



DERS BİLGİ FORMU

FAKÜLTE / ENSTİTÜ ADI	Fen Edebiyat Fakültesi
BÖLÜM / PROGRAM / ANABİLİM DALI ADI	Matematik
DERSİN ADI	Yüzeyler Teorisi
DERSİN KODU	MAT4370
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 @ Matematik Lisans Programı
DERSİN KATEGORİSİ	Temel Meslek Dersleri
DERSİN VERİLİŞ ŞEKLİ	Yüz Yüze
DERSİ SUNAN AKADEMİK BİRİM	Matematik Bölümü
DERSİN KOORDİNATÖRÜ	Salim YÜCE
ASİSTAN(LAR)	
DERSİN AMACI	Bu dersin amacı, öğrencilerin E^2 Öklid düzleminde ve E^3 Öklid uzayında tanımlanan eğrileri anlamalarına yardımcı olmak ve yüzeylerin yerel ve global diferansiyel geometrik özelliklerini keşfetmelerini sağlamaktır. Ders, diferansiyel formlar, eğriler ve bu yüzeyler üzerindeki dönüşümlerle ilgili temel kavramları incelemektedir. Ders; Öklid uzayında diferansiyellenebilir fonksiyonları, düzlem ve uzay eğrilerini, Öklid uzayında diferansiyel formları, şekil operatörünü ve matrisini, temel formları, normal eğriliği, Gauss eğriliğini, ortalama eğriliği, umbilik noktaları, asli eğrilikleri, asli doğrultuları, eğrilik çizgilerini, flat noktaları ve asimptotik eğrileri ve ayrıca Gauss-Bonnet Teoremi'ni açıklamaktadır. Bunun yanında özel yüzey türleri (küreler, silindirler, koniler, kanal yüzeyler, dönel yüzeyler, minimal yüzeyler, torus, sabit eğrilikli yüzeyler, regle yüzeyler ve paralel yüzeyler) bilgisayar destekli uygulamalarla incelenmektedir. Ders, öğrencilerin teorik bilgileri geometrik görselleştirmeler ve yazılım destekli yöntemlerle birleştirerek analiz ve problem çözme becerileri kazanmalarını amaçlamaktadır.
DERSİN İÇERİĞİ	Öklid uzayı ve diferansiyellenebilir fonksiyonlar; düzlemsel ve uzaysal eğriler teorisi; Öklid uzayında diferansiyel formlar ve dönüşümler altında incelenmesi; E^3 Öklid uzayında yüzeyler teorisi: şekil operatörü ve matrisi, yüzeyin normal eğriliği, umbilik nokta, temel formlar, asli eğrilik, asli vektör, Gauss eğriliği, ortalama eğrilik, eğrilik çizgisi, flat nokta, asimptotik eğri, yüzey üzerinde eğriler teorisi; yüzeylerin global özellikleri; yüzey dönüşümleri ve yüzey üzerinde diferansiyel formlar; Gauss-Bonnet Teoremi; Öklid uzayında özel yüzeyler: küre yüzeyi, silindir yüzeyi, koni yüzeyi, kanal yüzeyleri, minimal yüzeyler, dönel yüzeyler, tor yüzeyi, sabit eğrilikli yüzeyler, regle yüzeyler, paralel yüzeyler.



DERS KİTABI / MALZEMESİ / ÖNERİLEN KAYNAKLAR

Ders Kitabı:

Yüce, Salim. *Öklid Uzayında Diferansiyel Geometri*. 10. baskı, Pegem Akademi Yayıncılık, 2024.

Zorunlu Kaynaklar:

[1] Abbena, Elsa, Gray, Alfred ve Salamon, Simon. *Modern Differential Geometry of Curves and Surfaces with Mathematica*. Chapman & Hall/CRC (Taylor & Francis Group), 2006.

[2] Hacısalihoğlu, H. Hilmi. *Diferansiyel Geometri 2*. Ankara, 2012.

[3] Munkres, James R. *Topology*. 2. baskı, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 2000.

[4] Thomas, George B., Weir, Maurice D. ve Hass, Joel R. *Thomas Kalkülüs*. 12. baskı, cilt 1, Pearson, 2013.

[5] Thomas, George B., Weir, Maurice D. ve Hass, Joel R. *Thomas Kalkülüs*. 12. baskı, cilt 2, Pearson, 2012.

[6] Yüce, Salim. *Lineer Cebir*. 8. baskı, Pegem Akademi Yayıncılık, 2025.

[7] Yüce, Salim. *Analitik Geometri*. 9. baskı, Pegem Akademi Yayıncılık, 2024.

Önerilen Kaynaklar:

O'Neill, Barrett. *Elementary Differential Geometry*. Academic Press, Inc. 1966.

