



DERS BİLGİ FORMU

FAKÜLTE / ENSTİTÜ ADI	Fen Edebiyat Fakültesi
BÖLÜM / PROGRAM / ANABİLİM DALI ADI	Fizik
DERSİN ADI	Genel Rölativiteye Giriş
DERSİN KODU	FIZ4110
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	Reyhan KAYA
ASİSTAN(LAR)	
DERSİN AMACI	Bu dersin amacı, uzay-zaman ve gravitasyonun teorisi olan genel rölativitenin temel kavramlarını tartışmaktır; standart kozmolojinin temelini oluşturan genel rölativite teorisiyle maddenin ve ışığın kütleçekim etkisi altındaki davranışını en iyi biçimde tanımlamaktır. Öğrencilere ayrıca birçok gözlemsel olayın ayrıntılarını Newton'un dinamik kuramıyla kıyaslanamayacak bir isabetle açıklamaktır.
DERSİN İÇERİĞİ	Özel rölativite teorisine kısa bir bakış; manifold ve koordinatlar; eğriler ve yüzeyler; koordinat dönüşümleri; kontravaryant tansörler; kovaryant ve karışık tansörler; tansör alanları; tansörlerle temel işlemler; tansör hesapları; Riemann tansörü; metrik; eğrilik tansörü; Einstein tansörü; integral, varyasyon ve simetri; Mach prensibi; eşdeğerlik prensibi; asansör deneyleri; genel kovaryanslık prensibi; minimal kütleçekimsel bağlanma prensibi; genel rölativite alan denklemleri; enerji-momentum tansörü; Schwarzschild çözümü; genel rölativitenin deneysel testleri; kara delikler.
DERS KİTABI / MALZEMESİ / ÖNERİLEN KAYNAKLAR	Ders Kitapları: [1] d'Inverno, Ray, and J. Vickers. <i>Introducing Einstein's Relativity</i> . Oxford University Press, 2022. [2] Carroll, Sean. <i>Spacetime and Geometry: An Introduction to General Relativity</i> . Cambridge University Press, 2019. [3] Kenyon, I. R. <i>General Relativity</i> . Oxford University Press, 1990. [4] Fang, L. Z., and R. Ruffini. <i>Basic Concepts in Relativistic Astrophysics</i> . World Scientific Publishing, 1983. [5] Berry, M. V. <i>Principles of Cosmology and Gravitation</i> . Routledge, 2017.
Ders Öğrenim Çıktıları	Bu dersi başarıyla tamamlayan öğrenciler, 1. Uzay-zaman kavramını açıklayabileceklerdir.



2. Tansör cebiri ve tansör hesaplarını öğrenebileceklerdir.
3. Genel rölativitenin prensiplerini açıklayabileceklerdir.
4. Genel rölativitenin alan denklemlerini yorumlayabileceklerdir.
5. Genel rölativitenin deneysel testlerini yorumlayabileceklerdir.
6. Kara delik teorisinin temellerini öğrenebileceklerdir.

