



DERS BİLGİ FORMU

FAKÜLTE / ENSTİTÜ ADI	Fen Edebiyat Fakültesi
BÖLÜM / PROGRAM / ANABİLİM DALI ADI	Fizik
DERSİN ADI	Katıhal Fiziği 1
DERSİN KODU	FİZ4101
YEREL KREDİSİ	3
AKTS KREDİSİ	5
HAFTALIK DERS SAATİ	2
HAFTALIK UYGULAMA SAATİ	2
HAFTALIK LABORATUVAR SAATİ	0
ÖNKOŞULLAR	Yok
YARIYIL	Güz
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	Merih SERİN
ASİSTAN(LAR)	
DERSİN AMACI	Bu dersin amacı, öğrenciler için kristal yapının geometrik ve simetrik temellerini (Bravais örgüler, birim hücre, Miller indisleri, ters örgü ve Brillouin bölgeleri) kavratmak; kırınım yasaları ve deneysel yöntemlerle yapı-özellik ilişkisini bağlamak; örgü titreşimleri ve fonon kavramı üzerinden ısı davranışı (Einstein–Debye) açıklamak; serbest elektron gazı modelleri (Drude–Sommerfeld), Fermi istatistikleri ve durum yoğunluğu ile iletim, siklotron hareketi ve Hall olayı gibi taşıyıcı dinamiğini kuramsal ve sayısal olarak analiz ederek kristal malzemelerin elektriksel/ısı özelliklerini nicel biçimde çözümleyebilecek yetkinliğe ulaştırmaktır.
DERSİN İÇERİĞİ	Kristaller, kusurlar, örgü öteleme vektörleri; Bravais örgüleri, birim hücre seçimi, Wigner–Seitz hücresi; 2B/3B örgüler, simetri işlemleri, nokta ve uzay grupları; kristal doğrultu/düzlemleri, Miller indisleri ve düzlemler arası uzaklık. Ters uzay, örgü ve Brillouin bölgeleri; Bragg yasası, Laue koşulları, kırınım deneyleri ve yapı çarpanı. Örgü titreşimleri, monoatomik/diatomik zincirlerde dağılım bağıntıları, akustik/optik modlar, fononlar ve ısı özellikler (Einstein–Debye, ısı iletkenlik). Serbest elektron gazı (klasik ve kuantum), Fermi enerji ve dağılımları, 3B durum yoğunluğu; iletkenlik, alan altında taşıyıcı hareketi, siklotron frekansı ve Hall etkisi; seçilmiş uygulamalı örnek ve kısa sınavlarla pekiştirme.
DERS KİTABI / MALZEMESİ / ÖNERİLEN KAYNAKLAR	Ders Kitabı: Dikici, Mustafa. <i>Katıhal Fiziğine Giriş</i> . 3. Baskı, Seçkin Yayıncılık, 2013. Zorunlu Kaynaklar: [1] Kittel, Charles. <i>Katıhal Fiziğine Giriş</i> . (Çeviren: Gülsen Önençüt, Demir Önençüt). 8. baskıdan çeviri, Palme Yayınevi, 2014. [2] Akat, Ercüment. <i>Katıhal Fiziği Temelleri</i> . 2. Baskı, Papatya Yayıncılık, 2012.
Ders Öğrenim Çıktıları	Bu dersi başarıyla tamamlayan öğrenciler,



1. Katıları ve basit kristal yapıları sınıflandırabileceklerdir.
2. Kristal yapıli katılarda bağlanma türlerini tanımlayabileceklerdir.
3. Kristalin ısı/elektriksel özellikleri ile yapısı arasındaki ilişkiyi izah edebileceklerdir.
4. Metallerin fiziksel özelliklerini serbest elektron modeliyle açıklayabileceklerdir.
5. Katıların özelliklerini anlayabilmek için matematiksel temelleri geliştirmiş olabileceklerdir.