Ders Öğrenim Çıktıları

Bu dersi başarıyla tamamlayan öğrenciler,

1. E^3 Öklid uzayının temel yapısını ve bu uzayda tanımlı diferansiyellenebilir fonksiyonları ifade edebileceklerdir.
2. Öklid uzayında diferansiyel formlar ve dönüşümleri; yüzey üzerindeki değişimleri açıklayabileceklerdir.
3. Yüzeylerin parametrik veya kapalı denklemle ifade edilen yüzeylerin yerel geometrisini teğet düzlem, normal vektör ve şekil operatörü gibi kavramlar aracılığıyla yorumlayabileceklerdir.
4. Temel formları, yüzey üzerindeki eğrilik türlerini (normal eğrilik, Gauss eğriligi, ortalama eğrilik); umbilik nokta, flat nokta, asimptotik eğri ve eğrilik çizgileri gibi yapıları açıklayabileceklerdir.
5. Yüzey üzerinde tanımlı eğrileri ve özelliklerini ifade edebileceklerdir.
6. Yüzeylerin global özelliklerini, yüzey dönüşümlerini, yüzey üzerindeki diferansiyel formları ve geometrik etkilerini analiz edebileceklerdir.
7. Gauss-Bonnet Teoremi'ni ifade ederek bu teoremin yüzeylerin global/topolojik özelliklerine etkisini yorumlayabileceklerdir.
8. Küre, silindir, koni, kanal, dönel, minimal, tor, regle, sabit eğrilikli ve paralel yüzeyler gibi özel yüzeylerin özelliklerini bilgisayar destekli araçlar aracılığıyla inceleyebileceklerdir.

DEĞERLENDİRME SİSTEMİ

Etkinlikler	Sayı	Katkı Payı
Devam/Katılım		
Laboratuvar		
Uygulama		
Arazi Çalışması		
Derse Özgü Staj		
Kısa Sınavlar/Stüdyo Kritiği (Zorunlu): İçerik: İlgili sınav haftasına kadar işlenen konuların tümünü kapsayan kapsamlı soruların sorulması		



Format: Yüz yüze. Çoktan seçmeli kısa sınav (20-25 dakika) Detaylı Değerlendirme Kriterleri: -Dersin temel kavramlarının anlaşıldığının gösterilmesi -Derste işlenen teorik konular ile ilgili problemleri çözebilme	4	%20
Ödev		
Sunum/Jüri		
Proje		
Seminer/Workshop		
Ara Sınavlar (Zorunlu): 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	1	%40
Final (Zorunlu): 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 -Teorik düşünme süreçlerinin yürütülmesi	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: Öklid uzayı ve diferansiyellenebilir fonksiyonlar; düzlemsel ve uzaysal eğriler teorisi Sınıf-içi Uygulama (30 dk.): Belirli bir fonksiyonun seçilen bir noktada diferansiyellenebilir olup olmadığının araştırılması, verilen düzlemsel ve uzaysal eğrilerin Frenet vektörlerinin ve eğriliklerinin hesaplanması Sınıf-içi Tartışma (10 dk.): Düzlemsel eğrilerle uzaysal eğriler arasında hangi temel farkların ve geometrik olarak nasıl ayırt edebileceğinin tartışılması	- Afin uzayı, iç çarpım uzayları ve R^n üzerindeki iç çarpım fonksiyonu, tek ve çok değişkenli fonksiyonlarda türev, süreklilik ve parametrik fonksiyon kavramlarına ilişkin ön bilgilerin hatırlanması ve etkinleştirilmesi. Kaynaklar: [7], 2-5. [6], 46-48. [4], 73-84; 102-149. [5], 610-627; 747-484. - Öklid uzayı, diferansiyellenebilir fonksiyonlar, düzlemsel ve uzaysal eğriler teorisi konularını içeren bölümlerin okunması. Kaynaklar: Ders Kitabı, 6-10; 14-21; 23-57; 62-70; 72-73; 76-79; 81-99; 128-170; 173-190; 222-225; 227-231. [1], Bölüm 1-7:1-229.
2	Konu Anlatımı: Öklid uzayında diferansiyel formlar ve dönüşümler altında incelenmesi Sınıf-içi Uygulama (30 dk.): Verilen iki tane 1-formun alterne çarpımının hesaplanması, diferansiyel form elde edilmesi ve	Determinant; kısmi türevler, zincir kuralı, türev dönüşümü, Jacobian matrisi ve determinantı; kartezyen koordinatlardan kutupsal silindirik, küresel koordinatlara dönüşüm kavramlarına ilişkin ön bilgilerin



