



DERS BİLGİ FORMU

FAKÜLTE / ENSTİTÜ ADI	Fen Edebiyat Fakültesi
BÖLÜM / PROGRAM / ANABİLİM DALI ADI	Fizik
DERSİN ADI	Temel Tanecikler
DERSİN KODU	FIZ4640
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	Deniz SUNAR ÇERÇİ
ASİSTAN(LAR)	
DERSİN AMACI	Bu dersin amacı; öğrencilere parçacık fizığının temel kavramlarını tanıtmak ve tarihsel gelişimini açıklamaktır. Öğrencilerin Standart Model'in yapısını ve sınırlarını anlamaları, leptonlar, kuarklar ve bozonların özelliklerini karşılaştırmaları hedeflenmektedir. Ayrıca, parçacık hızlandırıcıları ve dedektörlerin işlevlerini analiz edebilmeleri, antimadde, nötrino fiziği, Higgs mekanizması ve Standart Model ötesi teoriler hakkında güncel bilgileri yorumlayabilmeleri amaçlanmaktadır. Öğrencilerin edindikleri bilgileri güncel deneyler ve projeler ışığında tartışmaları ve parçacık fizığının gelecekteki araştırma yönelimlerine dair öngörüler geliştirmeleri beklenmektedir.
DERSİN İÇERİĞİ	Temel parçacıkların tarihsel keşfi; Standart Model ve parçacık sınıflandırmaları; leptonlar, kuarklar ve bozonlar; temel etkileşmeler; anti madde kavramı; hızlandırıcılar ve dedektörler; nötrino fiziği ve Standart Model ötesi arayışlar (karanlık madde, süpersimetri, uzun-ömürlü parçacıklar)
DERS KİTABI / MALZEMESİ / ÖNERİLEN KAYNAKLAR	Ders Kitabı: Griffiths, D. <i>Introduction to Elementary Particles</i> . John Wiley & Sons, 2008. ISBN 10: 3527406018, ISBN 13: 9783527406012. Griffiths, D. <i>Temel Parçacıklara Giriş</i> . (Çeviri: G. Önengüt). Nobel Akademik Yayıncılık, 2015. ISBN: 9786051339290. Zorunlu Kaynaklar: [1] Perkins, D. H. <i>Introduction to High Energy Physics</i> . 4. baskı, Addison-Wesley, 2000. ISBN-13: 9780521621960, ISBN-10: 0521621968. [2] Martin, B. R., & Shaw, G. <i>Particle Physics</i> . J. Wiley, Chichester/New York, 2008. ISBN



	978-0-470-03293-0 (HB), ISBN 978-0-470-03294-7 (PB). Önerilen Kaynaklar: [1] Edwards, D. A., & Syphers, M. J. <i>Introduction to the Physics of High Energy Accelerators</i> . 1st ed., John Wiley & Sons, 1993. [2] Minty, M. G., & Zimmermann, F. <i>Measurement and Control of Charged Particle Beams</i> . Springer, 2003. [3] Conte, M., & MacKay, W. <i>An Introduction to the Physics of Particle Accelerators</i> . 2nd ed., World Scientific, 2008. [4] Wille, K. <i>The Physics of Particle Accelerators: An Introduction</i> . Oxford University Press, 2000. [5] Stupakov, G., & Penn, G. <i>Classical Mechanics and Electromagnetism in Accelerator Physics</i> . Springer, 2018.	
Ders Öğrenim Çıktıları	Bu dersi başarıyla tamamlayan öğrenciler, 1. Parçacık Temel parçacıkları ve etkileşimlerini tanımlayabileceklerdir. 2. Standart Model’in yapısını ve sınırlarını açıklayabileceklerdir. 3. Kuark ve leptonların özelliklerini karşılaştırabileceklerdir. 4. Temel kuvvetlerin özelliklerini ve taşıyıcı bozonları ayırt edebileceklerdir. 5. Parçacık dedektörlerinin temel çalışma prensiplerini açıklayabileceklerdir. 6. Parçacık hızlandırıcılarının bilimsel araştırmalardaki rolünü değerlendirebileceklerdir. 7. Antimadde ve nötrino fiziği ile ilgili güncel bilgileri tartışabileceklerdir. 8. Standart Model ötesi yaklaşımları (ör. karanlık madde, süpersimetri) değerlendirebileceklerdir. 9. Deneysel ve teorik parçacık fiziğinin güncel gelişmelerini takip edebileceklerdir.	
DEĞERLENDİRME SİSTEMİ		
Etkinlikler	Sayı	Katkı Payı
Devam/Katılım: • İçerik: Öğrencilerin derse devam etmeleri ve katılmaları • Detaylı Değerlendirme Kriterleri: - Derse aktif katılım ve soru sorma - Sınıf-içi tartışmalara ve problem çözme süreçlerine katkı sağlayabilme	14	%5
Laboratuvar		
Uygulama (Sözlü Sınav)		
Arazi Çalışması		
Derse Özgü Staj		
Kısa Sınavlar/Stüdyo Kritiği • İçerik: Sınav haftasına kadar işlenen konuların tümünü kapsayan kapsamlı soruların sorulması	2	%10



