



DERS BİLGİ FORMU

FAKÜLTE / ENSTİTÜ ADI	Fen Edebiyat Fakültesi
BÖLÜM / PROGRAM / ANABİLİM DALI ADI	Fizik
DERSİN ADI	Kuantum Hesaplamaya Giriş
DERSİN KODU	FIZ4830
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	Türkçe, İngilizce
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	Zeynel YALÇIN
ASİSTAN(LAR)	
DERSİN AMACI	Bu dersin amacı, öğrencilerin kuantum hesaplamanın temel prensiplerini ve uygulamalarını öğrenmelerini sağlamaktır. Öğrenciler, kuantum operatörler, ölçüm süreçleri, kubitler, Bloch küresi ve kuantum kapıları gibi konuları inceleyerek kuantum sistemlerinin işleyişini anlayacaklardır. Ayrıca, dolanıklık ve kontrollü kapılar gibi temel yapıtaşlarını öğrenerek kuantum devrelerini kurma becerisi kazanacaklardır. Deutsch, Shor, Grover ve Simon algoritmaları gibi temel kuantum algoritmalarını çözümleyerek kuantum hesaplamanın klasik hesaplamadan farklarını ve avantajlarını değerlendireceklerdir.
DERSİN İÇERİĞİ	Hilbert uzayında temel işlemler; kuantum İşlemciler; özdeğer denklemi; beklenen değerler ve ölçüm; kubit; Bloch küresi; tek kubit kuantum kapıları; çoklu kubitler; dolanıklık; basit devre gösterimleri; basit kuantum algoritmaları.
DERS KİTABI / MALZEMESİ / ÖNERİLEN KAYNAKLAR	Ders Kitapları: [1] Michael A. Nielsen and Isaac L. Chuang, <i>Quantum Computation and Quantum Information</i> , Cambridge University Press, 2001. [2] Hiu Yung Wong, <i>Introduction to Quantum Computing</i> , Springer, 2022 [3] David McMahon, <i>Quantum Computing Explained</i> , Wiley-Interscience, 2008. [4] Ciaran Hughes, Joshua Isaacson Anastasia Perry, Ranbel F. Sun Jessica Turner, <i>Quantum Computing for the Quantum Curious</i> , Springer, 2021. [5] Thomas G. Wong, <i>Introduction to Classical and Quantum Computing</i> , Rooted Grove, 2022.

**Ders Öğrenim Çıktıları**

Bu dersi başarıyla tamamlayan öğrenciler,

1. Kuantum hesaplamanın temel kavramlarını (kubit, kuantum operatörleri, ölçüm) tanımlayabileceklerdir.
2. Kuantum durumlarını Bloch küresi üzerinde gösterebileceklerdir.
3. Kontrollü kapılar ve dolanık durumları kullanarak temel kuantum devrelerini tasarlayabileceklerdir.
4. Deutsch, Shor, Grover ve Simon algoritmalarını uygulayabileceklerdir.
5. Kuantum hesaplamanın ilkelerini ve yeteneklerini klasik hesaplama ile karşılaştırabileceklerdir.

DEĞERLENDİRME SİSTEMİ

Etkinlikler	Sayı	Katkı Payı
Devam/Katılım: • İçerik: Öğrencilerin derse devam etmeleri ve katılmaları • Detaylı Değerlendirme Kriterleri: - Derse aktif katılım ve soru sorma - Sınıf-içi tartışmalara ve problem çözme süreçlerine katkı sağlayabilme	14	%5
Laboratuvar:		
Uygulama (Sözlü Sınav):		
Arazi Çalışması		
Derse Özgü Staj		
Kısa Sınavlar/Stüdyo Kritiği:		
Ödev:		
Sunum/Jüri:		
Proje:		
Seminer/Workshop		
Ara Sınavlar: • 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	2	%55
Final: • İçerik: Ağırlıklı olarak ara sınav sonrası olmak üzere dersin tüm içeriğini kapsayan kapsamlı sorular • Format: Yüz yüze. Sınav (90 dakika) • Detaylı Değerlendirme Kriterleri: -Derste işlenen tüm konuların derinlemesine kavranmış olduğunun gösterilmesi	1	%40



