



DERS BİLGİ FORMU

FAKÜLTE / ENSTİTÜ ADI	Fen Edebiyat Fakültesi
BÖLÜM / PROGRAM / ANABİLİM DALI ADI	Fizik
DERSİN ADI	Astroparçacık Fiziği
DERSİN KODU	FIZ1124
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	Murat HÜDAVERDİ
ASİSTAN(LAR)	
DERSİN AMACI	Bu ders, öğrencilerin parçacık fiziği, astrofizik ve kozmolojinin kesişiminde yer alan disiplinlerarası alanı keşfetmelerini ve evreni yöneten temel parçacıklar ile kuvvetler hakkında derinlemesine bilgi edinmelerini amaçlamaktadır. Ders, öğrencilerin kozmik ışınlar, fotonlar, nötrinolar ve kütleçekim dalgaları gibi astrofiziksel habercilerin üretim, etkileşim ve tespit mekanizmalarını incelemelerini; gelişmiş yer ve uzay tabanlı teleskoplar, dedektör sistemleri ve çok habercili astrofizik tekniklerini tanımlarını ve kullanmalarını hedeflemektedir. Ayrıca, öğrencilerin karanlık madde ve karanlık enerjiye ilişkin kanıtları, parçacık adaylarını ve arama yöntemlerini değerlendirmeleri; süpernovalar, nötron yıldızları, aktif galaktik çekirdekler ve gama ışını patlamaları gibi aşırı astrofiziksel olayları yorumlamaları amaçlanmaktadır. Ders süresince öğrencilerin modern deneysel teknikleri kullanarak verileri analiz etmeleri, farklı habercileri birleştirerek evrenin dinamiklerini anlamlandırmaları ve astroparçacık fiziğinin çözülmemiş problemlerini tartışarak disiplinlerarası bir bakış açısı geliştirmeleri hedeflenmektedir.
DERSİN İÇERİĞİ	Elektromanyetik ışınım: Gama ışınları, X-ışınları, görünür ve radyo dalgaları; üretim ve madde ile etkileşim; yer ve uzay tabanlı teleskoplar; kozmik ışınlar: protonlar ve ağır çekirdekler; enerji spektrumu, şok ivmelenmeleri; galaktik ve ekstra-galaktik kaynaklar; nötrinolar ve kütleçekim dalgaları: nötrino üretimi ve salınımı; astrofiziksel kaynaklar; IceCube, Super-Kamiokande, KM3NeT; kompakt ikili birleşmeler ve sinyal analizi; karanlık madde: galaksi dönüş eğrileri, mercekleme, CMB; WIMP'ler ve diğer adaylar; doğrudan ve dolaylı tespit; karanlık enerji: hızlanan evren; süpernova gözlemleri; durum denklemi ($w = P/\rho$); kozmolojik sabit (Λ) ve etkileri.
DERS KİTABI / MALZEMESİ / ÖNERİLEN KAYNAKLAR	Ders Kitabı: Grupen, Claus. <i>Astroparticle Physics</i>. 2nd Edition, Springer, 2020. Önerilen Kaynaklar: [1] De Angelis, Alessandro ve Pimenta, Mário. <i>Introduction to Particle and Astroparticle Physics: Multimessenger Astronomy and its Particle Physics Foundations (Undergraduate Lecture Notes in</i>



Physics. 2nd Edition, Springer, 2018.

[2] Giunti, Carlo ve Kim, Chung, W. *Essentials of Neutrino Physics*. Oxford Press, 2007.

Ders Öğrenim Çıktıları

Bu dersi başarıyla tamamlayan öğrenciler,

1. Astroparçacık fiziğinin temel kavramlarını ve evreni anlamadaki önemini açıklayabileceklerdir.
2. Evrenden gelen farklı sinyalleri (ışınım, kozmik ışınlar, nötrinolar, kütleçekim dalgaları) ve bunları nasıl algıladığımızı ifade edebileceklerdir.
3. Gözlemsel kanıtlardan yola çıkarak karanlık madde ve karanlık enerji gibi kavramları açıklayabileceklerdir.
4. Çoklu haberci astronomisinin, modern kozmoloji ve astrofizik çalışmalarına bütünsel bir bakış kazandırdığını ifade edebileceklerdir.
5. Temel parçacık fiziği ilkeleri ile yıldızlar, süpernovalar, aktif galaktik çekirdekler gibi astrofiziksel olayların bağlantısını ifade edebileceklerdir.
6. Günümüzdeki önemli araştırma projelerini ve bu projelerin evrenle ilgili temel sorulara verdiği yanıtları belirtebileceklerdir.
7. Kozmik olayları fiziğin farklı disiplinlerinin perspektiflerini kullanarak ifade edebileceklerdir.
8. Evrenin en uç koşullarında işleyen fizik yasaları hakkında düşüncelerini ifade edebileceklerdir.