• Format: Yazılı yada sözlü sınav (5-10 dakika) • Detaylı Değerlendirme Kriterleri: -Derste işlenen teorik konular ile ilgili problemleri çözebilme		
Ödev: • İçerik: Derste işlenen temel kavramların eleştirel biçimde yorumlanmasını ve ilgili kavramların disiplin-İçİ ve disiplinlerarası alanlarda örneklerinin bulunmasını içeren ödevlerin verilmesi • Format: Yazılı raporlar • Detaylı Değerlendirme Kriterleri: - Konu kapsamının doğruluğu, literatüre uygunluk, kavramsal derinlik - Konuyu analiz etme, Standart Model ile bağlantıların kurulması, güncel bilimsel gelişmelerin tartışılması -Raporun yapısı, yazım kurallarına uygunluk, görsel/şemaların kullanımı, kaynak gösterme.	2	%10
Sunum/Jüri: • İçerik: Öğrencilerin kendi öğrenme süreçlerini değerlendirmelerinin ve sunumları yapmalarının istenmesi • Format: Bireysel sunumlar • Detaylı Değerlendirme Kriterleri: -Öğrenilen konuların doğru bir şekilde açıklanabilmesi -Sunum tekniklerinin doğru kullanılması	1	%15
Proje		
Seminer/Workshop		
Ara Sınavlar: • İçerik: Sınav haftasına kadar işlenen konuların tümünü kapsayan temel parçacıkların sınıflandırılması, Standart Model'in yapısı, temel kuvvetler, parçacık hızlandırıcıları ve dedektörlerin çalışma prensipleri ile ilgili kavramsal ve uygulamalı sorular. • Format: Yazılı Sınav (60 dakika) • Detaylı Değerlendirme Kriterleri: -Tüm ders kapsamındaki temel tanım, kavram ve ilkeleri hatırlama. -Kavramlar arası ilişki kurma, Standart Model parçacıkları ve kuvvetlerinin doğru sınıflandırılması. -Problem çözme becerisi, hesaplamaların doğruluğu, sonuçların fiziksel yorumlanması	1	%20
Final: • İçerik: Dersin tüm içeriğini kapsayan kapsamlı sorular • Format: Yazılı Sınav (90 dakika) • Detaylı Değerlendirme Kriterleri:	1	%40