DEĞERLENDİRME SİSTEMİ

Etkinlikler	Sayı	Katkı Payı
Devam/Katılım:		
Laboratuvar:		
Uygulama (Sözlü Sınav):		
Arazi Çalışması		
Derse Özgü Staj		
Kısa Sınavlar/Stüdyo Kritiği: • İçerik: Sınav haftasına kadar işlenen konuların tümünü kapsayan kapsamlı soruların sorulması 1. Format: Yüz yüze. Çoktan seçmeli kısa sınav (5-10 dakika) 1. Detaylı Değerlendirme Kriterleri: -Derste işlenen teorik konular ile ilgili problemleri çözebilme	4	%4
Ödev:		
Sunum/Jüri:		
Proje:		
Seminer/Workshop		
Ara Sınavlar: • İçerik: Sınav haftasına kadar işlenen konuların tümünü kapsayan kapsamlı sorular 1. Format: Yüz yüze. Sınav (100 dakika) • Detaylı Değerlendirme Kriterleri: -Dersin temel kavramlarının anlaşıldığının gösterilmesi -Teorik konularla ilgili problemlerin çözülebilmesi -Teorik düşünme süreçlerinin yürütülmesi	2	%56
Final: • İçerik: Dersin tüm içeriğini kapsayan kapsamlı sorular • Format: Yüz yüze. Sınav (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: Kristaller, Kristal Yapı, Kristal Örgü ve Örgü Öteleme Vektörleri. Sınıf-içi Uygulama (5 dk.): Kristaller, Kristal Yapı, Kristal Kusuru Kristal Örgü ve Örgü Öteleme Vektörlerine ilişkin örneklemelerinin yapılması. Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Kristaller, Kristal Yapı, Kristal Kusuru kavramlarının katıların uygulama alanlarıyla ilgili tartışmanın yapılması.	1. Kristaller, Kristal Yapı, Kristal Kusuru konularının okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 25-28.
2	Konu Anlatımı: Bravais Örgü, Birim Hücre, Birim Hücre Seçimi, İlkel Birim Hücre, Simetri Kaygısı, İlkel Olmayan Örgü ile Bravais Olmayan Örgü Arasındaki İlişki, Wigner-Seitz İlkel Birim Hücresi. Sınıf-içi Uygulama (5 dk.): Bravais Örgü, Birim Hücre, Birim Hücre Seçimi, İlkel Birim Hücre, Simetri Kaygısı, İlkel Olmayan Örgü ile Bravais Olmayan Örgü Arasındaki İlişki, Wigner-Seitz İlkel Birim Hücresi konularının uygulama yaptırılması. Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Bravais Örgü, Birim Hücre, Birim Hücre Seçimi, İlkel Birim Hücre, Simetri Kaygısı, İlkel Olmayan Örgü ile Bravais Olmayan Örgü Arasındaki İlişki, Wigner-Seitz İlkel Birim Hücresi farklı örneklerle ilişkin tartışmanın yapılması.	1. Kristaller, Kristal Yapı, Kristal Kusuru kavramlarına ilişkin ön bilgilerin hatırlanması ve etkinleştirilmesi. Kaynak: Ders Kitabı, 25-28. 2. Bravais Örgü, Birim Hücre, Birim Hücre Seçimi, İlkel Birim Hücre, Simetri Kaygısı, İlkel Olmayan Örgü ile Bravais Olmayan Örgü Arasındaki İlişki, Wigner-Seitz İlkel Birim Hücresi konularını içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 28-32.
3	Konu Anlatımı: İki- ve Üç-Boyutlu Kristal Örgü Tipleri, Simetri İşlemleri, Nokta Grupları, Uzay Grupları. Sınıf-içi Uygulama (5 dk.): Bravais Örgü, Birim Hücre, Birim Hücre Seçimi, İlkel Birim Hücre, Simetri Kaygısı, İlkel Olmayan Örgü ile Bravais Olmayan Örgü Arasındaki İlişki, Wigner-Seitz İlkel Birim Hücresi uygulamasının yaptırılması. Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Bravais Örgü, Birim Hücre, Birim Hücre Seçimi, İlkel Birim Hücre, Simetri Kaygısı, İlkel Olmayan Örgü ile Bravais Olmayan Örgü Arasındaki İlişki, Wigner-Seitz İlkel Birim Hücresi yapısının tartışılması.	1. Kristaller, Kristal Yapı kavramlarına ilişkin ön bilgilerin hatırlanması ve etkinleştirilmesi. Kaynak: Ders Kitabı, 25-32. 2. İki- ve Üç-Boyutlu Kristal Örgü Tipleri, Simetri İşlemleri, Nokta Grupları, Uzay Grupları konularını içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 32-40.
4	Konu Anlatımı: Kristal Doğrultu ve Düzlemleri, Miller İndisleri, Aynı Miller İndisli Kristal Düzlemleri Arasındaki Uzaklık. Sınıf-içi Uygulama (5 dk.): Kristal Doğrultu ve Düzlemleri, Miller İndisleri, Aynı Miller İndisli Kristal Düzlemleri Arasındaki Uzaklık uygulamasının yaptırılması. Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Farklı kristal yapılarıdaki Kristal Doğrultu ve Düzlemleri, Miller İndisleri, Aynı Miller İndisli Kristal Düzlemleri Arasındaki Uzaklık uygulamalarının tartışılması. Kısa Sınav 1 (15 dk.): Ders sonunda, derste işlenen konuları içeren bir kısa sınavın yapılması.	1. Kristal Yapı ve İki- ve Üç-Boyutlu Örgü Tipleri, Simetri İşlemleri, Nokta Grupları, Uzay Gruplarına ilişkin ön bilgilerin hatırlanması. Kaynak: Ders Kitabı, 25-40. 2. Kristal Doğrultu ve Düzlemleri, Miller İndisleri, Kristal Düzlemleri Arasındaki Uzaklık konularını içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 41-44. 3. Kısa Sınav 1: (İki- ve Üç-Boyutlu Kristal Örgü Tipleri, Bravais Örgü, Kristal Doğrultu ve Düzlemleri, Miller İndisleri, Kristal Düzlemleri Arasındaki Uzaklık) Kaynak: Ders Kitabı, 32-44.
5	Konu Anlatımı: Basit Olmayan Kristal Yapı Örnekleri, Cisim Merkezli Kübik (Bcc) Yapı, Yüz Merkezli Kübik (Fcc) Yapı ve diğerleri, İlkel Birim Hücre Örnekleri, İdeal Kristal Yapı, Amorf Yapılar. Sınıf-içi Uygulama (5 dk.): Basit Olmayan Kristal Yapı Örnekleri, Cisim Merkezli Kübik (Bcc) Yapı, Yüz Merkezli Kübik (Fcc) Yapı ve diğerleri, İlkel Birim Hücre Örnekleri, İdeal Kristal Yapı, Amorf Yapılar hakkında uygulamanın yapılması. Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Basit Olmayan Kristal Yapı Örnekleri, Cisim Merkezli Kübik (Bcc) Yapı, Yüz Merkezli Kübik (Fcc) Yapı ve diğerleri, İlkel Birim Hücre Örnekleri, İdeal Kristal Yapı, Amorf Yapıların uygulama alanlarının tartışılması.	1. Kristaller, Kristal Yapı kavramlarına ilişkin ön bilgilerin hatırlanması ve etkinleştirilmesi. Kaynak: Ders Kitabı, 28-44. 2. Basit Olmayan Kristal Yapı Örnekleri, Cisim Merkezli Kübik (Bcc) Yapı, Yüz Merkezli Kübik (Fcc) Yapı ve diğerleri, İlkel Birim Hücre Örnekleri, İdeal Kristal Yapı, Amorf Yapılar konularını içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 45-53.