DEĞERLENDİRME SİSTEMİ

Etkinlikler	Sayı	Katkı Payı
Devam/Katılım:		
Laboratuvar:		
Uygulama (Sözlü Sınav):		
Arazi Çalışması		
Derse Özgü Staj		
Kısa Sınavlar/Stüdyo Kritiği: İçerik: Sınav haftasına kadar işlenen konuların tümünü kapsayan kapsamlı soruların sorulması Format: Yüz yüze. Çoktan seçmeli kısa sınav (5-10 dakika) Detaylı Değerlendirme Kriterleri: -Derste işlenen teorik konular ile ilgili problemleri çözebilme	4	%10
Ödev:		
Sunum/Jüri:		
Proje:		
Seminer/Workshop		
Ara Sınavlar: İçerik: Sınav haftasına kadar işlenen konuların tümünü kapsayan kapsamlı sorular Format: Yüz yüze. Sınav (90 dakika) Detaylı Değerlendirme Kriterleri: -Dersin temel kavramlarının anlaşıldığının gösterilmesi -Teorik konularla ilgili problemlerin çözülebilmesi -Teorik düşünme süreçlerinin yürütülmesi	2	%50
Final: İçerik: Dersin tüm içeriğini kapsayan kapsamlı sorular Format: Yüz yüze. Sınav (90 dakika) 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: Özel Rölativitenin Postülatları. Lorentz Dönüşümleri. Eşzamanlılık. Uzunluk kısalması. Zaman genleşmesi. Hızların toplamı. İkizler paradoksu. Minkowski uzay-zamanı. Sınıf-İçi Uygulama: Lorentz dönüşümleri. Eşzamanlılık. Uzunluk kısalması. Zaman genleşmesi. Hızların toplamı. Sınıf-İçi Tartışma: İkizler paradoksu. Minkowski uzay-zamanı.	1. İlgili bölümün okunması. Kaynak: Ders Kitabı 1, Bölüm 2, 3: Özel Rölativite Teorisine Kısa Bir Bakış.
2	Konu Anlatımı: Giriş. Manifoldlar ve koordinatlar. Eğriler ve yüzeyler. Koordinat dönüşümleri. Sınıf-İçi Uygulama: Eğriler ve yüzeyler. Koordinat dönüşümleri. Sınıf-İçi Tartışma: Manifoldlar ve koordinatlar.	1. İlgili bölümün okunması. Kaynak: Ders Kitabı 1, Bölüm 5: Tansör Formalizmi.
3	Konu Anlatımı: Kontravaryant tansörler. Kovaryant ve karışık tansörler. Tansör alanları. Tansörlerle temel işlemler. Sınıf-İçi Uygulama: Tansörlerle temel işlemler. Kısa Sınav 1: Ders sonunda, derste işlenen konuları içeren bir kısa sınavın yapılması.	1. İlgili bölümün okunması. Kaynak: Ders Kitabı 1, Bölüm 5: Tansör Formalizmi.
4	Konu Anlatımı: Bir tansörün kısmi türevi. Lie türevi. Afin bağlantı ve kovaryant türev. Afin jeodezikler. Sınıf-İçi Uygulama: Lie Türevi. Afin bağlantı ve kovaryant türev.	1. İlgili bölümün okunması. Kaynak: Ders Kitabı 1, Bölüm 6: Tansör Hesapları.
5	Konu Anlatımı: Riemann tansörü. Jeodezik koordinatlar. Afin düzlük. Metrik. Sınıf-İçi Tartışma: Afin düzlük. Kısa Sınav 2: Ders sonunda, derste işlenen konuları içeren bir kısa sınavın yapılması.	1. İlgili bölümün okunması. Kaynak: Ders Kitabı 1, Bölüm 6: Tansör Hesapları.
6	Konu Anlatımı: Metrik jeodezikler. Metrik bağlantı. Metrik düzlük. Eğrilik tansörü. Einstein tansörü. Sınıf-İçi Uygulama: Eğrilik tansörü. Einstein tansörü. Sınıf-İçi Tartışma: Metrik düzlük.	1. İlgili bölümün okunması. Kaynak: Ders Kitabı 1, Bölüm 6: Tansör Hesapları.
7	Konu Anlatımı: Integral, Varyasyon ve Simetri. Sınıf-İçi Uygulama: Varyasyon.	1. İlgili bölümün okunması. Kaynak: Ders Kitabı 1, Bölüm 7: İntegral, Varyasyon ve Simetri.
8	Ara Sınav 1	Sınav haftasına kadar işlenen konuların tümünün tekrar edilmesi.
9	Konu Anlatımı: Mach prensibi. Newton teorisindeki kütle. Sınıf-İçi Tartışma: Mach prensibi.	1. İlgili bölümün okunması. Kaynak: Ders Kitabı 1, Bölüm 9: Genel Rölativitenin Prensipleri.
10	Konu Anlatımı: Eşdeğerlik prensibi. Asansör deneyleri. Genel kovaryanslık prensibi. Minimal kütleçekimsel bağlanma prensibi. Karşılıklılık prensibi. Sınıf-İçi Uygulama: Asansör deneyleri. Kısa Sınav 3: Ders sonunda, derste işlenen konuları içeren bir kısa sınavın yapılması.	1. İlgili bölümün okunması. Kaynak: Ders Kitabı 1, Bölüm 9: Genel Rölativitenin Prensipleri.
11	Konu Anlatımı: Genel rölativite alan denklemleri. Yerel olmayan asansör deneyleri. Alan denklemleri. Enerji-momentum tansörü. Toz bulutu, ideal akışkan ve Maxwell	1. İlgili bölümün okunması. Kaynak: Ders Kitabı 1, Bölüm 10: Genel Rölativite Alan Denklemleri.