-Derste işlenen tüm konuların derinlemesine kavranmış olduğunun gösterilmesi -İleri düzey problem çözme becerilerinin kullanılabilmesi			
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: Giriş ve parçacık fiziğine tarihsel bakış. Sınıf-İçi Uygulama (5 dk): Temel parçacıkların sınıflandırılması. Sınıf-İçi Tartışma (5 dk): Parçacıkların rolü ve öneminin ele alınması.	1. Temel parçacık tablosunu incelemek, Kaynak: <i>Introduction to Elementary Particles</i> – D. Griffiths, Bölüm 1-2 Ek Kaynak: Particle Data Group (PDG) online tables.	
2	Konu Anlatımı: Standart Model’in genel yapısı. Sınıf-İçi Uygulama (5 dk): Parçacık kartları ile sınıflandırılması. Sınıf-İçi Tartışma (5 dk): Standart Model’in sınırlarının incelenmesi.	1. Standart Model şeması incelenmesi. 2. Temel parçacık türlerinin öğrenilmesi. Kaynak: <i>Modern Particle Physics</i> – Mark Thomson – Bölüm 2 Ek Kaynak: <i>CERN Public Outreach</i> – CERN – Online.	
3	Konu Anlatımı: Leptonlar ve özellikleri. Sınıf-İçi Uygulama (5 dk): Elektron ve nötrino karşılaştırması. Sınıf-İçi Tartışma (5 dk): Nötrino neden özel olduğunun değerlendirilmesi.	1. Lepton ailesinin incelenmesi. 2. Nötrino osilasyonu kavramı araştırılması. Kaynak: <i>Introduction to Elementary Particles</i> D. Griffiths – Bölüm 2 Ek Kaynak: <i>Review of Particle Physics (Neutrinos)</i> – Particle Data Group – Online.	
4	Konu Anlatımı: Kuarklar ve renk yükü. Sınıf-İçi Uygulama (5 dk): Kuark kombinasyonları ile hadron oluşturulması. Sınıf-İçi Tartışma (5 dk): Protonun kararlılığının analiz edilmesi. Kısa Sınav 1 (15 dk.): Ders sonunda, derste işlenen konuları içeren bir kısa sınavın yapılması.	1. Kuark türlerinin incelenmesi. 2. Hadron sınıflandırmasının öğrenilmesi. Kaynak: <i>Quarks and Leptons</i> – F. Halzen & A. Martin – Bölüm 3 Ek Kaynak: <i>Review of Particle Physics (Hadrons)</i> – Particle Data Group – Online. Kısa Sınav 1: Parçacık sınıflandırması tanımı ve özellikleri.	
5	Konu Anlatımı: Temel kuvvetler ve bozonlar. Sınıf-İçi Uygulama (5 dk): Feynman diyagramı örneklerinin çalışılması. Sınıf-İçi Tartışma (5 dk): Güçlerin birleşmesinin mümkün olup olmadığının analiz edilmesi.	1. 4 temel kuvvetin incelenmesi. 2. Taşıyıcı bozonların özellikleri araştırılması. Kaynak: <i>Modern Particle Physics</i> – Mark Thomson – Bölüm 4 Ek Kaynak: <i>Symmetry Magazine-Fermilab/CERN</i> – Online.	
6	Konu Anlatımı: Antimadde ve keşifleri. Sınıf-İçi Uygulama (5 dk): Pozitron örneğinin incelenmesi. Sınıf-İçi Tartışma (5 dk): Antimaddenin evrende neden bulunmadığının ele alınması.	1. Antimadde kavramının incelenmesi. 2. PET taramalarında kullanımının araştırılması. Kaynak: <i>Introduction to Elementary Particles</i> – D. Griffiths-Bölüm 3 Ek Kaynak: <i>Antimatter Resources</i> – NASA – Online5.	
7	Konu Anlatımı: Parçacık hızlandırıcıları. Sınıf-İçi Uygulama (5 dk): LHC hızlandırıcısının incelenmesi. Sınıf-İçi Tartışma (5 dk): Büyük hızlandırıcılarının neden gerekli olduğunun ele alınması.	1. Hızlandırıcı türlerinin incelenmesi. 2. LHC yapısının araştırılması. Kaynak: <i>Modern Particle Physics</i> – Mark Thomson– Bölüm 5 Ek Kaynak: <i>LHC Guide</i> – CERN – Online.	
8	Ara Sınav 1	Sınav haftasına kadar işlenen konuların tümünün tekrar edilmesi.	



