

**DERS BİLGİ FORMU**

FAKÜLTE / ENSTİTÜ ADI	Fen Edebiyat Fakültesi
BÖLÜM / PROGRAM / ANABİLİM DALI ADI	Matematik
DERSİN ADI	Halkalar ve Modüller
DERSİN KODU	MAT4410
YEREL KREDİSİ	3
AKTS KREDİSİ	5
HAFTALIK DERS SAATİ	3
HAFTALIK UYGULAMA SAATİ	0
HAFTALIK LABORATUVAR SAATİ	0
ÖNKOŞULLAR	Yok
YARIYIL	Güz
DERSİN DİLİ	İngilizce, Türkçe
DERSİN SEVİYESİ	Lisans
DERSİN TÜRÜ	Seçmeli @Matematik Lisans Programı
DERSİN KATEGORİSİ	Temel Meslek Dersleri
DERSİN VERİLİŞ ŞEKLİ	Yüz Yüze
DERSİ SUNAN AKADEMİK BİRİM	Matematik Bölümü
DERSİN KOORDİNATÖRÜ	Gürsel YEŞİLOT
ASİSTAN(LAR)	
DERSİN AMACI	Bu dersin amacı, öğrencilere halkalar, idealler ve modüller içerikli derslerin temellerini vererek lisansüstü çalışmalarına yardımcı olmaktır.
DERSİN İÇERİĞİ	Halka ve alt halka kavramı, tamlık bölgesi; ideal ve ideal işlemleri; iç ve dış direkt toplam; Dorroh genişleme teoremi; izomorfizma teoremleri; nil halka, nil ideal, nilpotent ideal; tamlık bölgesi ve cisimler; kesirler halkası, kesir cisim; maksimal ideal; Zorn Lemma, Krull-Zorn Teorem; asal ve asalımsı idealler, nil radikal, yarı asal ideal, ilgili asal ideal, minimal asal ideal; modül ve alt modül kavramı, devirli modül, serbest modül, projektif modül.
DERS KİTABI / MALZEMESİ / ÖNERİLEN KAYNAKLAR	Ders Kitabı: Burton, David. <i>A first Course Rings in ideals</i> . Addison-Wesley, 1970. Zorunlu Kaynaklar: [1] Sharp, R. Y. <i>Steps in Commutative Algebra</i> . Cambridge University Press, 1990 [2] Malik, M. S., Mordeson, J. N., Sen, M. K. <i>Fundamentals of Abstract Algebra</i> . McGraw-Hill, 1997. [3] Balkanay, Erol, Ağargün, A. Göksel, Nilgün, Aygör. <i>Soyut Cebir</i> . cilt 1, YTÜ Vakfı Yayınları, 2000. [4] Yeşilot, Gürsel. <i>Soyut Cebir Çözümlü Problemleri</i> . Nobel Yayınevi, 2012. Önerilen Kaynaklar: Callıalp, Fethi, Tekir, Unsal, <i>Değişmeli Halkalar ve Modüller</i> . Birsen Yayınevi, 2009.

**Ders Öğrenim Çıktıları**

Bu dersi başarıyla tamamlayan öğrenciler,

1. Halka tanımını ve örneklerini verebileceklerdir.
2. Tamlık bölgesi tanımını ve örneklerini verebileceklerdir.
3. İç ve dış direkt toplam tanımını ve özelliklerini açıklayabileceklerdir.
4. Nil halka, nil ideal, nilpotent ideal ve bunların temel özelliklerini açıklayabileceklerdir.
5. Cisim, alt cisim tanımlarını ve bunların temel özelliklerini açıklayabileceklerdir.
6. Maksimal idealler ve özelliklerini açıklayabileceklerdir.
7. Kesir cismi, kesir halkası ve bunların temel özelliklerini açıklayabileceklerdir.
8. Asal idealler, asalımsı idealler ve özelliklerini verebileceklerdir.
9. Modül, alt modül, devirli modül tanımını ve özelliklerini verebileceklerdir.
10. Serbest modül, projektif modül ve örneklerini verebileceklerdir.