	enerji-momentum tansörü. Diğer enerji momentum tansörleri. Alan denklemlerin yapısı. Alan denklemlerini yorumlama. Sınıf-İçi Tartışma: Yerel olmayan asansör deneyleri. Alan denklemlerini yorumlama.	2. İlgili bölümün okunması. Kaynak: Ders Kitabı 1, Bölüm 12: Enerji-Momentum Tansörü.
12	Konu Anlatımı: Schwarzschild çözümü. Ara Sınav 2	1. İlgili bölümün okunması. Kaynak: Ders Kitabı 1, Bölüm 15: Schwarzschild Çözümü.
13	Konu Anlatımı: Giriş. Kepler hareketi. Merkür'ün günberi noktasının kayması. Işığın eğilmesi. Gravitasyonel kırmızıya kayma. Işığın gecikmesi. Eötvös deneyi. Gözlenen ve deneysel olayların kronolojisi. Lastik-çarşaf geometrisi. Sınıf-İçi Tartışma: Gözlenen ve deneysel olaylar.	1. İlgili bölümün okunması. Kaynak: Ders Kitabı 1, Bölüm 16: Genel Rölativitenin Deneysel Testleri.
14	Konu Anlatımı: Kara delikler. Sınıf-İçi Tartışma: Kara delikler.	1. İlgili bölümün okunması. Kaynak: Ders Kitabı 1, Bölüm 17: Kara Delikler.
15	Konu Anlatımı: Konu tekrarı. Sınıf-İçi Uygulama: Derste işlenen konuları içeren uygulama yapılması. Kısa Sınav 4: Ders sonunda, derste işlenen konuları içeren bir kısa sınavın yapılması.	1. İlgili bölümün okunması. Kaynak: Ders Kitabı 1, Bölüm: 5-6-7-9-10-12-15-16-17.
16	Final	İşlenen konuların tümünün tekrar edilmesi.

AKTS İŞYÜKÜ TABLOSU

Etkinlikler	Sayı	Süresi (Saat)	Toplam İşyükü
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	4	2	8
Projeler			
Sunum / Seminer			
Ara Sınavlar (Sınav Süresi + Sınav Hazırlık Süresi)	2	15	30
Final (Sınav Süresi + Sınav Hazırlık Süresi)	1	20	20
Toplam İş yükü:			142
Toplam İş yükü / 30(s):			4.73
AKTS Kredisi:			5



COURSE INFORMATION FORM

FACULTY / GRADUATE SCHOOL	Faculty of Arts and Sciences
DEPARTMENT / PROGRAMME	Physics
TITLE OF COURSE	Introduction to General Relativity
CODE	FIZ4110
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	Reyhan KAYA
ASSISTANT(S)	
COURSE OBJECTIVES	This course aims to discuss the fundamental concepts of general relativity, the theory of spacetime and gravity; to best describe the behavior of matter and light under the influence of gravity, which forms the basis of standard cosmology. This course also aims to provide students with an explanation of the details of many observational phenomena with an accuracy incomparable to Newton's dynamical theory.
COURSE CONTENT	Special relativity revisited; manifolds and coordinates; curves and surfaces; transformations of coordinates; contravariant tensors; covariant and mixed tensors; tensor fields; elementary operations with tensors; Tensor calculus; the Riemann tensor; the metric; the curvature tensor; the Einstein tensor; integration, variation and symmetry; Mach's principle; the principle of equivalence; the lift experiments; the principle of general covariance; the principle of minimal gravitational coupling; the field equations of general relativity; the energy-momentum tensor; the Schwarzschild solution; experimental tests of general relativity; black holes.
RECOMMENDED OR REQUIRED READINGS	Coursebooks: [1] d'Inverno, Ray, and J. Vickers. <i>Introducing Einstein's Relativity</i> . Oxford University Press, 2022. [2] Carroll, Sean. <i>Spacetime and Geometry: An Introduction to General Relativity</i> . Cambridge University Press, 2019. [3] Kenyon, I. R. <i>General Relativity</i> . Oxford University Press, 1990. [4] Fang, L. Z., and R. Ruffini. <i>Basic Concepts in Relativistic Astrophysics</i> . World Scientific Publishing, 1983. [5] Berry, M. V. <i>Principles of Cosmology and Gravitation</i> . Routledge, 2017.
Course Learning Outcomes	Upon successful completion of the course, students will be able to 1. Explain about the concept of space-time. 2. Learn tensor algebra and tensor calculus.



3. Explain the principles of general relativity.
4. Interpret the field equations of general relativity.
5. Interpret the experimental tests of general relativity.
6. Learn the fundamentals of the black hole theory.