DEĞERLENDİRME SİSTEMİ

Etkinlikler	Sayı	Katkı Payı
Devam/Katılım		
Laboratuvar		
Uygulama (Sözlü Sınav)		
Arazi Çalışması		
Derse Özgü Staj		
Kısa Sınavlar/Stüdyo Kritiği:	1	%5
Ödev: • İçerik: DeneySEL ve gözlemsel astroparçacık güncel konularından bir ödev hazırlanması • Format: A4 kağıda rapor PDF formatında • Detaylı Değerlendirme Kriterleri: -İlgili kaynakçaları açıkça belirten özgün bir ödev -Genel olarak formata uygunluk (font, kenar boşlukları)	1	%25
Sunum/Jüri		
Proje		
Seminer/Workshop		
Ara Sınavlar: • İçerik: Sınav haftasına kadar işlenen konuların tümünü kapsayan kapsamlı sorular • Format: Yüz yüze. Sınav (90 dakika)	1	%30



Detaylı Değerlendirme Kriterleri: -Dersin temel kavramlarının anlaşıldığının gösterilmesi -Teorik konularla ilgili problemlerin çözülebilmesi -Teorik düşünme süreçlerinin yürütülmesi				
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: Astroparçacık Fiziği Nedir? Sonsuz küçüklükteki (parçacık fiziği) ve muazzam büyüklükteki (kozmoji ve astrofizik) arasındaki bağlantı. Kısa bir tarihçe: Kozmik ışınlardan çoklu haberci çağına.		1. Parçacık Fiziğinin Standart Modeli, Kozmolojinin Standart Modeli (Λ CDM), temel kuvvetler kavramlarının araştırılması. Kaynak: Ders Kitabı, Bölüm 1 ve Bölüm 2.	
2	Konu Anlatımı: Fotonlar; Elektromanyetik spektrumun bir haberci olarak rolü. Gama ışını astrofiziği: üretim mekanizmaları (bremsstrahlung, ters Compton, piyon bozunması), soğurma (EBL/CMB'de çift üretimi). Sınıf-içi Uygulama (5 dk.): Yer tabanlı (IACT'ler: H.E.S.S., MAGIC, VERITAS) ve uzay tabanlı (Fermi-LAT, Swift) teleskoplar.		1. Isıl olmayan radyasyon mekanizmalarının ve γ -ışını algılama tekniklerinin araştırılması. Kaynak: Ders Kitabı, Bölüm 3.	
3	Konu Anlatımı: Kozmik Işınlr; Kozmik ışınların keşfi ve bileşimi. Enerji spektrumu ve "diz" ve "ayak bileği". İvme mekanizmaları: Fermi 1. ve 2. mertebe (difüzyon şoku ivmesi).		1. Hillas kriteri, galaktik/galaktik dışı manyetik alanlarda yayılma ve sapma konularının okunması. Kaynak: Ders Kitabı, Bölüm 4.	
4	Konu Anlatımı: Nötrinolar; Nötrino özellikleri: üretim, salınım ve tespit. Astrofiziksel kaynaklar: atmosfer, güneş, süpernovalar, AGN, GRB'ler. Deneyler: IceCube, Süper-Kamiokande, KM3NeT.		1. Nötrino kesiti, optik Çerenkov tespiti, nötrino astronomisinin doğuşu kavramlarının araştırılması. Kaynak: Ders Kitabı, Bölüm 5.	
5	Konu Anlatımı: Kütleçekim Dalgaları; Genel Görelilik'e genel bakış. Kütleçekim Dalgalarının üretimi: kompakt ikili sarmallar (BNS, BBH), birleşmeler ve çınlama azalması. GW sinyallerinin taşıdığı bilgiler (kütleler, spinler, mesafe).		1. Gerilim, kaynakların frekans aralığı, ilk doğrudan tespit (GW150914) konularının araştırılması. Kaynak: Ders Kitabı, Bölüm 6.	
6	Konu Anlatımı: Çok Habercili Astrofizik; Habercileri birleştirerek tam bir resim elde etmek. "Altın" ikili nötron yıldızı birleşmesi GW170817 ve elektromanyetik karşılığı (kilonova). Blazar nötrinoları (TXS 0506+056).		1. Zaman alanı astronomisi, koordineli gözlem çalışmaları, çok habercili korelasyonlar aracılığıyla parçacık tanımlama kavramlarının incelenmesi. Kaynak: Ders Kitabı, Bölüm 7.	
7	Konu Anlatımı: Kozmik Mikrodalga Arkaplanı; Sıcak Büyük Patlama modeli. Rekombinasyon ve son saçılmanın yüzeyi. CMB'nin özellikleri: kara cisim spektrumu ve küçük anizotropiler.		1. Kırmızıya Kayma, Thomson saçılması, bebek evrenin anlık görüntüsü olarak CMB konularının okunması. Kaynak: Ders Kitabı, Bölüm 8.	
8	Ara Sınav 1		Sınav haftasına kadar işlenen konuların tümünün tekrar edilmesi.	
9	Konu Anlatımı: Karanlık Maddeye Dair Kanıtlar; Tarihse kanıtlar: galaksi dönüş eğrileri (Vera Rubin), galaksi kümesi dinamikleri (Zwicky), kütleçekimsel mercekleme. Modern kanıtlar: Mermi Kümesi, CMB güç spektrumu.		1. Kütle-ışık oranları, kütleçekim potansiyeli, baryonik olmayan, soğuk, çarpışmasız maddenin kanıtı konularının okunması. Kaynak: Ders Kitabı, Bölüm 9.	
10	Konu Anlatımı: Karanlık Madde İçin Parçacık Adayları; Karanlık Madde Ne Değildir? (MACHO'lar). Parçacık adayları: WIMP'ler (Zayıf		1. Kalıntı yoğunluğu, yok olma kesiti, parametre uzayı kavramlarının incelenmesi. Kaynak: Ders	