9	Konu Anlatımı: Parçacık dedektörleri. Sınıf-İçi Uygulama (5 dk): CMS dedektör kesitinin incelenmesi. Sınıf-İçi Tartışma (5 dk): Parçacıkları nasıl görebileceğimizin değerlendirilmesi.	1. Dedektör bileşenlerinin incelenmesi. 2. İz dedektörleri üzerine araştırmaların incelenmesi. Kaynak: <i>Introduction to Elementary Particles</i> – David Griffiths– Bölüm 4 Ek Kaynak: <i>CMS Outreach Material</i> – CERN –Online.
10	Konu Anlatımı: Nötrino fiziği ve güncel deneyler. Sınıf-İçi Uygulama (5 dk): Nötrino osilasyon diyagramının çizilmesi. Sınıf-İçi Tartışma (5 dk): “Kütesiz mi, hafif mi?” sorusunun ele alınması. Kısa Sınav 2 (15 dk): Ters yüz edilmiş öğrenme (flipped learning) yöntemi çerçevesinde, ders başında, öğrenciye verilen ön hazırlık görevinde yer alan konuları içeren bir kısa sınavın yapılması.	1. Nötrino deneylerinin araştırılması. 2. NOvA/DUNE projelerinin incelenmesi. Kaynak: <i>Quarks and Leptons</i> – F. Halzen & A. Martin – Bölüm 6 Ek Kaynak: <i>Review of Particle Physics (Neutrino Section)</i> – Particle Data Group – Online.
11	Konu Anlatımı: Higgs bozonu ve mekanizması. Sınıf-İçi Uygulama (5 dk): Kütle kazanımı şemasının çizilmesi. Sınıf-İçi Tartışma (5 dk): Higgs bozonun keşfinin öneminin değerlendirilmesi.	1. Higgs mekanizmasının öğrenilmesi. 2. 2012 Higgs keşfinin araştırılması. Kaynak: <i>Modern Particle Physics</i> – Mark Thomson – Bölüm 6 Ek Kaynak: <i>Higgs Fact Sheet</i> – CERN – Online.
12	Konu Anlatımı: Standart Model ötesi teoriler (SUSY). Sınıf-İçi Uygulama (5 dk): SUSY parçacıkları tablosunun oluşturulması. Sınıf-İçi Tartışma (5 dk): Karanlık maddenin bulunabilirliğinin ele alınması.	1. SUSY temel kavramlarının incelenmesi. 2. Alan-parçacık dualitesi araştırılması. Kaynak: <i>Introduction to Elementary Particles</i> – David Griffiths – Bölüm 5 Ek Kaynak: <i>An Introduction to QFT</i> – Peskin & Schroeder – Bölüm 1.
	Konu Anlatımı: Uzun Ömürlü Parçacıklar ve Yeni Fiziğe Açılan Kapılar. Sınıf-İçi Uygulama (5 dk): Erken evren senaryolarının incelenmesi. Sınıf-İçi Tartışma (5 dk): Madde–antimadde asimetrisinin değerlendirilmesi.	1. Karanlık madde araştırılması. 2. Deneysel arayışların incelenmesi. Kaynak: <i>Quarks and Leptons</i> – Francis Halzen & Alan Martin – Bölüm 7 Ek Kaynak: <i>Dark Matter Outreach</i> – CERN – Online.
14	Konu Anlatımı: Güncel deneyler ve gelecekteki hızlandırıcı projeleri. Sınıf-İçi Uygulama (5 dk): FCC/ILC proje karşılaştırmasının yapılması. Sınıf-İçi Tartışma (5 dk): LHC sonrası sürecin ele alınması.	1. Gelecek hızlandırıcı projeleri araştırılması. 2. CERN & KEK planlarının incelenmesi. Kaynak: <i>Introduction to Elementary Particles</i> – David Griffiths – Bölüm 6 Ek Kaynak: <i>Future Collider Reports</i> – CERN – Online.
15	Öğrenci sunumlarının dinlenmesi.	1. Sunum konularının hazırlanması, sunum provasının yapılması. 2. Seçilen konular üzerine (ör. doğrusal hızlandırıcılar, dairesel hızlandırıcılar, huzme dinamiği, sinkrotron ışınımı, Türkiye’deki hızlandırıcı tesisleri, tıpta ve endüstride uygulamalar) sunum slaytlarının hazırlanması. 3. Sunumların gerekli süre ve yapıya uygunluğunu sağlamak için prova yapılması. 4. Seçilen konuyla ilgili ders kitabı ve önerilen kaynakların gözden geçirilmesi.
16	Final	İşlenen konuların tümünün tekrar edilmesi.

AKTS İŞYÜKÜ TABLOSU



Etkinlikler	Sayı	Süresi (Saat)	Toplam İşyükü
Ders Saati	14	3	42
Laboratuar			
Uygulama (sözlü Sınav)			
Arazi Çalışması			
Sınıf Dışı Ders Çalışması	14	3	42
Derse Özgü Staj			
Ödev	2	2	4
Küçük Sınavlar/Stüdyo Kritiği	2	2	4
Projeler			
Sunum / Seminer	1	24	24
Ara Sınavlar (Sınav Süresi + Sınav Hazırlık Süresi)	1	15	15
Final (Sınav Süresi + Sınav Hazırlık Süresi)	1	20	20
Toplam İş yükü:			151
Toplam İş yükü / 30(s):			5.03
AKTS Kredisi:			5