	dönüşüm altında incelenmesi Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Verilen bir fonksiyondan nasıl diferansiyel form elde dilediğinin tartışılması ve dönüşüm altındaki yorumu	hatırlanması ve etkinleştirilmesi. Kaynaklar: Ders Kitabı, 81-100; 314-315. [6], 233-239. [5], 764-484; 853-856; 875-883. 2. Öklid uzayında diferansiyel formlar ve dönüşümler altında incelenmesi konularını içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 100-116; 119-125.
3	Konu Anlatımı: E^3 Öklid uzayında yüzeyler teorisi: şekil operatörü ve matrisi Sınıf-içi Uygulama (30 dk.): Hem kapalı hem de parametrik formda verilen yüzeyler için şekil operatörünün tanımlanması ve matrisinin bulunması Sınıf-içi Tartışma (10 dk.): Şekil operatörünün matrisinin baza göre değişiminin tartışılması Kısa Sınav 1 (20 dk.): Ders sonunda, 1. ve 2. hafta derste işlenen konuları içeren bir kısa sınavın yapılması	1. Bir vektör alanının diğer vektör alanına göre kovaryant türevi, yüzey üzerinde birim normal vektör alanı; R^3 uzayında iç çarpımın özellikleri ve lineer dönüşüme karşılık gelen matris kavramlarına ilişkin ön bilgilerin hatırlanması ve etkinleştirilmesi. Kaynaklar: Ders Kitabı, 44-49; 322-325. [6], 46-48; 179-185. 2. Yüzeyler teorisi, şekil operatörü ve matrisi konularını içeren bölümlerin okunması. Kaynaklar: Ders Kitabı, 310-329; 332-342. [1], 385-431. 3. Kısa Sınav 1: (Öklid uzayı ve diferansiyellenebilir fonksiyonlar; düzlemsel ve uzaysal eğriler teorisi, Öklid uzayında diferansiyel formlar, dönüşümün diferansiyel formlara uygulanması) Kaynak: Ders Kitabı, 6-190; 222-231.
4	Konu Anlatımı: Yüzeyin normal eğriliği, umbilik nokta, temel formlar, asli eğrilik, asli vektörler, gauss eğriliği ve ortalama eğriliği Sınıf-içi Uygulama (30 dk.): Hem kapalı hem de parametrik formda verilen yüzeyler için herhangi bir teğet vektör doğrultusundaki normal eğriliğinin bulunması, yüzeyin Gauss eğriliği ve ortalama eğriliğinin hesaplanması ve temel formların elde edilmesi Sınıf-içi Tartışma (10 dk.): Gauss eğriliği ve ortalama eğriliğinin yüzeyin lokal ve global geometrisini anlamadaki rollerinin tartışılması	1. Bir yüzeyin şekil operatörü matrisinin; vektörel ve iç çarpımın, bazlar arasındaki geçiş matrisi kavramının; bir matrisin determinantının, izinin, öz değerlerinin ve öz vektörlerinin bulunması kavramlarına ilişkin ön bilgilerin hatırlanması ve etkinleştirilmesi. Kaynaklar: Ders Kitabı, 334-343. [6], 46-48; 128-129; 233-238; 246-247, 294-306. 2. Yüzeyin normal eğriliği, umbilik nokta, temel formlar, asli eğrilik, asli vektörler, gauss eğriliği ve ortalama eğriliği konularını içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 345-361; 367-383.
5	Konu Anlatımı: Eğrilik çizgisi, flat nokta, asimptotik eğri ve eşlenik doğrultu Sınıf-içi Uygulama (30 dk.): Hem kapalı hem de parametrik formda verilen yüzeyler için yüzey üzerinde verilen bir eğrinin yüzey üzerinde bir eğrilik çizgisi veya asimptotik eğri olup olmadığının araştırılması Sınıf-içi Tartışma (10 dk.): Asimptotik eğrilerin hangi yüzey türlerinde ortaya çıktığının ve geometrik anlamlarının tartışılması	1. İç çarpım fonksiyonunun özelliklerinin, temel form kat sayılarının, asli vektör, birim normal vektör alanı kavramlarına ilişkin ön bilgilerin hatırlanması ve etkinleştirilmesi. Kaynaklar: Ders Kitabı, 334-343; 345-349; 354-361. [6], 46-48. 2. Eğrilik çizgisi, flat nokta, asimptotik eğri ve eşlenik doğrultu konularını içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 362-366; 383-389.
6	Konu Anlatımı: Yüzey üzerinde eğriler teorisi; yüzey üzerinde eğriler teorisi için bilgisayar destekli uygulamalar Sınıf-içi Uygulama (30 dk.): Hem kapalı hem de parametrik formda verilen yüzeyler için yüzey üzerinde verilen bir eğrinin geodezik eğri olup olmadığının incelenmesi ve eğrinin geodezik burulması, geodezik ve normal eğriliklerinin hesaplanması Sınıf-içi Tartışma (15 dk.): Geodezik burulma, geodezik eğrilik ve normal eğrilik kavramlarının yüzey üzerindeki eğrilerin davranışını nasıl belirlediğinin ve uygulama alanlarının tartışılması Kısa Sınav 2 (20 dk.): Ders sonunda, 3. 4. ve 5. hafta derste işlenen konuları içeren bir kısa sınavın yapılması	1. E^3 Öklid uzayında eğriler teorisine ilişkin ön bilgilerin hatırlanması ve etkinleştirilmesi. Kaynak: Ders Kitabı, 173-228. 2. Yüzey üzerinde eğriler teorisini içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 392-406; 414-419. 3. Kısa Sınav 2: (E^3 Öklid uzayında yüzeyler teorisi: şekil operatörü ve matrisi, Yüzeyin normal eğriliği, umbilik nokta, temel formlar, asli eğrilik, asli vektörler, gauss eğriliği ve ortalama eğriliği, Eğrilik çizgisi, flat nokta, asimptotik eğri ve eşlenik doğrultu) Kaynak: Ders Kitabı, 310-390.
7	Konu Anlatımı: Yüzeylerin global özellikleri; yüzey dönüşümleri; yüzey üzerinde diferansiyel formlar Sınıf-içi Uygulama (30 dk.): Verilen bir yüzey dönüşümünün	1. Şekil operatörünün tanımı, Gauss eğriliği, umbilik nokta, türev dönüşümü ve matris ifadesi, bir dönüşümün lineerliği ve