	Etkileşen Büyük Parçacıklar), aksiyonlar, steril nötrinolar. WIMP "mucizesi" ve termal donma.	Kitabı, Bölüm 10.
11	Konu Anlatımı: Karanlık Madde Arayışı; • Doğrudan Tespit: WIMP saçılmasından kaynaklanan nükleer geri tepmelerin aranması (XENONnT, LZ, PandaX). • Dolaylı Tespit: DM yok olma ürünlerinin aranması (Fermi-LAT, AMS-02, IceCube). • Çarpıştırıcı Aramaları: LHC hızlandırıcılarında DM üretimi.	1. Düzlem saçılma kesitleri, söndürme faktörleri, sinyal ve arka plan ayrımı konularının okunması. Kaynak: Ders Kitabı, Bölüm 11.
12	Konu Anlatımı: Karanlık Enerji; Hızlanan evrenin keşfi (Süpernova Kozmoloji Projesi, Yüksek-z Ekibi). Durum denklemi ($w = P/\rho$). Karanlık Enerji nedir? Kozmolojik sabit (Λ), öz.	1. Hubble diyagramı, standart mumlar (Tip Ia SNe), geleceğin sondaları (LSST, Öklid) kavramlarının okunması. Kaynak: Ders Kitabı, Bölüm 12.
13	Konu Anlatımı: Süpernovalar ve Nötron Yıldızları; Çekirdek çökmeli süpernovalar: mekanizma ve nötrino patlaması. Süpernova kalıntılarının kozmik ışın hızlandırıcıları olarak kullanımı. Nötron yıldızları: pulsarlar ve magnetarlar.	1. Nötrino güdümlü patlama mekanizması, r-süreci nükleosentezi, senkrotron radyasyonu kavramlarının incelenmesi. Kaynak: Ders Kitabı, Bölüm 12.
14	Konu Anlatımı: Aktif Galaktik Çekirdekler ve Gama Işını Patlamaları; AGN birleşme modeli. Süper kütleli kara delikler, birikim diskleri ve görelî jetler. GRB'ler: öncüller (çöküşler ve birleşmeler), art patlılar ve ultra yüksek enerjili kozmik ışınlar.	1. Herhangi Eddington parlaklığı, jet fiziği, ateş topu modeli kavramlarının okunması. Kaynak: Ders Kitabı, Bölüm 12.
15	Konu Anlatımı: Karanlık madde/karanlık enerjinin doğası, madde-antimadde asimetrisi, ultra yüksek enerjili kozmik ışınların kökeni, nötrinoların fiziği. Çoklu haberci çağında ileriye giden yol. Sınıf içi tartışma (15dk): Açık sorular ve astroparçacık fiziğinin geleceği; ders tekrarı. Başlıca çözülmemiş problemler.	1. Çoklu haberci çağında ileriye giden yol hakkında araştırma yapılması.
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	2	28
Derse Özgü Staj			
Ödev	1	20	20
Küçük Sınavlar/Stüdyo Kritiği	1	5	5
Projeler			
Sunum / Seminer			
Ara Sınavlar (Sınav Süresi + Sınav Hazırlık Süresi)	1	20	20
Final (Sınav Süresi + Sınav Hazırlık Süresi)	1	25	25
Toplam İş yükü:			140
Toplam İş yükü / 30(s):			4.67
AKTS Kredisi:			5