COURSE INFORMATION FORM

FACULTY / GRADUATE SCHOOL	Faculty of Arts and Sciences
DEPARTMENT / PROGRAMME	Physics
TITLE OF COURSE	Elementary Particles
CODE	FIZ4640
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	Deniz SUNAR ÇERÇİ
ASSISTANT(S)	
COURSE OBJECTIVES	The aim of this course is to introduce students to the fundamental concepts of particle physics and to explain its historical development. Students will be able to understand the structure and limitations of the Standard Model, and to compare the properties of leptons, quarks, and bosons. Furthermore, they will analyze the functions of particle accelerators and detectors, and interpret key topics such as antimatter, neutrino physics, the Higgs mechanism, and theories beyond the Standard Model. The course also aims to encourage students to discuss current experiments and future accelerator projects, and to develop insights into the prospective directions of particle physics research.
COURSE CONTENT	Historical discovery of fundamental particles; the Standard Model and particle classifications; leptons, quarks, and bosons; fundamental interactions; the concept of antimatter; particle accelerators and detectors; neutrino physics; searches beyond the Standard Model (dark matter, supersymmetry, long-lived particles).
RECOMMENDED OR REQUIRED READINGS	Coursebook: Griffiths, D. <i>Introduction to Elementary Particles</i> . John Wiley & Sons, 2008. ISBN 10: 3527406018, ISBN 13: 9783527406012. Griffiths, D. <i>Introduction to Elementary Particles</i> . (Editor: G. Önengüt, Turkish Translation). Nobel Academic Publishing, 2015. ISBN: 9786051339290. Required Readings: [1] Perkins, D. H. <i>Introduction to High Energy Physics</i> . 4th ed., Addison-Wesley, 2000. ISBN-13: 9780521621960, ISBN-10: 0521621968. [2] Martin, B. R., & Shaw, G. <i>Particle Physics</i> . J. Wiley, Chichester/New York, 2008.



ISBN 978-0-470-03293-0 (HB), ISBN 978-0-470-03294-7 (PB).

Recommended Readings:

- [1] Edwards, D. A., & Syphers, M. J. *Introduction to the Physics of High Energy Accelerators*. 1st ed., John Wiley & Sons, 1993.
- [2] Minty, M. G., & Zimmermann, F. *Measurement and Control of Charged Particle Beams*. Springer, 2003.
- [3] Conte, M., & MacKay, W. *An Introduction to the Physics of Particle Accelerators*. 2nd ed., World Scientific, 2008.
- [4] Wille, K. *The Physics of Particle Accelerators: An Introduction*. Oxford University Press, 2000.
- [5] Stupakov, G., & Penn, G. *Classical Mechanics and Electromagnetism in Accelerator Physics*. Springer, 2018.

Course Learning Outcomes

Upon successful completion of the course, students will be able to

1. Define the fundamental particles and their interactions.
2. Explain the structure and the limitations of the Standard Model.
3. Compare the properties of quarks and leptons.
4. Distinguish the characteristics of the fundamental forces and their mediator bosons.
5. Describe the basic working principles of particle detectors.
6. Evaluate the role of particle accelerators in scientific research.
7. Discuss up-to-date knowledge on antimatter and neutrino physics.
8. Assess approaches beyond the Standard Model (e.g., dark matter, supersymmetry).
9. Follow current developments in experimental and theoretical particle physics.

EVALUATION SYSTEM

Activities	Number	Percentage of Grade
Attendance/Participation: • Content: Student attendance and participation in the course. • Detailed Assessment Criteria: -Active participation in lessons and asking questions -Ability to contribute to in-class discussions and problem-solving processes	14	%5
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: Written or oral exam (5-10 minutes) • Detailed Assessment Criteria: -Ability to solve problems related to the theoretical topics covered in	2	%10



the course		
Homework Assignments: Content: Weekly assignments requiring critical analysis of fundamental concepts covered in class and identification of examples of these concepts within both intra-disciplinary and interdisciplinary contexts Format: Written reports Detailed Assessment Criteria: - Accuracy of the subject coverage, compliance with the literature, conceptual depth - Ability to analyze the subject, establishing connections with the Standard Model, and discussing recent scientific developments - Structure of the report, adherence to writing conventions, use of visuals/diagrams, proper citation of references	2	%10
Presentations/Jury: Content: Students will be asked to evaluate their own learning processes and deliver group presentations Format: Individual presentations Detailed Assessment Criteria: -Ability to accurately explain the topics learned -Proper use of presentation techniques	1	%15
Project		
Seminar/Workshop		
Midterms: Content: Conceptual and problem-solving questions covering all topics studied up to the exam week, including the fundamental parameters of particle accelerators, acceleration electrodynamics, accelerator types, and their applications. Format: Written exam. (60 minutes). Detailed Assessment Criteria: - Recall of the fundamental definitions, concepts, and principles covered in the entire course. - Establishing relationships between concepts, classification of Standard Model particles and forces. - Skills in problem solving, accuracy of calculations, and physical interpretation of results.	1	%20
Final: Content: Comprehensive questions covering the entire content of the course Format: Written exam (90 minutes). Detailed Assessment Criteria: -Demonstration of a thorough understanding of all topics	1	%40