	türev dönüşümü ve matrisinin hesaplanması ve bu dönüşümün diffeomorfizm olup olmadığının araştırılması, yüzey üzerindeki diferansiyel formlara dair çeşitli örnekler Sınıf-İçi Tartışma (15 dk.): Diferansiyel formun kendisi dönüşümle değişse de bazı integrallerin değişmemesinin neyin göstergesi olduğunun ve bu tür değişmezliklerin ne işe yaradığının tartışılması	bileneerliği, alterne ve anti simetrik fonksiyon kavramlarının ve diferansiyel formların özelliklerinin hatırlanması ve etkinleştirilmesi. Kaynaklar: Ders Kitabı, 81-100; 100-116; 119-225; 332-343; 354-358; 367-370. [6], 220-222. 2. Yüzeylerin global özellikleri, yüzey dönüşümleri ve yüzey üzerinde diferansiyel formlar konularını içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 426-428; 444-465.
8	Ara Sınav 1	Sınav haftasına kadar işlenen konuların tümünün tekrar edilmesi
9	Konu Anlatımı: Gauss-Bonnet Teoremi Sınıf-İçi Uygulama (30 dk.): Birim kürenin Euler karakteristiğinin Gauss-Bonnet Teoremi yardımı ile bulunması ve çeşitli örnekler Sınıf-İçi Tartışma (10 dk.): Gauss-Bonnet Teoremi'ne göre: Euler karakteristiği sabit kaldığı sürece, yüzeyin nasıl bükülürse bükülsün toplam Gauss eğriliğinin değişmez, bunun ne ifade ettiğinin ve bu özelliğin öneminin tartışılması	1. Bağlılık, yönlenebilirlik, kompaktlık, sınır kavramı, Euler karakteristiği gibi topolojik kavramlara ilişkin ön bilgilerin hatırlanması ve etkinleştirilmesi. Kaynak: [3]. 2. Gauss-Bonnet Teoremi konusunu içeren bölümün okunması. Kaynaklar: Ders Kitabı, 474-480. [1], 901-922.
10	Konu Anlatımı: Öklid uzayında özel yüzeyler üzerine bilgisayar destekli uygulamalar: küre yüzeyi, silindir yüzeyi, koni yüzeyi, kanal yüzeyleri Sınıf-İçi Uygulama (60 dk.): Bilgisayar ortamında kürenin, silindirin, koni yüzeyinin ve kanal yüzeyinin 3D modelinin çizdirilmesi; kürenin, silindirin, koni yüzeyinin ve kanal yüzeyinin Gauss ve ortalama eğriliklerinin hesaplanması, bu eğriliklerin yüzeyin noktalarındaki değişiminin incelenmesi. Kürenin tüm noktaları için Gauss eğriliğinin aynı olduğunun şekil üzerinden de gösterilmesi Sınıf-İçi Tartışma (10 dk.): Koninin tepe noktasında diferansiyel geometrik büyüklüklerin neden tanımsız olduğunu nasıl açıklanır tartışılması	1. Matlab, Maple, Mathematica veya Python dillerinin birisi kullanılarak küre, silindir, koni, kanal yüzeylerinin çizimine dair yapılacak uygulamanın kodlarının hazırlanması ve örneklendirilmesi. 2. Küre yüzeyi, silindir yüzeyi, koni yüzeyi ve kanal yüzeyleri konularını içeren bölümlerin okunması. Kaynaklar: [7], 261-266. [1], 639-683.
11	Konu Anlatımı: Yüzeyler üzerine bilgisayar destekli uygulamalar: minimal yüzeyler, dönel yüzeyler Sınıf-İçi Uygulama (30 dk.): GeoGebra veya benzeri yazılımla dönel bir yüzey oluşturulması ve bu yüzeyin hangi noktalarında Gauss eğriliğinin maksimum olduğunun belirlenmesi. Minimal bir yüzey seçilerek bilgisayar ortamında çizdirilmesi ve geometrik özelliklerinin incelenmesi Sınıf-İçi Tartışma (10 dk.): Minimal yüzeylerin ortalama eğriliği neden her noktada sıfır olduğunun ve bu neyi ifade edeceğinin tartışılması Kısa Sınav 3 (20 dk.): Ders sonunda, 10. hafta derste işlenen konuları içeren bir kısa sınavın yapılması	1. Matlab, Maple, Mathematica veya Python dillerinin birisi kullanılarak minimal ve dönel bahsedilen yüzeylerin çizimine dair yapılacak uygulamanın kodlarının hazırlanması ve örneklendirilmesi. 2. Minimal yüzeyler ve dönel yüzeyler konularını içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 512-514; 522-523. [7], 267-271. 3. Kısa Sınav 3: (küre yüzeyi, silindir yüzeyi, koni yüzeyi ve kanal yüzeyleri) Kaynaklar: [7], 261-266. [1], 639-683.
12	Konu Anlatımı: Yüzeyler üzerine bilgisayar destekli uygulamalar: tor yüzeyi Sınıf-İçi Uygulama (30 dk.): Bilgisayar ortamında tor yüzeyinin parametrik denklemleri ile 3D modelinin çizilmesi ve küçük yarıçapın değişimiyle torun şeklinin nasıl değiştiğini gözlemlenmesi Sınıf-İçi Tartışma (5 dk.): Tor yüzeyinin üzerinde tüm noktaların Gauss eğriliğinin aynı olup olmadığının ve bazı bölgelerde pozitif, bazı bölgelerde negatif olma sebeplerinin tartışılması	1. Matlab, Maple, Mathematica veya Python dillerinin birisi kullanılarak tor yüzeyinin çizimine dair yapılacak uygulamanın kodlarının hazırlanması ve örneklendirilmesi. 2. Tor yüzeyi konusunu içeren bölümün okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 546. [7], 272.
13	Konu Anlatımı: Yüzeyler üzerine bilgisayar destekli uygulamalar: sabit eğrilikli yüzeyler	1. Matlab, Maple, Mathematica veya Python dillerinin birisi kullanılarak sabit eğrilikli yüzeyin çizimine dair yapılacak