COURSE INFORMATION FORM

FACULTY / GRADUATE SCHOOL	Faculty of Arts and Sciences
DEPARTMENT / PROGRAMME	Physics
TITLE OF COURSE	Astroparticle Physics
CODE	FIZ1124
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	Selective @ Bachelor Programme in Physics
COURSE CATEGORY	Major Area Courses
MODE OF DELIVERY	Face-to-Face
OWNER ACADEMIC UNIT	Department of Physics
COURSE COORDINATOR	Murat HÜDAVERDİ
ASSISTANT(S)	
COURSE OBJECTIVES	This course aims to enable students to explore the interdisciplinary field at the intersection of particle physics, astrophysics, and cosmology, and to gain in-depth knowledge about the fundamental particles and forces that govern the universe. It seeks to provide students with the ability to examine the production, interaction, and detection mechanisms of astrophysical messengers such as cosmic rays, photons, neutrinos, and gravitational waves, as well as to recognize and utilize advanced ground- and space-based telescopes, detector systems, and multi-messenger astrophysics techniques. Furthermore, the course aims for students to evaluate the evidence for dark matter and dark energy, consider possible particle candidates and search methods, and interpret extreme astrophysical events such as supernovae, neutron stars, active galactic nuclei, and gamma-ray bursts. Throughout the course, students are expected to analyze data using modern experimental techniques, integrate different messengers to understand the dynamics of the universe, and develop an interdisciplinary perspective by discussing the unresolved problems of astroparticle physics.
COURSE CONTENT	Electromagnetic radiation: gamma rays, X-rays, visible and radio waves; production and interaction with matter; ground- and space-based telescopes; cosmic rays: protons and heavy nuclei; energy spectrum, shock acceleration; galactic and extragalactic sources; neutrinos and gravitational waves; neutrino production and oscillation; astrophysical sources; IceCube, Super-Kamiokande, KM3NeT; compact binary mergers and signal analysis; dark matter: galaxy rotation curves, lensing, CMB; WIMPs and other candidates; direct and indirect detection; dark energy: accelerating universe; supernova observations; equation of state ($w = P/\rho$); cosmological constant (Λ) and its effects.
RECOMMENDED OR REQUIRED READINGS	Coursebook: Grupen, Claus. <i>Astroparticle Physics</i> . 2nd Edition, Springer, 2020. Recommended Readings: [1] De Angelis, Alessandro and Pimenta, Mário. <i>Introduction to Particle and Astroparticle</i>



	<i>Physics: Multimessenger Astronomy and its Particle Physics Foundations (Undergraduate Lecture Notes in Physics</i>. 2nd Edition, Springer, 2018. [2] Giunti, Carlo and Kim, Chung, W. <i>Essentials of Neutrino Physics</i>. Oxford Press, 2007.
Course Learning Outcomes	Upon successful completion of the course, students will be able to 1. Explain the fundamental concepts of astroparticle physics and their importance in understanding the universe. 2. Describe the different signals coming from the universe (radiation, cosmic rays, neutrinos, gravitational waves) and how they are detected. 3. Explain concepts such as dark matter and dark energy based on observational evidence. 4. Express how multi-messenger astronomy provides a holistic perspective on modern cosmology and astrophysics. 5. Describe the connection between the principles of elementary particle physics and astrophysical phenomena such as stars, supernovae, and active galactic nuclei. 6. Identify major current research projects and the answers these projects provide to fundamental questions about the universe. 7. Describe cosmic events by using perspectives from different disciplines of physics. 8. Express ideas about the physical laws operating under the extreme conditions of the universe.