6	Konu Anlatımı: Kristal Bağları, Bağlanma Enerjisi, Başka Çekici Etkileşmeler, İyonik Bağ, Kovalent Bağ, Metalik Bağ, Hidrojen Bağ. Sınıf-İçi Uygulama (5 dk.): Kristal Bağları, Bağlanma Enerjisi, Başka Çekici Etkileşmeler, İyonik Bağ, Kovalent Bağ, Metalik Bağ, Hidrojen Bağ üzerine uygulamanın yaptırılması. Sınıf-İçi Tartışma (5 dk.): Kristal Bağları, Bağlanma Enerjisi, İtici Etkileşme, Pauli İlkesi, Çekici Etkileşme üzerine tartışmanın yapılması. 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. Kristal Bağları, Bağlanma Enerjisi tanım ve özelliklerinin önceden okunulması ve öğrenilmesi. Kaynak: Ders Kitabı, 54-76. 2. Kısa Sınav 2 için ön hazırlık: (Ters yüz edilmiş öğrenme (flipped learning) yöntemi çerçevesinde, ders başında, öğrenciye verilen ön hazırlık görevinde yer alan konular) Kaynak: Ders Kitabı, 28-76.
7	Konu Anlatımı: Kırınım, Kırınım Deneylerinde Kullanılan Işınlr, X-Işınlr, Nötronlar, Elektronlar, Bragg Kırınım Yasası, Deneysel Kırınım Yöntemleri, Fourier Uzayı veya Ters Uzak, Kristal Örgü ve Ters Örgü Öteleme Vektörleri, Laue Kırınım Şartları, Brillouin Bölgeleri, Bazın Fourier Analizi, Atomik Yapı Çarpanı. Sınıf-İçi Uygulama (5 dk.): Kırınım, Bragg Kırınım Yasası, Deneysel Kırınım Yöntemleri, Doğrusal Örgünün Ters Örgüsü ve Brillouin Bölgesi ile ilgili uygulamanın yaptırılması. Sınıf-İçi Tartışma (5 dk.): Kırınım, Kırınım Deneylerinde Kullanılan Işınlr, Doğrusal Örgünün Ters Örgüsü ve Brillouin Bölgeleri hakkında görsel ve deneysel sunumlar gösterilerek tartışılması.	1. Kırınım, Kırınım Deneylerinde Kullanılan Işınlr, X-Işınlr, Nötronlar, Elektronlar, Bragg Kırınım Yasası, Deneysel Kırınım Yöntemleri, Fourier Uzayı veya Ters Uzak, Kristal Örgü ve Ters Örgü Öteleme Vektörleri, Laue Kırınım Şartları, Brillouin Bölgeleri, Bazın Fourier Analizi, Atomik Yapı Çarpanı konularını içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 81-117.
8	Ara Sınav 1	Sınav haftasına kadar işlenen konuların tümünün tekrar edilmesi.
9	Konu Anlatımı: Örgü Titreşimleri, Sürekli Ortam, Genelleştirilmiş Hooke Yasası, Kesikli Ortam: 1; İlkel Birim Hücresinde Bir Atom Bulunan Kristal Örgü İçin Hareket Denklemi: Dalga Denklemi, Dağınım Bağlantısı ve Grup Hızı, Faz Hızı ve Grup Hızı, Bir-Boyutlu ve İlkel Birim Hücresinde Bir Atom Bulunan Kristal Örgü İçin Durum Yoğunluğu. Sınıf-İçi Uygulama (5 dk.): Örgü Titreşimleri, İlkel Birim Hücresinde Bir Atom Bulunan Kristal Örgü İçin Hareket Denklemi: Dalga Denklemi, Dağınım Bağlantısı ve Grup Hızı, Sürekli Ortamın Dağınım Bağlantısı ile Kesikli Örgünün Dağınım Bağlantısının Karşılaştırılması konularında uygulama yaptırılması. Sınıf-İçi Tartışma (5 dk.): Örgü Titreşimleri, İlkel Birim Hücresinde Bir Atom Bulunan Kristal Örgü İçin Hareket Denklemi: Dalga Denklemi, Dağınım Bağlantısı ve Grup Hızı kavramlarının ve farklı uygulamalarının tartışılması.	1. Örgü Titreşimleri, Sürekli Ortam, Genelleştirilmiş Hooke Yasası, Kesikli Ortam: 1; İlkel Birim Hücresinde Bir Atom Bulunan Kristal Örgü İçin Hareket Denklemi: Dalga Denklemi, Dağınım Bağlantısı ve Grup Hızı, Faz Hızı ve Grup Hızı, Bir-Boyutlu ve İlkel Birim Hücresinde Bir Atom Bulunan Kristal Örgü İçin Durum Yoğunluğu konularını içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 123-153.
10	Konu Anlatımı: Kesikli Ortam: 2 İlkel Birim Hücresinde İki Atom Bulunan Kristal Örgü İçin Hareket Denklemlerinin Çözümü ve Dağınım Bağlantıları, Akustik ve Optik Modlar, Durum Yoğunluğu, Örgü Titreşimlerinin Kuantumlanması, Fonon Momentumu Kristal Momentumu. Sınıf-İçi Uygulama (5 dk.): İlkel Birim Hücresinde Bir veya İki Atom Bulunan Kristal Örgü İçin Hareket Denklemlerinin Çözümü ve Dağınım Bağlantıları üzerine uygulamanın yaptırılması. Sınıf-İçi Tartışma (5 dk.): İlkel Birim Hücresinde Bir veya İki Atom Bulunan Kristal Örgü İçin Hareket Denklemlerinin Çözümü ve Dağınım Bağlantılarının farklı örneklemelerinin tartışılması. Kısa Sınav 3 (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. Örgü Titreşimleri, İlkel Birim Hücresinde Bir Atom Bulunan Kristal Örgü İçin Hareket Denklemi çözümlerine ilişkin ön bilgilerin hatırlanması. Kaynak: Ders Kitabı, 123-153. 2. İlkel Birim Hücresinde İki Atom Bulunan Kristal Örgü İçin Hareket Denklemlerinin Çözümü ve Dağınım Bağlantıları, konularını içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 155-169. 3. Kısa Sınav 3 için ön hazırlık: (İlkel Birim Hücresinde Bir veya İki Atom Bulunan Kristal Örgü İçin Hareket Denklemlerinin Çözümü ve Dağınım Bağlantıları) Kaynak: Ders Kitabı, 123-169.
11	Konu Anlatımı: Termal Özellikler, Özısı Modelleri, Klasik Özısı Modeli, Einstein Modeli, Debye Modeli, Termal İletkenlik. Sınıf-İçi Uygulama (5 dk.): Termal Özellikler, Özısı Modelleri, Klasik Özısı Modeli, Einstein Modeli, Debye Modeli, Termal İletkenlik uygulamasının yaptırılması.	1. Klasik özısı modelinin, Harmonik salınıcı kavramlarına ilişkin ön bilgilerin araştırılarak hatırlanması. 2. Termal Özellikler, Özısı Modelleri, Klasik Özısı Modeli, Einstein Modeli, Debye Modeli, Termal İletkenlik konularını içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 173-191.



	Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Düşük ve yüksek sıcaklıklarda Özısı Modelleri, Klasik Özısı Modeli, Einstein Modeli, Debye Modeli konularının karşılaştırılmasına ilişkin tartışmanın yapılması.	
12	Konu Anlatımı: Serbest Elektron Gazı, Klasik Serbest Elektron Gazı Modeli, Drude Serbest Elektron Gazı Modeli ve Ohm Yasası, Kuantum Mekanikine Dayalı Serbest Elektron Modeli. Sınıf-içi Uygulama (5 dk.): Serbest Elektron Gazı, Klasik Serbest Elektron Gazı Modeli, Drude Serbest Elektron Gazı Modeli ve Ohm Yasası, Kuantum Mekanikine Dayalı Serbest Elektron Modeli üzerine uygulama yaptırılması. Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Klasik Serbest Elektron Gazı Modeli ve Kuantum Mekanikine Dayalı Serbest Elektron Modeli tartışmasının yapılması. Kısa Sınav 4 (15 dk.): Ders sonunda, derste işlenen konuları içeren bir kısa sınavın yapılması.	1. Serbest Elektron Gazı, Klasik Serbest Elektron Gazı Modeli, Drude Serbest Elektron Gazı Modeli Ve Ohm Yasası, Kuantum Mekanikine Dayalı Serbest Elektron Modeli konularını içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 195-208. 2. Kısa Sınav 4: (Termal Özellikler, Özısı Modelleri, Klasik Özısı Modeli, Einstein Modeli, Debye Modeli, Termal İletkenlik) Kaynak: Ders Kitabı, 173-191.
13	Konu Anlatımı: Fermi Enerjisi, Dağılım Fonksiyonları, Bose-Einstein Dağılımı, Fermi-Dirac Dağılımı. Sınıf-içi Uygulama: (5 dk) Fermi Enerjisi, Dağılım Fonksiyonları, Bose-Einstein Dağılımı, Fermi-Dirac Dağılımı üzerine uygulama yaptırılması. Sınıf-içi Tartışma: (5 dk.) Fermi Enerjisi, Dağılım Fonksiyonları, Bose-Einstein Dağılımı, Fermi-Dirac Dağılımı uygulamalarının tartışmasının yapılması.	1. Fermi Enerjisi, Dağılım Fonksiyonları, Bose-Einstein Dağılımı, Fermi-Dirac Dağılımı konularını içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 207-208.
14	Konu Anlatımı: Üç-Boyutlu Serbest Elektron Gazı, Fermi Yüzeyi, Durum Yoğunluğu, Serbest Elektron Gazının Özısı, Etkin Kütle. Sınıf-içi Uygulama: (5 dk) Üç-Boyutlu Serbest Elektron Gazı, Fermi Yüzeyi, Durum Yoğunluğu, Serbest Elektron Gazının Özısı, Etkin Kütle uygulamasının yaptırılması.	1. Kuantum Fiziği dersinde anlatılan temel konulara ilişkin ön bilgilerin hatırlanması. 2. Üç-Boyutlu Serbest Elektron Gazı, Fermi Yüzeyi, Durum Yoğunluğu, Serbest Elektron Gazının Özısı, Etkin Kütle konularını içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 216-219.
15	Konu Anlatımı: Serbest Elektron Gazının İletkenliği, Elektrik Alan İçinde Hareket ve Ohm Yasası, Manyetik Alan İçinde Hareket ve Siklotron Frekansı, Magnetik Alan İçinde Hareket ve Hall Olayı. Sınıf-içi Uygulama (15 dk.): Serbest Elektron Gazının İletkenliği, Elektrik Alan İçinde Hareket ve Ohm Yasası, Manyetik Alan İçinde Hareket ve Siklotron Frekansı, Magnetik Alan İçinde Hareket ve Hall Olayı üzerine uygulama yaptırılması. Sınıf-içi Tartışma (5 dk.): Hall olayının farklı uygulamalardaki sonuçlarının konuşulması.	1. Serbest Elektron Gazının İletkenliği, Elektrik Alan İçinde Hareket ve Ohm Yasası, Manyetik Alan İçinde Hareket ve Siklotron Frekansı, Magnetik Alan İçinde Hareket ve Hall Olayı konularını içeren bölümlerin okunması. Kaynak: Ders Kitabı, 220-226.
16	Final	İşlenen konuların tümünün tekrar edilmesi.