	Sınıf-İçi Uygulama (30 dk): Bir küre (pozitif sabit eğrilik), düzlem (sıfır eğrilik) ve hiperboloid (negatif sabit eğrilik) yüzeylerinin parametrik denklemlerini kullanarak Gauss eğriliklerini bilgisayar yazılımı ile hesaplanması Sınıf-İçi Tartışma (5 dk.): Sabit pozitif, sabit sıfır veya sabit negatif Gauss eğrilğine sahip yüzeylerin geometrik farklılıklarının tartışılması	uygulamanın kodlarının hazırlanması ve örneklendirilmesi. 2. Sabit eğrilikli yüzeyler konusunu içeren bölümün okunması. Kaynaklar: [1], 441-501. [2], Bölüm 3.
14	Konu Anlatımı: Yüzeyler üzerine bilgisayar destekli uygulamalar: regle yüzeyler Sınıf-İçi Uygulama (30 dk.): Bilgisayar ortamında silindir, koni, helikoid ve hiperboloid çizdirilerek bu yüzeylerin regle yüzey olduğunun gösterilmesi ve geometrik olarak yorumlanması Sınıf-İçi Tartışma (5 dk.): Bir yüzeyin yalnızca bazı bölgelerinin regle olması mümkün olup olmadığının tartışılması Kısa Sınav 4 (20 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. Matlab, Maple, Mathematica veya Python dillerinin birisi kullanılarak regle yüzeyin çizimine dair yapılacak uygulamanın kodlarının hazırlanması ve örneklendirilmesi. 2. Regle yüzeyler konusunu içeren bölümün okunması. Kaynaklar: Ders Kitabı, 524-545. [1], 431-461. [2], Bölüm 2. 3. Kısa Sınav 4: (regle yüzeyler) Kaynaklar: Ders Kitabı, 524-545. [1], 431-461. [2], Bölüm 2.
15	Konu Anlatımı: Yüzeyler üzerine bilgisayar destekli uygulamalar: paralel yüzeyler Sınıf-İçi Uygulama ve Tartışma (30 dk.): Küre yüzeyine belirli bir mesafede paralel yüzey çizdirilerek Gauss eğrilğinin nasıl değiştiği gözlemlenmesi	1. Matlab, Maple, Mathematica veya Python dillerinin birisi kullanılarak paralel yüzeyin çizimine dair yapılacak uygulamanın kodlarının hazırlanması ve örneklendirilmesi. 2. Paralel yüzeyler konusunu içeren bölümün okunması. Kaynaklar: Ders Kitabı, 515-521. [2], Bölüm 3.
16	Final	İşlenen konuların tümünün tekrar edilmesi

AKTS İŞYÜKÜ TABLOSU

Etkinlikler	Sayı	Süresi (Saat)	Toplam İşyükü
Ders Saati:	14	3	42
Laboratuvar			
Uygulama			
Arazi Çalışması			
Sınıf Dışı Ders Çalışması	14	3	42
Derse Özgü Staj			
Ödev			
Küçük Sınavlar/Stüdyo Kritiği	4	3	12
Projeler			
Sunum / Seminer			
Ara Sınavlar (Sınav Süresi + Sınav Hazırlık Süresi)	1	25	25
Final (Sınav Süresi + Sınav Hazırlık Süresi)	1	35	35
Toplam İş yükü:			156
Toplam İş yükü / 30(s):			5.2
AKTS Kredisi:			5



COURSE INFORMATION FORM

FACULTY / GRADUATE SCHOOL	Faculty of Arts and Sciences
DEPARTMENT / PROGRAMME	Mathematics
TITLE OF COURSE	Surface Theory
CODE	MAT4370
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 Mathematics
COURSE CATEGORY	Core Courses
MODE OF DELIVERY	Face-to-Face
OWNER ACADEMIC UNIT	Department of Mathematics
COURSE COORDINATOR	Salim YÜCE
ASSISTANT(S)	
COURSE OBJECTIVES	This course aims to help students develop an understanding of curves defined in the Euclidean plane E^2 and the Euclidean space E^3 , and to explore the local and global differential geometric properties of surfaces. The course examines fundamental concepts related to differential forms, curves, and transformations on these surfaces. The course explain the concepts of differentiable functions in Euclidean space, planar and space curves, differential forms in Euclidean space, the shape operator and its matrix, fundamental forms, normal curvature, Gaussian curvature, mean curvature, umbilic points, principal curvatures, principal directions, lines of curvature, flat points, and asymptotic curves; and the Gauss–Bonnet Theorem. In addition, special types of surfaces—such as spheres, cylinders, cones, canal surfaces, surfaces of revolution, minimal surfaces, torus, constant curvature surfaces, ruled surfaces, and parallel surfaces—are studied through computer-aided applications. The course aims to equip students with the ability to analyze and solve problems by integrating theoretical knowledge with geometric visualizations and software-supported methods.
COURSE CONTENT	Euclidean space and differentiable functions; theory of planar and space curves; differential forms in Euclidean space and their behavior under transformations; theory of surfaces in E^3 Euclidean space: shape operator and its matrix, normal curvature of a surface, umbilical points, fundamental forms, principal curvatures, principal directions, Gaussian curvature, mean curvature, lines of curvature, flat points, asymptotic curves, theory of curves on surfaces, global properties of surfaces; surface transformations and differential forms on surfaces, Gauss–Bonnet Theorem; special surfaces in Euclidean space: sphere, cylinder, cone, canal surfaces, minimal surfaces, surfaces of revolution, torus, surfaces of constant curvature, ruled surfaces, parallel surfaces.