EVALUATION SYSTEM

Activities	Number	Percentage of Grade
Attendance/Participation		
Laboratory		
Application (Oral Examination)		
Field Work		
Special Course Internship (Work Placement)		
Quizzes/Studio Critics:	1	%5
Homework Assignments: • Content: An assignment on current experimental and observational astroparticle topics. • Format: Report on A4 paper in PDF format. • Detailed Assessment Criteria: -An original assignment clearly indicating relevant references. -General formatting (font, margins)	1	%25
Presentations/Jury		
Project		
Seminar/Workshop		
Midterms: • Content: Comprehensive questions covering all topics covered up to the exam week. • Format: Face-to-face. Exam. (90 minutes). • Detailed Assessment Criteria:	1	%30



- Demonstration of understanding of the course's fundamental concepts. - Ability to solve problems related to theoretical topics. - Conducting theoretical thinking processes.		
Final: • Content: Comprehensive questions covering all topics covered up to the exam week. • Format: Face-to-face. Exam (90 minutes). • Detailed Assessment Criteria: - Demonstrate a deep understanding of all topics covered in the course. -Ability to use advanced problem-solving skills.	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: What is Astroparticle Physics? The connection between the infinitesimally small (particle physics) and the immensely large (cosmology & astrophysics). A brief history: from cosmic rays to the multi-messenger era.	1. Recollection and activation of prior knowledge on the concepts of vector space and subspace, and the definitions of one-to-one and onto functions. Source: Coursebook, 26-34; 38-40. 2. Investigation of the Standard Model of Particle Physics, the Standard Model of Cosmology (ΛCDM), and the concepts of fundamental forces. Source: Coursebook, Chapter 1 and Chapter 2.
2	Lecture: Photons; The electromagnetic spectrum as a messenger. Gamma-ray astrophysics: production mechanisms (bremsstrahlung, inverse Compton, pion decay), absorption (pair production on EBL/CMB). In-Class Discussion (5 minutes): Ground-based (IACTs: H.E.S.S., MAGIC, VERITAS) and space-based (Fermi-LAT, Swift) telescopes.	1. Investigation of non-thermal radiation mechanisms and γ-ray detection techniques. Source: Coursebook, Chapter 3.
3	Lecture: Cosmic Rays; Discovery and composition of cosmic rays. Energy spectrum and the "knee" and "ankle". Acceleration mechanisms: Fermi 1st and 2nd order (diffusive shock acceleration).	2. Reading of the Hillas criterion, propagation and deflection in galactic/extragalactic magnetic fields. Source: Coursebook, Chapter 4.
4	Lecture: Neutrinos; Neutrino properties: production, oscillation, and detection. Astrophysical sources: atmosphere, sun, supernovae, AGN, GRBs. Experiments: IceCube, Super-Kamiokande, KM3NeT.	1. Investigation of the concepts of neutrino cross section, optical Cherenkov detection, and the birth of neutrino astronomy. Source: Coursebook, Chapter 5.
5	Lecture: Gravitational Waves; General Relativity overview. Production of GWs: compact binary inspirals (BNS, BBH), mergers, and ringdown. The information carried by GW signals (masses, spins, distance).	1. Investigation of the concepts of strain, frequency range of sources, and the first direct detection (GW150914). Source: Coursebook, Chapter 6.
6	Lecture: Multi-Messenger Astrophysics; Combining messengers for a complete picture. The "golden" binary neutron star merger GW170817 and its electromagnetic counterpart (kilonova). Blazar neutrinos (TXS 0506+056).	1. Investigation of the concepts of time-domain astronomy, coordinated observation campaigns, and particle identification through multi-messenger correlations. Source: Coursebook, Chapter 7.
7	Lecture: Cosmic Microwave Background; The Hot Big Bang model. Recombination and the surface of last scattering. Properties of the CMB: blackbody spectrum and tiny anisotropies.	1. Reading on redshift, Thomson scattering, and the Cosmic Microwave Background (CMB) as a snapshot of the infant universe. Source: Coursebook, Chapter 8.