AKTS İŞYÜKÜ TABLOSU

Etkinlikler	Sayı	Süresi (Saat)	Toplam İşyükü
Ders Saati	14	2	28
Laboratuvar			
Uygulama	14	2	28
Arazi Çalışması			
Sınıf Dışı Ders Çalışması	14	3	42
Derse Özgü Staj			
Ödev			
Küçük Sınavlar/Stüdyo Kritiği	4	2	8



Projeler			
Sunum / Seminer			
Ara Sınavlar (Sınav Süresi + Sınav Hazırlık Süresi)	2	16	32
Final (Sınav Süresi + Sınav Hazırlık Süresi)	1	15	15
Toplam İş yükü:			153
Toplam İş yükü / 30(s):			5.1
AKTS Kredisi:			5



COURSE INFORMATION FORM

FACULTY / GRADUATE SCHOOL	Faculty of Arts and Sciences
DEPARTMENT / PROGRAMME	Physics
TITLE OF COURSE	Solid State Physics 1
CODE	FIZ4101
LOCAL CREDIT	3
ECTS	5
LECTURE HOUR / WEEK	2
PRACTICAL HOUR / WEEK	2
LABORATORY HOUR / WEEK	0
PREREQUISITE	None
SEMESTER	Fall
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	Merih SERİN
ASSISTANT(S)	
COURSE OBJECTIVES	This course aims to provide students with an understanding of the geometric and symmetric foundations of crystal structure (Bravais lattices, unit cell, Miller indices, reciprocal lattice, and Brillouin zones); to connect structural and property relationships through diffraction laws and experimental methods; to explain thermal behavior via lattice vibrations and the concept of phonons (Einstein–Debye models); and to enable theoretical and numerical analysis of carrier dynamics—such as conduction, cyclotron motion, and the Hall effect—through free electron gas models (Drude–Sommerfeld), Fermi statistics, and density of states. Ultimately, the course aims to equip students with the competence to quantitatively analyze the electrical and thermal properties of crystalline materials.
COURSE CONTENT	Crystals, defects, and lattice translation vectors; Bravais lattices, unit cell selection, and the Wigner–Seitz cell; 2D/3D lattices, symmetry operations, point and space groups; crystal directions/planes, Miller indices, and interplanar spacing. Reciprocal space, lattice, and Brillouin zones; Bragg’s law, Laue conditions, diffraction experiments, and the structure factor. Lattice vibrations, dispersion relations in monoatomic/diatom chains, acoustic/optical modes, phonons, and thermal properties (Einstein–Debye models, thermal conductivity). Free electron gas (classical and quantum), Fermi energy and distributions, 3D density of states; conductivity, carrier motion under fields, cyclotron frequency, and the Hall effect; reinforced with selected applied examples and short quizzes.
RECOMMENDED OR REQUIRED READINGS	Coursebook: Dikici, Mustafa. <i>Katthal Fiziğine Giriş</i> . 3rd ed., Seçkin Publishing, 2013. Required Readings: [1] Kittel, Charles. <i>Katthal Fiziğine Giriş</i> . (Editors: Gülsen Önengüt, Demir Önengüt). Translated from the 8th ed., Palme Publishing, 2014. [2] Akat, Ercüment. <i>Katthal Fiziği Temelleri</i> . 2nd ed., Papatya Publishing, 2012.



Course Learning Outcomes

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

1. Classify solids and simple crystal structures.
2. Describe the types of bonding in crystalline solids.
3. Explain the relationship between the thermal/electrical properties of a crystal and its structure.
4. Explain the physical properties of metals using the free electron model.
5. Develop the mathematical foundations for understanding the properties of solids.

EVALUATION SYSTEM

Activities	Number	Percentage of Grade
Attendance/Participation:		
Laboratory		
Application (Oral Examination):		
Field Work		
Special Course Internship (Work Placement)		
Quizzes/Studio Critics: • Content: Comprehensive questions covering all topics addressed up to the exam week • Format: Face-to-face multiple-choice quiz (5-10 minutes) • Detailed Assessment Criteria: -Ability to solve problems related to the theoretical topics covered in the course	4	%4
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. (100 minutes). • Detailed Assessment Criteria: -Demonstration of understanding of the fundamental concepts of the course -Ability to solve problems related to theoretical topics -Ability to carry out theoretical reasoning processes	2	%56
Final: • Content: Comprehensive questions covering the entire content of the course • Format: Face-to-face written exam. (100 minutes). • Detailed Assessment Criteria:	1	%40