RECOMMENDED OR REQUIRED READINGS

Coursebook:

Yüce, Salim. *Öklid Uzayında Diferansiyel Geometri*. 10th ed., Pegem Akademi Publishing, 2024.

Required Readings:

[1] Abbena, Elsa, Gray, Alfred and Salamon, Simon. *Modern Differential Geometry of Curves and Surfaces with Mathematica*. Chapman & Hall/CRC (Taylor & Francis Group), 2006.

[2] Hacısalihoğlu, H. Hilmi. *Diferansiyel Geometri 2*. Ankara, 2012.

[3] Munkres, James R. *Topology*. 2th ed., Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 2000.

[4] Thomas, George B., Weir, Maurice D. and Hass, Joel R. *Thomas Kalkülüs*. 12th ed., vol. 1, Pearson, 2013.

[5] Thomas, George B., Weir, Maurice D. and Hass, Joel R. *Thomas Kalkülüs*. 12th ed., vol. 2, Pearson, 2012.

[6] Yüce, Salim. *Lineer Cebir*. 8th ed., Pegem Akademi Publishing, 2025.

[7] Yüce, Salim. *Analitik Geometri*. 9th ed., Pegem Akademi Publishing, 2024.

Recommended Readings:

O'Neill, Barrett. *Elementary Differential Geometry*. Academic Press, 1996.

Course Learning Outcomes

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

1. Express the fundamental structure of E^3 Euclidean space and differentiable functions defined on it.
2. Explain differential forms and their transformations in Euclidean space, and changes on surfaces.
3. Interpret the local geometry of surfaces defined parametrically or implicitly through concepts such as tangent planes, normal vectors, and the shape operator.
4. Explain the fundamental forms, different types of curvature on surfaces (normal curvature, Gaussian curvature, mean curvature), and structures such as umbilical points, flat points, asymptotic curves, and lines of curvature.
5. Express curves defined on surfaces and their properties.
6. Analyse global properties of surfaces, surface transformations, and differential forms on surfaces and their geometric implications.
7. Interpret the Gauss–Bonnet Theorem and its impact on the global and topological properties of surfaces.
8. Examine the properties of special classes of surfaces—including spheres, cylinders, cones, canal surfaces, surfaces of revolution, minimal surfaces, torus, ruled surfaces, surfaces of constant curvature, and parallel surfaces via computer-based tools.

EVALUATION SYSTEM

Activities	Number	Percentage of Grade
Attendance/Participation		
Laboratory		
Application		
Field Work		
Special Course Internship (Work Placement)		



Quizzes/Studio Critics (Required): 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: -Demonstration of understanding of the fundamental concepts of the course -Ability to solve problems on theoretical topics covered in the course	4	%20
Homework Assignments		
Presentations/Jury		
Project		
Seminar/Workshop		
Midterms (Required): 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 on theoretical topics covered in the course -Carrying out theoretical reasoning processes	1	%40
Final (Required): Content: Comprehensive questions covering the entire content of the course. Format: Face-to-face written exam. (90 minutes). Detailed Assessment Criteria: -Demonstration of in-depth understanding of all topics covered in the course -Ability to apply advanced problem-solving skills -Ability to carry out theoretical reasoning processes	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: Euclidean space and differentiable functions; theory of planar and space curves In-Class Practice (30 minutes): Investigating whether a given function is differentiable at a selected point, and calculating the Frenet vectors and curvatures of given planar and space curves In-class Discussion (10 minutes): Discussion on the	- Recollection and activation of prior knowledge on the concepts of affine space, real inner product space, derivatives and continuity in single- and multivariable functions, and parametric functions. Sources: [7], 2-5. [6], 46-48. [4], 73-84; 102-149. [5], 610-627; 747-484. - Reading the sections covering Euclidean space, differentiable functions, and the theory of plane and space curves. Sources: Coursebook, 6-10; 14-21; 23-57; 62-70; 72-73; 76-79; 81-99; 128-170; 173-190;