DEĞERLENDİRME SİSTEMİ

Etkinlikler	Sayı	Katkı Payı
Devam/Katılım		
Laboratuvar		
Uygulama		
Arazi Çalışması		
Derse Özgü Staj		
Kısa Sınavlar/Stüdyo Kritiği (Zorunlu): • 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	%20
Ödev		
Sunum/Jüri		
Proje		
Seminer/Workshop		
Ara Sınavlar: • İçerik: Sınav haftasına kadar işlenen konuların tümünü kapsayan kapsamlı sorular • Format: Yüz yüze. Sınav (80-100 dakika) • Detaylı Değerlendirme Kriterleri: -Dersin temel kavramlarının anlaşılmasının gösterilmesi -Teorik konularla ilgili problemlerin çözülebilmesi	1	%40



-Teorik düşünme süreçlerinin yürütülmesi		
Final: İçerik: Dersin tüm içeriğini kapsayan kapsamlı sorular Format: Yüz yüze. Sınav (80-100 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: Halka tanımı ve özellikleri Sınıf-içi Uygulama (5 dk.): İki işlemli bir cebirsel yapı örneği vererek halka olup olmadığının incelenmesi Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Halka kavramının matematik ve diğer disiplinlerdeki yerinin tartışılması	1. Halka tanımı ve örneklerinin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 1-7.
2	Konu Anlatımı: Alt halka tanımı ve örneklerinin verilmesi Sınıf-içi Uygulama (5 dk.): Alt halka örneklerinin sunulması Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Bir halkanın keyfi bir alt kümesi her zaman halka kriterlerini sağlar mı, tartışılması Kısa Sınav 1 (15 dk.): Ders sonunda, derste işlenen konuları içeren bir kısa sınavın yapılması	1. Alt halka olma kriterlerinin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 8. 2. Kısa Sınav 1: (halkalar ve alt halkalar).
3	Konu Anlatımı: İdealler Sınıf-içi Uygulama (5 dk.): Bir keyfi tamsayının katları kümesinin bir ideal olup olmadığının incelenmesi Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Bir kümeden bir halkaya tanımlı tüm fonksiyonlar kümesinden yola çıkarak bir ideal elde edebilir miyiz tartışılması	1. İdeal tanımı ve özelliklerinin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 16-19.
4	Konu Anlatımı: İdeal işlemleri ve iç direkt toplam Sınıf-içi Uygulama (5 dk.): İki idealin toplamının da bir ideal olduğunun gösterilmesi Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Tamsayılar halkasının maksimal ideallerinin tartışılması Kısa Sınav 2 (15 dk.): Ders sonunda, derste işlenen konuları içeren bir kısa sınavın yapılması	1. Sonlu üretilmiş ideal, temel ideal, temel ideal halkası, iki taraflı ideal kavramları konusunun okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 19-23. 2. Kısa sınav 2: (idealler).
5	Konu Anlatımı: Homomorfizmalar ve Dorroh genişleme teoremi Sınıf-içi Uygulama (5 dk.): Herhangi iki halka arasında tanımlanan sıfır fonksiyonunun bir homomorfizma olduğunun gösterilmesi	1. Homomorfizma tanımı ve özelliklerinin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 25-28.



	Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Tamsayılar halkasından modüler tamsayılar halkasına tanımlı bir homomorfizma elde edilebilir mi tartışılması	
6	Konu Anlatımı: İzomorfizma teoremleri, tamlık bölgeleri ve cisimler Sınıf-içi Uygulama (5 dk.): Bir halkanın her elemanını onun bir sınıfına eşleyen fonksiyon bir homomorfizmadır, gösterilmesi Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Yukarıda sözü geçen homomorfizmanın çekirdeğinin tartışılması Kısa Sınav 3 (15 dk.): Ders sonunda, derste işlenen konuları içeren bir kısa sınavın yapılması	1. İdeale göre denklik sınıfı ve bölüm halkası kavramlarının okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 39-40. 2. Çekirdek kavramının hatırlanması. 3. Kısa sınav 3: (idealler ve homomorfizmalar).
7	Konu Anlatımı: Maksimal idealler, Zorn Lemma, Krull-Zorn lemma, asal ve asalımsı idealler Sınıf-içi Uygulama (5 dk.): Tamsayılar halkasında bir temel ideal maksimal ise üreticinin asal olduğunun gösterilmesi Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Tamsayılar halkasının maksimal ideallerinin araştırılması üzerine bir tartışma yapılması	1. Maksimal ideal olma kriterini okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 74. 2. Asal ideal olma kriterinin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 76.
8	Ara Sınav 1	Sınav haftasına kadar işlenen konuların tümünün gözden geçirilmesi
9	Konu Anlatımı: Nil radikal, yarı asal ideal, ilgili asal ideal, minimal asal ideal Sınıf-içi Uygulama (5 dk.): İdealin nil radikalinin de bir ideal olduğunun gösterilmesi Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Asalımsı idealin radikali asal mıdır, tartışılması.	1. Asalımsı ideal olma kriterinin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 81.
10	Konu Anlatımı: Modül ve temel özellikleri Sınıf-içi Uygulama (5 dk.): Her değişmeli grubun bir modül olduğunun gösterilmesi Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Modül ile vektör uzayı arasındaki ilişkinin belirlenmesi üzerine bir tartışmanın yapılması	1. Modül tanımı ve örneklerinin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 247-248.
11	Konu Anlatımı: Alt modül, bölüm modülü, modül homomorfizması Sınıf-içi Uygulama (5 dk.): Modül homomorfizması ile lineer dönüşüm arasındaki ilişkinin belirlenmesi Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Modüllerin çarpımı yapılabilir mi tartışılması	1. Halka homomorfizması kavramının hatırlanması. Kaynak: Ders Kitabı, 25.
12	Konu Anlatımı: Serbest modüller Sınıf-içi Uygulama (5 dk.): Bir vektör uzayının ve aşıkâr halkanın kendisi üzerinde bir serbest modül olduğunun ifade edilmesi Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Bir alt kümesi tarafından üretilen bir modülde her eleman tek türlü yazılabilir mi, tartışılması Kısa Sınav 4 (15 dk.): Ders sonunda, derste işlenen konuları içeren bir kısa sınavın yapılması	1. Modül için üretic sistemi kavramının hatırlanması. Kaynak: [1], 118. 2. Kısa sınav 4: (modül, alt modül, devirli modül, modül homomorfizmaları).
13	Konu Anlatımı: Serbest modül özellikleri Sınıf-içi Uygulama: (5 dk) Bir ideale göre bölüm modülü serbest ise idealin aşıkâr olacağının gösterilmesi Sınıf-içi Tartışma: (5 dk.) Serbest bir modülün her üretic sistemi	1. Vektör uzayında taban kavramının hatırlanması 2. Sonlu üretilmiş modül tanımının okunması. Kaynak: [1], 105.



	bir taban içerir mi, tartışılması	
14	Konu Anlatımı: Projektif modüller Sınıf-içi Uygulama: (5 dk) Kısa tam dizi örneklerinin verilmesi Sınıf-içi Tartışma: (5 dk.) Her serbest modül projektif midir tartışılması	1. Kısa tam dizi kavramının okunması. Kaynak: [1], 117.
15	Sınıf-içi Uygulama (15 dk.): Programlama dillerinin tanıtılması Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Programlama dillerinin bilinmesinin öneminin tartışılması	1. Matlab, Maple veya Python dillerinin birinde dersin konuları üzerine yapılacak bir uygulamanın kodlarının hazırlanması ve örneklendirilmesi.
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	4	56
Derse Özgü Staj			
Ödev			
Küçük Sınavlar/Stüdyo Kritiği	4	4	16
Projeler			
Sunum / Seminer			
Ara Sınavlar (Sınav Süresi + Sınav Hazırlık Süresi)	1	10	10
Final (Sınav Süresi + Sınav Hazırlık Süresi)	1	15	15
Toplam İş yükü:			139
Toplam İş yükü / 30(s):			4.63
AKTS Kredisi:			5