-Ability to apply advanced problem-solving skills -Demonstration of a thorough understanding of all topics covered in the course		
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: Crystals, Crystal Structure, Crystal Lattice, and Lattice Translation Vectors. In-Class Practice (5 min.): Provide examples of crystals, crystal structure, crystal defects, and lattice translation vectors. In-Class Discussion (5 min.): Discuss the concepts of crystals, crystal structure, and crystal defects in their application to solids.	1. Reading the topics "Crystals, Crystal Structure, Crystal Defect." Source: Coursebook, pp. 25-28.
2	Lecture: Bravais Lattice, Unit Cell, Unit Cell Selection, Primitive Unit Cell, Symmetry Concern, Relationship Between Non-Primitive and Non-Bravais Lattice, Wigner-Seitz Primitive Unit Cell. In-Class Practice (5 min.): Bravais Lattice, Unit Cell, Unit Cell Selection, Primitive Unit Cell, Symmetry Concern, Relationship Between Non-Primitive and Non-Bravais Lattice, Wigner-Seitz Primitive Unit Cell. In-Class Discussion (5 min.): Bravais Lattice, Unit Cell, Unit Cell Selection, Primitive Unit Cell, Symmetry Concern, Relationship Between Non-Primitive and Non-Bravais Lattice, Wigner-Seitz Primitive Unit Cell. Discussion on different examples.	1. Recall and activate prior knowledge of the concepts of crystals, crystal structure, and crystal defects. Source: Coursebook, pp. 25-28. 2. Read the sections on Bravais Lattice, Unit Cell, Unit Cell Selection, Primitive Unit Cell, Symmetry Concern, the Relationship Between Non-Primitive and Non-Bravaisian Lattice, and the Wigner-Seitz Primitive Unit Cell. Source: Coursebook, pp. 28-32.
3	Lecture: Two- and Three-Dimensional Crystal Lattice Types, Symmetry Operations, Point Groups, Space Groups. In-Class Exercise (5 min): Bravais Lattice, Unit Cell, Unit Cell Selection, Primitive Unit Cell, Symmetry Concern, Relationship Between Non-Primitive and Non-Bravaisian Lattice, Wigner-Seitz Primitive Unit Cell Exercise. In-Class Discussion (5 min): Bravais Lattice, Unit Cell, Unit Cell Selection, Primitive Unit Cell, Symmetry Concern, Relationship Between Non-Primitive and Non-Bravaisian Lattice, Discussion of the Wigner-Seitz Primitive Unit Cell Structure.	1. Recalling and activating prior knowledge of crystals and crystal structure concepts. Source: Coursebook, pp. 25-32. 2. Reading the sections on Two- and Three-Dimensional Crystal Lattice Types, Symmetry Operations, Point Groups, and Space Groups. Source: Coursebook, pp. 32-40.
4	Lecture: Crystal Directions and Planes, Miller Indices, Distance Between Crystal Planes with the Same Miller Index. In-Class Practice (5 min): Crystal Directions and Planes, Miller Indices, Distance Between Crystal Planes with the Same Miller Index practice. In-Class Discussion (5 min): Discussion of Crystal Directions and Planes, Miller Indices, Distance Between Crystal Planes with the Same Miller Index practice in different crystal structures. Quiz 1 (15 min): A quiz covering the topics covered in class at the end of the lesson.	1. Recalling preliminary information on Crystal Structure and Two- and Three-Dimensional Lattice Types, Symmetry Operations, Point Groups, and Space Groups. Source: Coursebook, pp. 25-40. 2. Reading the sections on Crystal Directions and Planes, Miller Indices, and Distances Between Crystal Planes. Source: Coursebook, pp. 41-44. 3. Quiz 1: (Two- and Three-Dimensional Crystal Lattice Types, Bravais Lattice, Crystal Directions and Planes, Miller Indices, Distances Between Crystal Planes) Source: Coursebook, pp. 32-44.



5	Lecture: Examples of Non-Simple Crystal Structures, Body-Centered Cubic (Bcc), Face-Centered Cubic (Fcc), and Others, Examples of Primitive Unit Cells, Ideal Crystal Structures, Amorphous Structures. In-Class Practice (5 min.): Application of Non-Simple Crystal Structures, Body-Centered Cubic (Bcc), Face-Centered Cubic (Fcc), and others, Examples of Primitive Unit Cells, Ideal Crystal Structures, and Amorphous Structures. In-Class Discussion (5 min.): Examples of Non-Simple Crystal Structures, Body-Centered Cubic (Bcc), Face-Centered Cubic (Fcc), and Others, Examples of Primitive Unit Cells, Ideal Crystal Structures, and Discussion of the Applications of Amorphous Structures.	1. Recalling and activating prior knowledge of crystals and crystal structure concepts. Source: Coursebook, pp. 28-44. 2. Reading the sections on Non-Simple Crystal Structure Examples, Body-Centered Cubic (Bcc) Structure, Face-Centered Cubic (Fcc) Structure, and others, Primitive Unit Cell Examples, Ideal Crystal Structure, and Amorphous Structures. Source: Coursebook, pp. 45-53.
6	Lecture: Crystal Bonding, Binding Energy, Other Attractive Interactions, Ionic Bonding, Covalent Bonding, Metallic Bonding, Hydrogen Bonding. In-Class Practice (5 min.): Practice on Crystal Bonding, Binding Energy, Other Attractive Interactions, Ionic Bonding, Covalent Bonding, Metallic Bonding, and Hydrogen Bonding. In-Class Discussion (5 min.): Discussion on Crystal Bonding, Binding Energy, Repulsive Interactions, the Pauli Principle, and Attractive Interactions. Quiz 2 (15 min.): A quiz covering the topics covered in the preliminary assignment given to students at the beginning of the lesson.	1. Pre-reading and learning the definitions and properties of Crystal Bonds and Binding Energy. Source: Coursebook, 54-76. 2. Pre-preparation for Quiz 2: (Topics covered in the preliminary preparation task given to the student at the beginning of the course, within the framework of the flipped learning method.) Source: Coursebook, 28-76.
7	Lecture: Diffraction, Rays Used in Diffraction Experiments, X-Rays, Neutrons, Electrons, Bragg's Law of Diffraction, Experimental Diffraction Methods, Fourier Space or Reciprocal Space, Crystal Lattice and Reciprocal Lattice Translation Vectors, Laue Diffraction Conditions, Brillouin Zones, Fourier Analysis of a Base, Atomic Structure Factor. In-Class Practice (5 min.): Diffraction, Bragg's Law of Diffraction, Experimental Diffraction Methods, Linear Lattice Reciprocal Lattice, and Brillouin Zones will be practiced. In-Class Discussion (5 min.): Visual and experimental presentations will be shown and discussions will be conducted on diffraction, Rays Used in Diffraction Experiments, Linear Lattice Reciprocal Lattice, and Brillouin Zones.	1. Reading the sections on Diffraction, Rays Used in Diffraction Experiments, X-Rays, Neutrons, Electrons, Bragg's Law of Diffraction, Experimental Diffraction Methods, Fourier Space or Reciprocal Space, Crystal Lattice and Reciprocal Lattice Translation Vectors, Laue Diffraction Conditions, Brillouin Zones, Fourier Analysis of the Base, Atomic Structure Factor. Source: Coursebook, pp. 81-117.
8	Ara Sınav 1	Repetition of all topics covered until the exam week.
9	Lectures: Lattice Vibrations, Continuous Media, Generalized Hooke's Law, Discrete Media: 1; Equation of Motion for a Crystal Lattice with One Atom in a Primitive Unit Cell: Wave Equation, Dispersion Relation, and Group Velocity, Phase Velocity and Group Velocity, Density of State for a One-Dimensional and Primitive Unit Cell. In-Class Practice (5 min.): Lattice Vibrations, Equation of Motion for a Crystal Lattice with One Atom in a Primitive Unit Cell: Wave Equation, Dispersion Relation, and Group Velocity, Comparison of the Dispersion Relation for a Continuous Medium and the Dispersion Relation for a Discrete Lattice. In-Class Discussion (5 min.): Lattice Vibrations, Equation of Motion for a Crystal Lattice with One Atom in a Primitive Unit Cell: Wave Equation, Dispersion	1. Lattice Vibrations, Continuous Media, Generalized Hooke's Law, Discrete Media: 1; Equation of Motion for a Crystal Lattice with One Atom in Its Primitive Unit Cell: Wave Equation, Dispersion Relation and Group Velocity, Phase Velocity and Group Velocity, Density of State for a Crystal Lattice with One Atom in Its Primitive Unit Cell. Source: Coursebook, 123-153.