covered in the course		
-Ability to apply advanced problem-solving skills		
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: Fundamental particles and their properties. In-class Activity (5 min): Classification of fundamental particles. In-class Discussion (5 min): Discussion on the role and importance of particles.	1. Examine the table of fundamental particles <i>Reference:</i> "Introduction to Elementary Particles" – D. Griffiths, Chapters 1–2 <i>Additional Reference:</i> Particle Data Group (PDG) online tables.
2	Lecture: General structure of the Standard Model. In-class Activity (5 min): Classification with particle cards. In-class Discussion (5 min): Examination of the limitations of the Standard Model.	1. Study the Standard Model chart. 2. Learn the types of fundamental particles. Source: <i>Modern Particle Physics</i> – M. Thomson – Ch. 2 Additional Source: CERN Public Outreach – CERN – Online.
3	Lecture: Leptons and their properties. In-class Activity (5 min): Comparing the electron and the neutrino. In-class Discussion (5 min): Evaluation of why the neutrinos are special.	1. Study the lepton family. 2. Research the concept of neutrino oscillation. Source: <i>Introduction to Elementary Particles</i> – D. Griffiths – Ch. 2 Additional Source: <i>Review of Particle Physics (Neutrinos)</i> – PDG – Online.
4	Lecture: Quarks and color charge. In-class Activity (5 min): Forming hadrons with quark combinations. In-class Discussion (5 min): Analysis of stability of the proton. Quiz 1 (15 minutes): A quiz at the end of the class covering the topics taught during the session.	1. Study the types of quarks. 2. Learn the classification of hadrons. Source: <i>Quarks and Leptons</i> – F. Halzen & A. Martin – Ch. 3 Additional Source: <i>Review of Particle Physics (Hadrons)</i> – PDG – Online Short Quiz 1: Definition and properties of particle classification.
5	Lecture: Fundamental forces and bosons. In-class Activity (5 min): Study of Feynman diagrams examples. In-class Discussion (5 min): Analysis of whether the unification of forces is possible.	1. Review the four fundamental forces. 2. Research the properties of gauge bosons. Source: <i>Modern Particle Physics</i> M. Thomson Ch. 4 Additional Source: <i>Symmetry Magazine</i> – Fermilab/CERN – Online.
6	Lecture: Antimatter and its discoveries. In-class Activity (5 min): Examination of the positron example. In-class Discussion (5 min): Consideration of why antimatter is absent in the universe.	1. Study the concept of antimatter. 2. Research its use in PET scans. Source: <i>Introduction to Elementary Particles</i> – D. Griffiths – Ch. 3 Additional Source: <i>Antimatter Resources</i> – NASA – Online.
7	Lecture: Particle accelerators. In-class Activity (5 min): Review of the LHC accelerator.	1. Study the types of accelerators. 2. Research the structure of the LHC. Source: <i>Modern Particle Physics</i> M. Thomson Ch. 5 Additional Source: <i>LHC Guide</i> – CERN – Online.