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	4	%10
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	%50
Final: Content: Comprehensive questions covering the entire content of the course 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	1	%40
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: Einstein's two Axioms for special relativity. Lorentz transformations. The relativity of simultaneity. Length contraction. Time dilation. Velocity addition. The twin paradox. Minkowski space-time. Quick Practice: Lorentz transformations. The relativity of simultaneity. Length contraction. Time dilation. Velocity addition. In-Class Discussion: Twin paradox. Minkowski space-time.	1. Reading the relevant section. Source: Coursebook 1, Chapter 2, 3: Special Relativity Revisited.
2	Lecture: Introduction. Manifolds and coordinates, Curves and surfaces. Transformations of coordinates. Quick Practice: Curves and surfaces. Transformations of coordinates. In-Class Discussion: Manifolds and coordinates.	1. Reading the relevant section. Source: Coursebook 1, Chapter 5: The Formalism of Tensors.
3	Lecture: Contravariant tensors. Covariant and mixed tensors. Tensor fields. Elementary operations with tensors. In-Class Discussion: Operations with tensors. Quiz 1: A quiz at the end of the class covering the topics taught during the session.	1. Reading the relevant section. Source: Coursebook 1, Chapter 5: The Formalism of Tensors.
4	Lecture: Partial derivative of a tensor. The Lie derivative. The affine connection and covariant. Differentiation. affine geodesics. Quick Practice: The Lie derivative. The affine connection and covariant differentiation.	1. Reading the relevant section. Source: Coursebook 1, Chapter 6: Tensor Calculus.
5	Lecture: The Riemann tensor. Geodesics coordinates. affine flatness. The metric. In-Class Discussion: Affine flatness. Quiz 2: A quiz at the end of the class covering the topics taught during the session.	1. Reading the relevant section. Source: Coursebook 1, Chapter 6: Tensor Calculus.
6	Lecture: Metric geodesics. The metric connection. Metric flatness. The curvature tensor. The Einstein tensor. Quick Practice: The curvature tensor. The Einstein tensor. In-Class Discussion: Metric flatness.	1. Reading the relevant section. Source: Coursebook 1, Chapter 6: Tensor Calculus.
7	Lecture: Integration, variation and symmetry.	1. Reading the relevant section. Source: Coursebook 1, Chapter 7: Integration, Variation and Symmetry.



	Quick Practice: Variation.	
8	Midterm 1	Review of all topics covered up to the exam week.
9	Lecture: Mach's principle. Mass in Newtonian theory. In-Class Discussion: Mach's principle.	1. Reading the relevant section. Source: Coursebook 1, Chapter 9: The Principles of General Relativity.
10	Lecture: The principle of equivalence. The lift experiments. The principle of general covariance. The principle of minimal gravitational coupling. The correspondence principle. Quick Practice: The lift experiments. Quiz 3: A quiz at the end of the class covering the topics taught during the session.	1. Reading the relevant section. Source: Coursebook 1, Chapter 9: The Principles of General Relativity.
11	Lecture: The field equations of general relativity. Non-local lift experiments. The energy-momentum tensor. Incoherent matter. Perfect fluid. Other energy-momentum tensors. The structure of the field equations. Interpretation of the field equations. In-Class Discussion: Non-local lift experiments. Interpretation of the field equations.	1. Reading the relevant section. Source: Coursebook 1, Chapter 10: The Field Equations of General Relativity. 2. Reading the relevant section. Source: Coursebook 1, Chapter 12: The Energy-Momentum Tensor.
12	Lecture: Schwarzschild solution. Midterm 2	1. Reading the relevant section. Source: Coursebook 1, Chapter 15: Schwarzschild Solution.
13	Lecture: Introduction. Classical Kepler motion. Advance of the perihelion of Mercury. Bending of light. Gravitational red shift. Time delay of light. The Eötvös experiment. A chronology of experimental and observational events. Rubber-sheet Geometry. In-Class Discussion: Experimental and observational events.	1. Reading the relevant section. Source: Coursebook 1, Chapter 16: Experimental Tests of General Relativity.
14	Lecture: Black holes. In-Class Discussion: Black holes.	1. Reading the relevant section. Source: Coursebook 1, Chapter 17: Black Holes.
15	Lecture: Review of all topics covered. In-Class Activity: Review of all topics covered. Quiz 4: A quiz at the end of the class covering the topics taught during the session.	1. Reading the relevant section. Source: Coursebook 1, Chapter 5-6-7-9-10-12-15-16-17.
16	Final	Review of all 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	4	2	8
Project			
Presentations / Seminar			
Mid-Terms (Examination Duration + Examination Prep. Duration)	2	15	30
Final (Examination Duration + Examination Prep. Duration)	1	20	20
Total Workload:			142
Total Workload / 30(h):			4.73
ECTS Credit:			5



Ders Öğrenim Çıktısı & Program Çıktısı Matrisi

	<u>DÖC-1</u>	<u>DÖC-2</u>	<u>DÖC-3</u>	<u>DÖC-4</u>	<u>DÖC-5</u>	<u>DÖC-6</u>
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>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</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>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>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>
PC-4 Disiplinlerarası bir yaklaşımla, farklı alanlarda edinmiş oldukları bilgileri sentezleyebileceklerdir. / Synthesise knowledge acquired from different disciplines through an interdisciplinary approach.	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</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	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>



disiplin-içi ve disiplinlerarası 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.	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>
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.	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>
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.	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>
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.	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>
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.	=	=	=	=	=	=