	Relation, and Group Velocity, and discussion of various applications.	
10	Lecture: Discrete Media: 2 Solution of the Equations of Motion and Dispersion Relations for a Crystal Lattice with Two Atoms in a Primitive Unit Cell, Acoustic and Optical Modes, Density of States, Quantization of Lattice Vibrations, Phonon Momentum, and Crystal Momentum. In-Class Practice (5 min.): Solution of the Equations of Motion and Dispersion Relations for a Crystal Lattice with One or Two Atoms in a Primitive Unit Cell. In-Class Discussion (5 min.): Solution of the Equations of Motion and Dispersion Relations for a Crystal Lattice with One or Two Atoms in a Primitive Unit Cell. Discussion of different examples of the Equations of Motion and Dispersion Relations. Quiz 3 (15 min.): A quiz covering the topics covered in the preliminary assignment given to the student at the beginning of the lesson, using the flipped learning method.	1. Recalling preliminary information on Lattice Vibrations and Solutions of the Equations of Motion for a Crystal Lattice with One Atom in the Primitive Unit Cell. Source: Coursebook, pp. 123-153. 2. Reading the sections on Solutions of the Equations of Motion and Distribution Relations for a Crystal Lattice with Two Atoms in the Primitive Unit Cell. Source: Coursebook, pp. 155-169. 3. Preparation for Quiz 3: (Solutions of the Equations of Motion and Distribution Relations for a Crystal Lattice with One or Two Atoms in the Primitive Unit Cell) Source: Coursebook, pp. 123-169.
11	Lecture: Thermal Properties, Specific Heat Models, Classical Specific Heat Model, Einstein Model, Debye Model, Thermal Conductivity. In-Class Practice (5 min.): Practice on Thermal Properties, Specific Heat Models, Classical Specific Heat Model, Einstein Model, Debye Model, Thermal Conductivity. In-Class Discussion (5 min.): Discuss comparing Specific Heat Models, Classical Specific Heat Model, Einstein Model, and Debye Model at low and high temperatures.	1. Review and recall prior knowledge of the classical specific heat model and harmonic oscillator concepts. 2. Read the sections on Thermal Properties, Specific Heat Models, the Classical Specific Heat Model, the Einstein Model, the Debye Model, and Thermal Conductivity. Source: Coursebook, pp. 173-191.
12	Lecture: Free Electron Gas, Classical Free Electron Gas Model, Drude Free Electron Gas Model and Ohm's Law, Quantum Mechanics-Based Free Electron Model. In-Class Practice (5 min.): Practice on the Free Electron Gas, Classical Free Electron Gas Model, Drude Free Electron Gas Model and Ohm's Law, and Quantum Mechanics-Based Free Electron Model. In-Class Discussion (5 min.): Discussion of the Classical Free Electron Gas Model and the Quantum Mechanics-Based Free Electron Model. Quiz 4 (15 min.): A quiz covering the topics covered in class at the end of the lesson.	1. Reading the chapters containing the topics of the Free Electron Gas, the Classical Free Electron Gas Model, the Drude Free Electron Gas Model and Ohm's Law, and the Quantum Mechanics-Based Free Electron Model. Source: Coursebook, pp. 195-208. 2. Quiz 4: (Thermal Properties, Specific Heat Models, Classical Specific Heat Model, Einstein Model, Debye Model, Thermal Conductivity) Source: Coursebook, pp. 173-191.
13	Lecture: Fermi Energy, Distribution Functions, Bose-Einstein Distribution, Fermi-Dirac Distribution. In-Class Practice (5 min.): Practice on Fermi Energy, Distribution Functions, Bose-Einstein Distribution, and Fermi-Dirac Distribution. In-Class Discussion (5 min.): Discuss applications of Fermi Energy, Distribution Functions, Bose-Einstein Distribution, and Fermi-Dirac Distribution.	1. Reading the sections containing the topics Fermi Energy, Distribution Functions, Bose-Einstein Distribution, Fermi-Dirac Distribution. Source: Coursebook, pp. 207-208.
14	Lecture: Three-Dimensional Free Electron Gas, Fermi Surface, Density of States, Specific Heat of Free Electron Gas, Effective Mass. In-Class Practice (5 min.): Three-Dimensional Free Electron Gas, Fermi Surface, Density of States, Specific Heat of Free Electron Gas, Effective Mass Practice.	1. Recalling preliminary information on the fundamental topics covered in the Quantum Physics course. 2. Reading the sections covering the Three-Dimensional Free Electron Gas, Fermi Surface, Density of States, Specific Heat of the Free Electron Gas, and Effective Mass. Source: Coursebook, pp. 216-219.
15	Lecture: Conductivity of Free Electron Gas, Motion in an Electric Field and Ohm's Law, Motion in a Magnetic	1. Reading the sections containing the topics Conductivity of Free Electron Gas, Motion in an Electric Field and



