter 5.
14	Lecture: Feynman graphs and rules. In-Class Discussion: To make an application related to the subject described.	1. Reading the section in the coursebook on examples of Green's functions. Source: Book 1, Chapter 5.
15	Lecture: Feynman graphs and rules. In-Class Discussion: To make an application related to the subject described.	1. Reading the section in the coursebook on rules of Feynman diagrams and some examples. Source: Book 2, Chapter 1; Book 1, Chapter 5.
16	Final	Reviewing the topics covered.

ECTS WORKLOAD TABLE

Activities	Number	Duration (Hour)	Total Workload
Course Hours	14	3	42
Laboratory			
Application			
Field Work			
Study Hours Out of Class	14	3	42
Special Course Internship (Work Placement)			
Homework Assignments			
Quizzes/Studio Critics	2	2	4
Project			
Presentations / Seminar			
Mid-Terms (Examination Duration + Examination Prep. Duration)	2	20	40
Final (Examination Duration + Examination Prep. Duration)	1	15	15
Total Workload:			143
Total Workload / 30(h):			4,76
ECTS Credit:			5



Ders Öğrenim Çıktısı & Program Çıktısı Matrisi

	DÖC-1	DÖC-2	DÖC-3	DÖC-4	DÖC-5	DÖC-6	DÖC-7	DÖC-8
PC-1 Temel bilimler ve fizik alanındaki kuramsal bilgilerini akademik düzeyde analiz, yorum ve problem çözümünde kullanabileceklerdir. / Use their comprehensive theoretical knowledge in fundamental sciences and physics for analysis, interpretation, and problem-solving at an academic level.	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>
PC-2 Uygulamalı bilgilerini fiziksel süreçlerin modellenmesi, deneysel tasarım ve problem çözümünde etkili ve amaca yönelik biçimde kullanabileceklerdir. / Apply their practical knowledge effectively and strategically in modelling physical processes, experimental design, and problem-solving.	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>
PC-3 Kuramsal ve/veya deneysel bilgilerini karmaşık fizik problemlerinin çözümünde etkili biçimde kullanarak, bu problemlere yönelik uygun analiz ve modelleme yöntemlerini seçip uygulayabileceklerdir. / Use their theoretical and/or experimental knowledge effectively in solving complex physics problems by selecting and applying appropriate analysis and modelling methods for these problems.	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>4</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>
PC-4 Disiplinlerarası bir yaklaşımla, farklı alanlarda edinmiş oldukları bilgileri sentezleyebileceklerdir. / Synthesise knowledge acquired from different disciplines through an interdisciplinary approach.	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>
PC-5 Fizik biliminin temel ve uygulamalı alanlarında edindikleri bilgi birikimlerini ve kuramsal analiz, deneysel uygulama ve sayısal modelleme ve hesaplamalı fizik araçlarını kullanma ve geliştirme becerilerini, kuramsal fizik, nükleer fizik, yoğun madde fiziği, yüksek enerji fiziği, nanoteknoloji, yenilenebilir/alternatif enerji teknolojileri, ileri malzeme tasarımı, nükleer teknoloji ve kuantum teknolojileri gibi disiplin-içi ve disiplinlerarası	<u>4</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>



uzmanlık alanlarında geliştirebileceklerdir. / Advance their acquired knowledge in the fundamental and applied fields of physics and their skills in theoretical analysis, experimental application, numerical modelling and using and developing computational physics tools in both disciplinary and interdisciplinary areas of specialisation such as theoretical physics, nuclear physics, condensed matter physics, high energy physics, nanotechnology, renewable/alternative energy technologies, advanced materials design, nuclear technology and quantum Technologies.								
PC-6 Fizik alanında yaygın olarak kullanılan en az bir programlama dili ile bilgisayar ve yapay zekâ teknolojilerini, problemleri çözmek, veri analizi yapmak ve simülasyonlar gerçekleştirmek için etkin biçimde kullanabileceklerdir. / Use at least one programming language and computer and artificial intelligence technologies widely employed in physics for problem-solving, data analysis, and simulations.	=	=	=	=	=	=	=	=
PC-7 Fizik ve ilgili alanlardaki bilimsel ve teknolojik gelişmeleri izleyebilecek, kariyer fırsatlarını değerlendirerek kişisel ve mesleki gelişim hedeflerini belirleyebilecek ve bu hedeflere ulaşmak için hayat boyu öğrenme stratejilerini kullanabileceklerdir. / Follow scientific and technological developments in physics and related fields, assess career opportunities, identify personal and professional development goals, and adopt lifelong learning strategies to achieve these goals.	=	=	=	=	=	=	=	=
PC-8 Bilimsel araştırmalarını ve mesleki faaliyetlerini yürütürken doğabilecek hukuksal sonuçları ve toplumsal etkileri dikkate alarak mesleki etik ilkeler, kalite standartları ile evrensel değerler doğrultusunda ve sosyal sorumluluk bilinci ve adalet duygusuyla hareket edebileceklerdir. / Act with a sense of social responsibility	=	=	=	=	=	=	=	=



and justice and in accordance with professional ethical principles, quality standards, and universal values by taking into account potential legal and societal consequences of their scientific research and professional activities.								
PC-9 Bireysel olarak ya da takımlarda etkin biçimde çalışabileceklerdir. / Work effectively both independently and as part of a team.	=	=	=	=	=	=		=
PC-10 Fizik alanında güvenilir bilgi kaynaklarına ulaşarak literatür taraması yapabilecek ve akademik araştırma tasarlayıp yürütebileceklerdir. / Access reliable sources of information, conduct literature reviews, and design and carry out academic research in the field of physics.	=	2	2	2	2	2	=	=
PC-11 Fizik konularını, teorileri, araştırmaları ve problem çözümlerini, fizik terminolojisi kullanarak tüm paydaşlara Türkçe ve İngilizcede sözlü ve yazılı olarak etkili biçimde aktarabileceklerdir. / Effectively communicate topics, theories, research, and problem solutions in physics to all relevant stakeholders using appropriate physics terminology, both orally and in writing, in Turkish and in English.	2	3	3	2	3	2	2	2
PC-12 Laboratuvar çalışmalarında bilimsel veri toplayarak teknik ve/veya bilimsel raporlar hazırlayabilecek ve mevcut raporları yorumlayabileceklerdir. / Collect scientific data during laboratory work, prepare technical and/or scientific reports and interpret existing reports.	=	=	=	=	=	=	=	=