	fundamental differences between planar and space curves, and how they can be distinguished geometrically	222–225; 227–231. [1], Chapter 1-7: 1–229.
2	Lecture: Differential forms in Euclidean space and their study under transformations In-Class Practice (30 minutes): Computing the wedge product of two given 1-forms, obtaining a differential form, and examining it under a transformation In-class Discussion (5 minutes): Discussion on how to obtain a differential form from a given function and its interpretation under transformations	1. Recollection and activation of prior knowledge on the concepts of the determinants and matrix operations; partial derivatives, the chain rule, the Jacobian matrix and determinant; and transformations from cartesian coordinates to polar, cylindrical, and spherical coordinates. Sources: Coursebook, 81-100; 314-315. [6], 233-239. [5], 764-484; 853-856; 875-883. 2. Reading the sections covering differential forms in Euclidean space and the application of transformations to differential forms. Source: Coursebook, 100–116; 119–125.
3	Lecture: Theory of surfaces in E^3 Euclidean space; Shape operator and its matrix In-Class Practice (30 minutes): Defining the shape operator and finding its matrix for surfaces given both in implicit and parametric forms In-class Discussion (10 minutes): Discussion on how the matrix of the shape operator changes with respect to the choice of basis Quiz 1 (20 minutes): At the end of the lesson, a short quiz covering the topics studied in weeks 1, and 2 will be administered.	1. Recollection and activation of prior knowledge on the concepts of the covariant derivative of a vector field with respect to another vector field; the unit normal vector field on a surface; the properties of the inner product in R^3; and the matrix corresponding to a linear transformation. Sources: Coursebook, 44-49; 322-325. [6], 46-48; 179-185. 2. Reading the sections covering the theory of surfaces, the shape operator, and its matrix. Sources: Coursebook, 310–329; 332–342. [1], 385–431. 3. Quiz 1: (Euclidean space and differentiable functions; theory of planar and space curves, differential forms in Euclidean space, application of transformations to differential forms) Source: Coursebook, 6-190; 222-231.
4	Lecture: Normal curvature of a surface, umbilic point, fundamental forms, principal curvatures, principal directions, Gaussian curvature, and mean curvature In-Class Practice (30 minutes): For surfaces given in both implicit and parametric forms, computing the normal curvature in the direction of an arbitrary tangent vector, calculating the Gaussian and mean curvatures of the surface, and obtaining the fundamental forms In-class Discussion (10 minutes): Discussion on the roles of Gaussian curvature and mean curvature in understanding the local and global geometry of a surface	1. Recollection and activation of prior knowledge on the concepts of the matrix of a surface's shape operator; the cross product and inner product, and the concept of the change-of-basis matrix; and computing a matrix's determinant, trace, eigenvalues, and eigenvectors. Sources: Coursebook, 334-343. [6], 46-48; 128-129; 233-238; 246-247, 294-306. 2. Reading the sections covering fundamental forms, normal curvature, principal curvatures, principal directions, and umbilic points. Source: Coursebook, 345–361; 367–383.
5	Lecture: Line of curvature, flat point, asymptotic curve, and conjugate direction In-Class Practice (30 minutes): Investigating whether a given curve on a surface defined either implicitly or parametrically is a line of curvature or an asymptotic curve In-class Discussion (10 minutes): Discussion on the types of surfaces where asymptotic curves occur and their geometric significance	1. Recollection and activation of prior knowledge on the concepts of the properties of the inner product function; the coefficients of the fundamental forms; and the concepts of the principal vector and the unit normal vector field. Sources: Coursebook, 334-343; 345-349; 354-361. [6], 46-48. 2. Reading the sections covering the line of curvature, flat point, asymptotic curve, and conjugate direction. Source: Coursebook, 362–366; 383–389.
6	Lecture: Theory of curves on surfaces; computer-aided applications for the theory of curves on surfaces In-Class Practice (30 minutes): Examining whether a given curve on a surface (defined in both implicit and parametric form) is a geodesic curve, and computing its geodesic torsion, geodesic curvature, and normal curvature In-class Discussion (15 minutes): Discussion on how the concepts of geodesic torsion, geodesic curvature, and normal curvature determine the behavior of curves on surfaces and their applications	1. Recollection and activation of prior knowledge on the concepts of the theory of curves in Euclidean 3-space, E^3. Source: Coursebook, 173-228. 2. Reading the sections covering the theory of curves on surfaces. Source: Coursebook, 392–406; 414–419. 3. Quiz 2: (theory of surfaces in E^3 Euclidean Space: shape operator and its matrix, normal curvature of a surface, umbilic point, fundamental forms, principal curvatures, principal directions, Gaussian curvature, and mean curvature line of curvature, flat point, asymptotic curve, and conjugate direction) Sources: Coursebook, 310-390.