	Field and Cyclotron Frequency, Motion in a Magnetic Field and the Hall Effect. In-Class Practice (15 min.): Practice on Conductivity of Free Electron Gas, Motion in an Electric Field and Ohm's Law, Motion in a Magnetic Field and Cyclotron Frequency, Motion in a Magnetic Field and the Hall Effect. In-Class Discussion (5 min.): Discuss the implications of the Hall effect in various applications.	Ohm's Law, Motion in a Magnetic Field and Cyclotron Frequency, Motion in a Magnetic Field and the Hall Effect. Source: Coursebook, pp. 220-226.
16	Final	Repetition of all topics covered.

ECTS WORKLOAD TABLE

Activities	Number	Duration (Hour)	Total Workload
Course Hours	14	2	28
Laboratory			
Application	14	2	28
Field Work			
Study Hours Out of Class	14	3	42
Special Course Internship (Work Placement)			
Homework Assignments			
Quizzes/Studio Critics	4	2	8
Project			
Presentations / Seminar			
Mid-Terms (Examination Duration + Examination Prep. Duration)	2	16	32
Final (Examination Duration + Examination Prep. Duration)	1	15	15
Total Workload:			153
Total Workload / 30(h):			5.1
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>PC-1</u> Temel bilimler ve fizik alanındaki kuramsal bilgilerini akademik düzeyde analiz, yorum ve problem çözümünde kullanabileceklerdir. / Use their comprehensive theoretical knowledge in fundamental sciences and physics for analysis, interpretation, and problem-solving at an academic level.	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>4</u>
<u>PC-2</u> Uygulamalı bilgilerini fiziksel süreçlerin modellenmesi, deneysel tasarım ve problem çözümünde etkili ve amaca yönelik biçimde kullanabileceklerdir. / Apply their practical knowledge effectively and strategically in modelling physical processes, experimental design, and problem-solving.	=	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	=
<u>PC-3</u> 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>5</u>	=
<u>PC-4</u> Disiplinlerarası bir yaklaşımla, farklı alanlarda edinmiş oldukları bilgileri sentezleyebileceklerdir. / Synthesise knowledge acquired from different disciplines through an interdisciplinary approach.	=	=	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>4</u>
<u>PC-5</u> Fizik biliminin temel ve uygulamalı alanlarında edindikleri bilgi birikimlerini ve kuramsal analiz, deneysel uygulama ve sayısal modelleme ve hesaplamalı fizik araçlarını kullanma ve geliştirme becerilerini, kuramsal fizik, nükleer fizik, yoğun madde fiziği, yüksek enerji fiziği, nanoteknoloji, yenilenebilir/alternatif enerji teknolojileri, ileri malzeme tasarımı, nükleer teknoloji ve kuantum teknolojileri gibi disiplin-içi ve disiplinlerarası uzmanlık alanlarında geliştirebileceklerdir. / Advance their acquired knowledge in the fundamental and applied fields of physics and their skills in theoretical analysis, experimental application, numerical modelling and using and developing computational physics tools in both disciplinary and interdisciplinary areas of specialisation such as theoretical physics, nuclear physics, condensed matter physics, high energy physics, nanotechnology, renewable/alternative energy technologies, advanced materials	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>4</u>



design, nuclear technology, and quantum technologies.					
PC-6 Fizik alanında yaygın olarak kullanılan en az bir programlama dili ile bilgisayar ve yapay zekâ teknolojilerini, problemleri çözmek, veri analizi yapmak ve simülasyonlar gerçekleştirmek için etkin biçimde kullanabileceklerdir. / Use at least one programming language and computer and artificial intelligence technologies widely employed in physics for problem-solving, data analysis, and simulations.	=	=	=	=	=
PC-7 Fizik ve ilgili alanlardaki bilimsel ve teknolojik gelişmeleri izleyebilecek, kariyer fırsatlarını değerlendirerek kişisel ve mesleki gelişim hedeflerini belirleyebilecek ve bu hedeflere ulaşmak için hayat boyu öğrenme stratejilerini kullanabileceklerdir. / Follow scientific and technological developments in physics and related fields, assess career opportunities, identify personal and professional development goals, and adopt lifelong learning strategies to achieve these goals.	=	=	=	=	=
PC-8 Bilimsel araştırmalarını ve mesleki faaliyetlerini yürütürken doğabilecek hukuksal sonuçları ve toplumsal etkileri dikkate alarak mesleki etik ilkeler, kalite standartları ile evrensel değerler doğrultusunda ve sosyal sorumluluk bilinci ve adalet duygusuyla hareket edebileceklerdir. / Act with a sense of social responsibility and justice and in accordance with professional ethical principles, quality standards, and universal values by taking into account potential legal and societal consequences of their scientific research and professional activities.	=	=	=	=	=
PC-9 Bireysel olarak ya da takımlarda etkin biçimde 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>
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.	=	=	=	=	=
PC-11 Fizik konularını, teorileri, araştırmaları ve problem çözümlerini, fizik terminolojisi kullanarak tüm paydaşlara Türkçe ve İngilizcede sözlü ve yazılı olarak etkili biçimde aktarabileceklerdir. / Effectively communicate topics, theories, research, and problem solutions in physics to all relevant stakeholders using appropriate	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	=



physics terminology, both orally and in writing, in Turkish and in English					
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	=	=	=	=	=