COURSE INFORMATION FORM

FACULTY / GRADUATE SCHOOL	Faculty of Arts and Sciences
DEPARTMENT / PROGRAMME	Mathematics
TITLE OF COURSE	Rings and Modules
CODE	MAT4410
LOCAL CREDIT	3
ECTS	5
LECTURE HOUR / WEEK	3
PRACTICAL HOUR / WEEK	0
LABORATORY HOUR / WEEK	0
PREREQUISITE	None
SEMESTER	Fall
COURSE LANGUAGE	English, Turkish
LEVEL OF COURSE	First Cycle
COURSE TYPE	Elective @ Bachelor Programme in Mathematics
COURSE CATEGORY	Core Courses
MODE OF DELIVERY	Face-to-Face
OWNER ACADEMIC UNIT	Department of Mathematics
COURSE COORDINATOR	Gürsel YEŞİLOT
ASSISTANT(S)	
COURSE OBJECTIVES	This course aims to help students provide with a solid foundation in the theory of rings, ideals, and modules, thereby preparing students for graduate-level studies in algebra and related fields.
COURSE CONTENT	This course covers the concept of rings and subrings, integral domains; ideals and operations on ideals; internal and external direct sums; Dorroh's Embedding Theorem; the isomorphism theorems; nil rings, nil ideals, and nilpotent ideals. The course also explores integral domains and fields; rings of fractions and fields of fractions; maximal ideals, Zorn's Lemma, and the Krull-Zorn Theorem. Advanced topics include prime and primary ideals, the nilradical, semiprime ideals, associated prime ideals, and minimal prime ideals. The course concludes with an introduction to module theory, covering the concepts of modules and submodules, cyclic modules, free modules, and projective modules.
RECOMMENDED OR REQUIRED READINGS	Coursebook: Burton, David. <i>A first Course Rings in ideals</i> . Addison-Wesley, 1970. Required Readings: [1] Sharp, R. Y. <i>Steps in Commutative Algebra</i> . Cambridge University Press, 1990 [2] Malik, M. S., Mordeson, J. N., Sen, M. K. <i>Fundamentals of Abstract Algebra</i> . McGraw-Hill, 1997. [3] Balkanay, Erol, Ağargün, A. Göksel, Nilgün, Aygör. <i>Soyut Cebir</i> . cilt 1, YTÜ Vakfı Yayınları, 2000. [4] Yeşilot, Gürsel. <i>Soyut Cebir Çözümlü Problemleri</i> . Nobel Yayınevi, 2012.

**Recommended Readings:**

Callıalp, Fethi, Tekir, Unsal, *Değişmeli Halkalar ve Modüller*. Birsen Yayınevi, 2009.

Course Learning Outcomes

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

1. Define rings with key examples.
2. Identify integral domains with illustrative examples.
3. Explain the properties of internal and external direct sums.
4. Characterize nil rings, nil ideals, and nilpotent ideals.
5. Describe the fundamental properties of fields and subfields.
6. Analyze the properties of maximal ideals.
7. Construct fields of fractions and rings of fractions.
8. Define prime and primary ideals and their properties.
9. Explain the concepts of modules, submodules, and cyclic modules.
10. Recognize free and projective modules and provide examples.

EVALUATION SYSTEM

Activities	Number	Percentage of Grade
Attendance/Participation		
Laboratory		
Application		
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	%20
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. (80-100 minutes). • Detailed Assessment Criteria:	1	%40



-Demonstration of understanding of the fundamental concepts of the course. -Ability to solve problems related to theoretical topics.		
Final: Content: Comprehensive questions covering the entire content of the course. Format: Face-to-face written exam. (80-100 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: Definition and properties of rings Quick Practice (5 minutes): Examining whether a given algebraic structure with two operations is a ring In-class Discussion (5 minutes): Discussing the role of the ring concept in mathematics and other disciplines	1. Reading on the definition of a ring and its examples. Source: Coursebook, 1-7.
2	Lecture: Definition and examples of subrings Quick Practice (5 minutes): Presenting examples of subrings In-class Discussion (5 minutes): Discussing whether an arbitrary subset of a ring always satisfies the ring criteria Quiz 1 (15 minutes): A quiz at the end of the class covering the topics discussed.	1. Reading on the criteria for being a subring. Source: Coursebook, 8. 2. Quiz 1: (rings and subrings).
3	Lecture: Ideals Quick Practice (5 minutes): Examining whether the set of multiples of an arbitrary integer is an ideal In-class Discussion (5 minutes): Discussing whether an ideal can be obtained from the set of all functions from a set to a ring	1. Reading on the definition and properties of ideals. Source: Coursebook, 16-19.
4	Lecture: Operations on ideals and internal direct sum Quick Practice (5 minutes): Showing that the sum of two ideals is also an ideal In-class Discussion (5 minutes): Discussing the maximal ideals of the ring of integers Quiz 2 (15 minutes): A quiz at the end of the class covering the topics discussed.	1. Reading on finitely generated ideals, principal ideals, principal ideal rings, and two-sided ideals. Source: Coursebook, 19-23. 2. Quiz 2: (ideals).