	Quiz 2 (30 minutes): At the end of the lesson, a short quiz covering the topics studied in weeks 3, 4, and 5 will be administered	
7	Lecture: Global properties of surfaces, surface transformations, and differential forms on surfaces In-Class Practice (30 minutes): Computing the derivative transformation and its matrix for a given surface transformation, investigating whether this transformation is a diffeomorphism, and working through various examples of differential forms on surfaces In-class Discussion (15 minutes): Discussion on what it indicates that, although a differential form itself changes under a transformation, some integrals remain unchanged, and the significance of such invariants	1. Recollection and activation of prior knowledge on the concepts of the definition of the shape operator; Gaussian curvature; the umbilic point; the differential (derivative) of a transformation and its matrix representation; the linearity and bilinearity of a transformation; the concepts of alternating and antisymmetric functions; and the properties of differential forms. Sources: Coursebook, 81-100; 100-116; 119-225; 332-343; 354-358; 367-370. [6], 220-222. 2. Reading the sections covering the global properties of surfaces, surface transformations, and differential forms on surfaces. Source: Coursebook, 426-428; 444-465.
8	Midterm 1	Review of all topics covered up to the exam week.
9	Lecture: The Gauss-Bonnet Theorem In-Class Practice (30 minutes): Finding the Euler characteristic of the unit sphere using the Gauss-Bonnet Theorem, along with various examples. In-class Discussion (10 minutes): According to the Gauss-Bonnet Theorem: as long as the Euler characteristic remains constant, the total Gaussian curvature does not change regardless of how the surface is bent. Discussion on what this means and the importance of this property.	1. Recollection and activation of prior knowledge on the concepts of topological concepts such as connectedness, orientability, compactness, the notion of boundary, and the Euler characteristic. Source: [3]. 2. Reading the section covering on the Gauss-Bonnet Theorem. Sources: Coursebook, 474-480. [1], 901-922.
10	Lecture: Computer-aided applications on special surfaces in Euclidean space: sphere, cylinder, cone, and canal surfaces In-Class Practice (60 minutes): Plotting 3D models of the sphere, cylinder, cone, and canal surfaces using computer software; calculating the Gauss and mean curvatures of these surfaces and examining how these curvatures vary across different points on the surface. Demonstrating through visualization that the Gauss curvature of the sphere is the same at every point. In-class Discussion (10 minutes): How can we explain the fact that differential geometric quantities are undefined at the apex of the cone?	1. Preparation and demonstration of codes for plotting spheres, cylinders, cones, and canal surfaces using one of the programming languages Matlab, Maple, Mathematica, or Python. 2. Reading the sections covering the sphere, cylinder, cone, and canal surfaces. Sources: [7], 261-266. [1], 639-683.
11	Lecture: Computer-Aided applications on surfaces: minimal surfaces, surfaces of revolution In-Class Practice (30 minutes): Constructing a surface of revolution using GeoGebra or similar software and determining the points where its Gaussian curvature is maximal. Plotting a minimal surface in a computer environment and examining its geometric properties In-class Discussion (10 minutes): Discussing why the mean curvature of minimal surfaces is zero at every point and what this implies. Quiz 3 (20 minutes): At the end of the lesson, a short quiz covering the topics studied in week 10 will be administered.	1. Preparation and demonstration of codes for plotting minimal surfaces and surfaces of revolution using one of the programming languages Matlab, Maple, Mathematica, or Python. 2. Reading the sections covering minimal surfaces and surfaces of revolution. Source: Coursebook, 512-514; 522-523. [7], 267-271. 3. Quiz 3: (sphere, cylinder, cone and canal surfaces) Sources: [7], 261-266. [1], 639-683.
12	Lecture: Computer-aided applications on surfaces: torus surface	1. Preparation and demonstration of code for plotting torus surface using one of the programming languages



	In-Class Practice (30 minutes): Drawing the 3D model of a torus using its parametric equations in a computer environment and observing how the geometry of the torus changes with the variation of the minor radius In-class Discussion (5 minutes): Discussing whether the Gaussian curvature is the same at all points on the torus and why it is positive in some regions while negative in others	Matlab, Maple, Mathematica, or Python. 2. Reading the section covering the torus surface. Source: Coursebook, 546. [7], 272.
13	Lecture: Computer-aided applications on surfaces: surfaces with constant curvature In-Class Practice (30 minutes): Using the parametric equations of a sphere (positive constant curvature), a plane (zero curvature), and a hyperboloid (negative constant curvature) to compute their Gaussian curvatures with computer software In-class Discussion (5 minutes): Discussion of the geometric differences among surfaces with constant positive, zero, or constant negative Gaussian curvature	1. Preparation and demonstration of code for plotting surfaces with constant curvature using one of the programming languages Matlab, Maple, Mathematica, or Python. 2. Reading the section covering surfaces with the constant curvature. Sources: [1], 441–501. [2], Chapter 3.
14	Lecture: Computer-aided applications on surfaces: ruled surfaces In-Class Practice (30 minutes): Plotting a cylinder, cone, helicoid, and hyperboloid with computer software to demonstrate that these are ruled surfaces and interpreting them geometrically In-class Discussion (5 minutes): Discussion on whether it is possible for only certain regions of a surface to be ruled Quiz 4 (20 minutes): A short quiz at the beginning of the lesson, covering topics assigned as pre-class preparation within the flipped learning framework.	1. Preparation and demonstration of code for plotting ruled surfaces using one of the programming languages Matlab, Maple, Mathematica, or Python. 2. Reading the section covering ruled surfaces. Sources: Coursebook, 524–545. [1], 431–461. [2], Chapter 2. 3. Quiz 4: (ruled surfaces) Sources: Coursebook, 524–545. [1], 431–461. [2], Chapter 2.
15	Lecture: Computer-aided applications on surfaces: parallel surfaces In-Class Practice and Discussion (30 minutes): Plotting a parallel surface at a given distance from a sphere and observing how the Gauss curvature changes	1. Preparation and demonstration of code for plotting parallel surfaces using one of the programming languages Matlab, Maple, Mathematica, or Python. 2. Reading the section covering the parallel surfaces. Source: Coursebook, 515–521. [2], Chapter 3.
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	3	12
Project			
Presentations / Seminar			
Mid-Terms (Examination Duration + Examination Prep. Duration)	1	25	25
Final (Examination Duration + Examination Prep. Duration)	1	35	35
Total Workload:			156
Total Workload / 30(h):			5.2
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 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.	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
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.	<u>4</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>3</u>	<u>4</u>
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.	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>5</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>5</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>3</u>
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.	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>
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.	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>5</u>
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	=	=	=	=	=	=	=	=



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>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 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 mathematics.	=	=	=	=	=	=	=	=
PC-11 Matematiksel konuları, teorileri, ispatları, araştırmaları ve problem çözümlerini, matematik terminolojisi kullanarak tüm paydaşlara Türkçe ve İngilizcede sözlü ve yazılı olarak etkili biçimde 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>