	In-class Discussion (5 min): Consideration of why are large accelerators necessary.	
8	Midterm 1	Review of all topics covered up to the exam week.
9	Lecture: Particle detectors. In-class Activity (5 min): Review of CMS detector cross-section. In-class Discussion (5 min): Evaluation of how we can observe particles.	1. Study detector components. 2. Research tracking detectors. Source: <i>Introduction to Elementary Particles</i> – D. Griffiths – Ch. 4 Additional Source: <i>CMS Outreach Material</i> – CERN – Online.
10	Lecture: Neutrino physics and recent experiments In-class Activity (5 min): Drawing of the neutrino oscillation diagram. In-class Discussion (5 min): Consideration of the question “Massless or light?”. Quiz 2 (15 min): Conducted at the beginning of the class as part of flipped learning, based on the pre-class preparation task.	1. Research neutrino experiments. 2. Review NOvA/DUNE projects. Source: <i>Quarks and Leptons</i> F. Halzen & A. Martin Ch. 6 Additional Source: <i>Review of Particle Physics (Neutrino Section)</i> – PDG – Online.
11	Lecture: Higgs boson and mechanism. In-class Activity (5 min): Drawing of the mass generation scheme. In-class Discussion (5 min): Evaluation of the significance of the Higgs boson discovery.	1. Learn the Higgs mechanism. 2. Research the 2012 Higgs discovery. Source: <i>Modern Particle Physics</i> M. Thomson Ch. 6 Additional Source: <i>Higgs Fact Sheet</i> – CERN – Online.
12	Lecture: Beyond the Standard Model theories (SUSY). In-class Activity (5 min): Creation of the SUSY particle table. In-class Discussion (5 min): Consideration of the detectability of dark matter.	1. Study the basic concepts of SUSY. 2. Research field–particle duality. Source: <i>Introduction to Elementary Particles</i> D. Griffiths Ch. 5 Additional Source: <i>An Introduction to QFT</i> Peskin & Schroeder Ch. 1.
13	Lecture: Long-Lived Particles and gateways to new physics. In-class Activity (5 min): Examination of early universe scenarios. In-class Discussion (5 min): Evaluation of matter–antimatter asymmetry.	1. Research dark matter. 2. Review experimental searches. Source: <i>Quarks and Leptons</i> F. Halzen & A. Martin Ch. 7 Additional Source: <i>Dark Matter Outreach</i> – CERN – Online.
14	Lecture: Current experiments and future accelerator projects. In-class Activity (5 min): Comparison of FCC/ILC projects. In-class Discussion (5 min): Consideration of the post-LHC process.	1. Research future accelerator projects. 2. Review CERN & KEK plans. Source: <i>Introduction to Elementary Particles</i> D. Griffiths Ch. 6 Additional Source: <i>Future Collider Reports</i> – CERN – Online.
15	Student Presentations.	1. Prepare presentation topics and rehearse the presentation. 2. Prepare and finalize presentation slides on selected topics (e.g., linear accelerators, circular accelerators, beam dynamics, synchrotron radiation, accelerator facilities in Türkiye, applications in medicine and industry). 3. Rehearse presentations to meet the required duration and structure. 4. Review relevant references (coursebook and recommended readings) related to the chosen topic.
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	2	2	4
Quizzes/Studio Critics	2	2	4
Project			
Presentations / Seminar	1	24	24
Mid-Terms (Examination Duration + Examination Prep. Duration)	1	15	15
Final (Examination Duration + Examination Prep. Duration)	1	20	20
Total Workload:			151
Total Workload / 30(h):			5.03
ECTS Credit:			5



Ders Öğrenim Çıktısı & Program Çıktısı Matrisi

	<u>DÖÇ-1</u>	<u>DÖÇ-2</u>	<u>DÖÇ-3</u>	<u>DÖÇ-4</u>	<u>DÖÇ-5</u>	<u>DÖÇ-6</u>	<u>DÖÇ-7</u>	<u>DÖÇ-8</u>	<u>DÖÇ-9</u>
PC-1 Temel bilimler ve fizik alanında kapsamlı bir kuramsal bilgi altyapısı edinerek, bu bilgileri akademik düzeyde analiz, yorum ve problem çözümünde etkin biçimde 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>	<u>5</u>	<u>5</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>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</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>5</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>4</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>5</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>3</u>	<u>3</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	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>



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 bilgisayar ve yapay zekâ teknolojileri ile en az bir programlama dilini, 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.	<u>4</u>	<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-7 Fizik ve ilgili alanlardaki kariyer fırsatlarını değerlendirerek kişisel ve mesleki gelişim hedeflerini belirleyebilecekler ve bu hedeflere ulaşmak için hayat boyu öğrenme stratejilerini kullanabileceklerdir. /Follow scientific and technological developments in mathematics and related fields, assess career opportunities, identify personal and professional development goals, and adopt lifelong learning strategies to achieve these goals.	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</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	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>



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>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</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>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>
PC-11 İleri düzey fizik konularını, teorileri, araştırmaları ve problem çözümlerini, fizik terminolojisi kullanarak Türkçe ve İngilizcede tüm paydaşlara sözlü ve yazılı olarak 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>	<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.	=	=	=	=	=	=	=	=	=