5	Lecture: Homomorphisms and Dorroh's Embedding Theorem Quick Practice (5 minutes): Showing that the zero function defined between any two rings is a homomorphism In-class Discussion (5 minutes): Discussing whether a homomorphism can be defined from the ring of integers to the ring of integers modulo n	1. Reading on the definition and properties of homomorphisms. Source: Coursebook, 25-28.
6	Lecture: Isomorphism theorems, integral domains, and fields Quick Practice (5 minutes): Showing that the function mapping each element of a ring to its coset is a homomorphism In-class Discussion (5 minutes): Discussing the kernel of the aforementioned homomorphism Quiz 3 (15 minutes): A quiz at the end of the class covering the topics discussed	1. Reading on the concepts of equivalence classes modulo an ideal and quotient rings. Source: Coursebook, 39-40. 2. Review of the concept of a kernel. 3. Quiz 3: (ideals and homomorphisms).
7	Lecture: Maximal ideals, Zorn's Lemma, Krull-Zorn Lemma, prime and primary ideals Quick Practice (5 minutes): Showing that in the ring of integers, if a principal ideal is maximal, its generator is prime In-class Discussion (5 minutes): Discussion on investigating the maximal ideals of the ring of integers	1. Reading on the criterion for being a maximal ideal. Source: Coursebook, 74. 2. Reading on the criterion for being a prime ideal. Source: Coursebook, 76.
8	Midterm	Review of all topics covered up to the exam week.
9	Lecture: Nilradical, semiprime ideal, associated prime ideal, minimal prime ideal Quick Practice (5 minutes): Showing that the nilradical of an ideal is also an ideal In-class Discussion (5 minutes): Discussing whether the radical of a primary ideal is prime	1. Reading on the criterion for being a primary ideal. Source: Coursebook, 81.
10	Lecture: Modules and their basic properties Quick Practice (5 minutes): Showing that every abelian group is a module In-class Discussion (5 minutes): Discussion to determine the relationship between a module and a vector space	1. Reading on the definition and examples of modules. Source: Coursebook, 247-248.
11	Lecture: Submodules, quotient modules, and module homomorphisms Quick Practice (5 minutes): Determining the relationship between a module homomorphism and a linear transformation In-class Discussion (5 minutes): Discussing whether a product of modules can be defined	1. Review of the concept of a ring homomorphism. Source: Coursebook, 25.
12	Lecture: Free modules Quick Practice (5 minutes): Stating that a vector space and the trivial ring are free modules over themselves	1. Review of the concept of a generating set for a module. Source: [1], 118.



	In-class Discussion (5 minutes): Discussing whether every element in a module generated by a subset can be written uniquely Quiz 4 (15 minutes): A quiz at the end of the class covering the topics discussed	2. Quiz 4: (modules, submodules, cyclic modules, module homomorphisms).
13	Lecture: Properties of free modules Quick Practice (5 minutes): Showing that if a quotient module by an ideal is free, the ideal must be trivial In-class Discussion (5 minutes): Discussing whether every generating set of a free module contains a basis	1. Review of the concept of a basis in a vector space. 2. Reading on the definition of a finitely generated module. Source: [1], 105.
14	Lecture: Projective modules Quick Practice (5 minutes): Providing examples of short exact sequences In-class Discussion (5 minutes): Discussing whether every free module is projective	1. Reading on the concept of a short exact sequence. Source: [1], 117.
15	Quick Practice (15 minutes): Introduction to programming languages In-class Discussion (5 minutes): Discussing the importance of knowing programming languages	1. Preparation and demonstration of code for an application related to the course topics in one of the languages: Matlab, Maple, or Python.
16	Final Exam	Review of all topics covered in the course.