8	Midterm 1	Review of all topics covered up to the exam week.
9	Lecture: Evidence for Dark Matter; Historical evidence: galaxy rotation curves (Vera Rubin), galaxy cluster dynamics (Zwicky), gravitational lensing. Modern evidence: Bullet Cluster, CMB power spectrum.	1. Reading on mass-to-light ratios, gravitational potential, and evidence for non-baryonic, cold, collisionless matter. Source: Coursebook, Chapter 9.
10	Lecture: Particle Candidates for Dark Matter; What is Dark Matter not? (MACHOs). Particle candidates: WIMPs (Weakly Interacting Massive Particles), axions, sterile neutrinos. The WIMP "miracle" and thermal freeze-out.	1. Investigation of the concepts of relic density, annihilation cross-section, and parameter space. Source: Coursebook, Chapter 10.
11	Lecture: Searching for Dark Matter; • Direct Detection: Searching for nuclear recoils from WIMP scattering (XENONnT, LZ, PandaX). • Indirect Detection: Looking for DM annihilation products (Fermi-LAT, AMS-02, IceCube). • Collider Searches: Producing DM at LHC accelerators.	1. Reading on scattering cross-sections, quenching factors, and signal vs. background discrimination. Source: Coursebook, Chapter 11.
12	Lecture: Dark Energy; Discovery of the accelerating universe (Supernova Cosmology Project, High-z Team). Equation of state ($w = P/\rho$). What is Dark Energy? Cosmological constant (Λ), quintessence.	1. Reading on the concepts of the Hubble diagram, standard candles (Type Ia SNe), and future probes (LSST, Euclid). Source: Coursebook, Chapter 12.
13	Lecture: Supernovae and Neutron Stars; Core-collapse supernovae: mechanism and neutrino burst. Supernova remnants as cosmic ray accelerators. Neutron stars: pulsars and magnetars.	1. Reading on the concepts of the neutrino-driven explosion mechanism, r-process nucleosynthesis, and synchrotron radiation. Source: Coursebook, Chapter 12.
14	Lecture: Active Galactic Nuclei & Gamma-Ray Bursts; AGN unification model. Supermassive black holes, accretion disks, and relativistic jets. GRBs: progenitors (collapsars vs. mergers), afterglows, and ultra-high-energy cosmic rays.	1. Reading on the concepts of Eddington luminosity, jet physics, and the fireball model. Source: Coursebook, Chapter 12.
15	Lecture: Nature of dark matter/dark energy, matter-antimatter asymmetry, origin of ultra-high-energy cosmic rays, physics of neutrinos. The way forward in the era of multi-messenger astronomy. In-Class Discussion (15 minutes): Open questions and the future of astroparticle physics; course review. Major unsolved problems.	1. Research on the way forward in the era of multi-messenger astronomy.
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	2	28
Special Course Internship (Work Placement)			
Homework Assignments	1	20	20
Quizzes/Studio Critics	1	5	5
Project			
Presentations / Seminar			
Mid-Terms (Examination Duration + Examination Prep. Duration)	1	20	20
Final (Examination Duration + Examination Prep. Duration)	1	25	25



Total Workload:	140
Total Workload / 30(h):	4.67
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>	<u>DÖC-7</u>	<u>DÖC-8</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>4</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>4</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>3</u>	<u>4</u>	<u>3</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.	=	=	=	=	=	=	=	=



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 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 �alışabileceklerdir. / Work effectively both independently and as part of a team.	=	=	=	=	=	=	=	=
PC-10 Fizik alanında g�venilir bilgi kaynaklarına ulaşarak literat�r taraması yapabilecek ve akademik araştırma tasarlayıp y�r�tebileceklerdir. / Access reliable sources of information, conduct literature reviews, and design and carry out academic research in the field of physics.	=	=	=	=	=	=	=	=
PC-11 Fizik konularını, teorileri, araştırmaları ve problem �z�mlerini, fizik terminolojisi kullanarak t�m paydaşlara Türkçe ve İngilizcede s�zl� 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.	=	=	=	=	=	=	=	=
PC-12 Laboratuvar �alışmalarında 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.	=	=	=	=	=	=	=	=