ECTS WORKLOAD TABLE

Activities	Number	Duration (Hour)	Total Workload
Course Hours	14	3	42
Laboratory			
Application			
Field Work			
Study Hours Out of Class	14	4	56
Special Course Internship (Work Placement)			
Homework Assignments			
Quizzes/Studio Critics	4	4	16
Project			
Presentations / Seminar			
Mid-Terms (Examination Duration + Examination Prep. Duration)	1	10	10
Final (Examination Duration + Examination Prep. Duration)	1	15	15
Total Workload:			139
Total Workload / 30(h):			4.63
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	DÖC-9	DÖC-10
PC-1 Geometri, analiz, lineer cebir, soyut matematik, cebir ve diferansiyel denklemler gibi matematiğin temel alanlarındaki tanımları ve teoremleri ifade edebilecek, bunlar arasında ilişki kurabilecek ve teoremlerin uygulamalarını açıklayabileceklerdir. / State the definitions and theorems in fundamental areas of mathematics such as geometry, analysis, linear algebra, abstract mathematics, and differential equations, establish connections between them and explain their applications.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
PC-2 Matematik alanındaki teorik ve uygulamalı bilgilerini ve matematiksel düşünme becerilerini kullanarak standart ve karmaşık matematiksel problemleri tanımlayabilecek ve analitik ve/veya sayısal yöntemlerle çözebilecek ve matematiksel bir önermenin geçerliliğini farklı ispat yöntemleri ile ispatlayabileceklerdir. / Identify standard and complex mathematical problems, solve these problems with analytical and/or numerical methods and prove the validity of a mathematical proposition through various proof techniques using their theoretical and applied knowledge of mathematics and mathematical thinking skills.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
PC-3 Matematik alanındaki teorik ve uygulamalı bilgilerini ve matematiksel düşünme becerilerini kullanarak gerçek hayattaki problemlerin matematiksel modellerini geliştirebilecek ve bu modelleri kullanarak problemlere geçerli çözümler üretebileceklerdir. / Develop mathematical models for real-life problems and generate valid solutions based on these models using their theoretical and applied knowledge of mathematics and mathematical thinking skills.	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
PC-4 Disiplinlerarası bir	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3



yaklaşım, farklı alanlarda edinmiş oldukları bilgileri sentezleyebileceklerdir. / Synthesise knowledge acquired from different disciplines through an interdisciplinary approach.										
PC-5 Matematik alanında edindikleri bilgi birikimlerini ve matematiksel düşünme becerilerini, teorik matematik, yazılım, finans ve yönetim matematiği, biyomatematik, veri bilimi ve finansal istatistik yöntemleri gibi disiplin-içi ve disiplinlerarası uzmanlık alanlarında geliştirebileceklerdir. / Advance their acquired knowledge in mathematics and mathematical thinking skills in both disciplinary and interdisciplinary areas of specialisation such as pure mathematics, software, financial and managerial mathematics, biomathematics, data science, and financial statistical methods.	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
PC-6 Matematik alanında yaygın olarak kullanılan en az bir programlama dili ile bilgisayar ve yapay zekâ teknolojilerini, problemleri çözmek, veri analizi yapmak ve simülasyonlar gerçekleştirmek için kullanabileceklerdir. / Use at least one programming language and computer and artificial intelligence technologies widely employed in mathematics for problem-solving, data analysis, and simulations.	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
PC-7 Matematik 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 mathematics and related fields, assess career opportunities, identify personal and professional development goals, and adopt lifelong learning strategies to achieve these goals.	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
PC-8 Bilimsel	<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>	<u>4</u>



araştırmalarını ve mesleki faaliyetlerini yrttrken doğabilecek hukuksal sonuları 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 biimde alışabileceklerdir. / Work effectively both independently and as part of a team.	<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>	<u>3</u>
PC-10 Matematik 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 mathematics.	<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>	<u>5</u>
PC-11 Matematiksel konuları, teorileri, ispatları, araştırmaları ve problem zmlerini, matematik terminolojisi kullanarak tm paydaşlara Trke ve İngilizcede szl ve yazılı olarak etkili biimde aktarabileceklerdir. / Effectively communicate mathematical topics, theories, proofs, research, and problem solutions to all relevant stakeholders using appropriate mathematical 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>	<u>4</u>