İleri düzey problem çözme becerilerinin kullanılabilmesi			
Dönem İçi Çalışmaların Başarı Notuna Katkısı		%60	
Final Sınavının Başarı Notuna Katkısı		%40	
TOPLAM		%100	
HAFTALIK KONULAR VE İLGİLİ ÖN HAZIRLIK ÇALIŞMALARI			
HAFTALAR	KONULAR	Ön Hazırlık	
1	Konu anlatımı: Hilbert Uzayının Temelleri.	1. İlgili bölümün okunması. Kaynak: Hiu Yung Wong, Introduction to Quantum Computing, Bölüm 3, Bölüm 11; David McMahon, Quantum Computing Explained Bölüm 2.1.	
2	Konu anlatımı: Kuantum Operatörler.	1. İlgili bölümün okunması. Kaynak: Hiu Yung Wong, Introduction to Quantum Computing, Bölüm 6, Bölüm 7; David McMahon, Quantum Computing Explained, Bölüm 2.1.	
3	Konu anlatımı: Beklenen Değer ve Özdeğer.	1. İlgili bölümün okunması. Kaynak: Hiu Yung Wong, Introduction to Quantum Computing, Bölüm 8, Bölüm 9.	
4	Konu anlatımı: Kuantum Ölçüm.	1. İlgili bölümün okunması. Kaynak: Hiu Yung Wong, Introduction to Quantum Computing, Bölüm 4 David McMahon, Quantum Computing Explained, Bölüm 6.	
5	Konu anlatımı: Kuantum Bitleri ve Bloch Küresi.	1. İlgili bölümün okunması. Kaynak: David McMahon, Quantum Computing Explained, Bölüm 2.	
6	Konu anlatımı: Tekli ve Çoklu Qubit Kuantum Kapıları.	1. İlgili bölümün okunması. Kaynak: David McMahon, Quantum Computing Explained, Bölüm 8. 2. İlgili bölümün okunması. Kaynak: Michael A. Nielsen and Isaac L. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information Bölüm 1.3. 3. İlgili bölümün okunması. Kaynak: Ciaran Hughes, Joshua Isaacson Anastasia Perry, Ranbel F. Sun Jessica Turner Quantum Computing for the Quantum Curious Bölüm 6.	
7	Konu anlatımı: Kontrollü Kapılar ve Dolanık Durumlar.	1. İlgili bölümün okunması. Kaynak: Michael A. Nielsen and Isaac L. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information Bölüm 1.3. 2. İlgili bölümün okunması. Kaynak: Ciaran Hughes, Joshua Isaacson Anastasia Perry, Ranbel F. Sun Jessica Turner Quantum	



		Computing for the Quantum Curious Bölüm 6. 3. İlgili bölümün okunması. Kaynak: Hiu Yung Wong, Introduction to Quantum Computing, Bölüm 13.
8	Ara Sınav 1	Anlatılan tüm konuların tekrar edilmesi.
9	Konu anlatımı: Temel Kuantum Devre Şemaları.	1. İlgili bölümün okunması. Kaynak: David McMahon, Quantum Computing Explained Bölüm 4 . 2. İlgili bölümün okunması. Kaynak: David McMahon, Quantum Computing Explained, Bölüm 8.
10	Konu anlatımı: Kuantum Toplayıcı Algoritması.	1. İlgili bölümün okunması. Kaynak: Thomas G. Wong, Introduction to Classical and Quantum Computing, Rooted Grove, 2022, Bölüm 1.
11	Konu anlatımı: Deutsch'un Algoritması.	1. İlgili bölümün okunması. Kaynak: Ciaran Hughes, Joshua Isaacson Anastasia Perry, Ranbel F. Sun Jessica Turner, Quantum Computing for the Quantum Bölüm 9.
12	Konu anlatımı: Shor'un Algoritması, Arasınav 2.	1. İlgili bölümün okunması. Kaynak: Ciaran Hughes, Joshua Isaacson Anastasia Perry, Ranbel F. Sun Jessica Turner, Quantum Computing for the Quantum Bölüm 9.
13	Konu anlatımı: Kuantum Arama ve Grover Algoritması.	1. İlgili bölümün okunması. Kaynak: Ciaran Hughes, Joshua Isaacson Anastasia Perry, Ranbel F. Sun Jessica Turner, Quantum Computing for the Quantum Bölüm 9.
14	Konu anlatımı: Simon Algoritması.	1. İlgili bölümün okunması. Kaynak: Ciaran Hughes, Joshua Isaacson Anastasia Perry, Ranbel F. Sun Jessica Turner, Quantum Computing for the Quantum Bölüm 9.
15	Uygulama veya Konu Tekrarı.	İşlenen konuların tümünün tekrar edilmesi.
16	Final	İşlenen konuların tümünün tekrar edilmesi.

AKTS İŞYÜKÜ TABLOSU

Etkinlikler	Sayı	Süresi (Saat)	Toplam İşyükü
Ders Saati	14	3	42
Laboratuar			
Uygulama (sözlü Sınav)			
Arazi Çalışması			
Sınıf Dışı Ders Çalışması	14	3	45
Derse Özgü Staj			
Ödev			
Küçük Sınavlar/Stüdyo Kritiği			
Projeler			



Sunum / Seminer			
Ara Sınavlar (Sınav Süresi + Sınav Hazırlık Süresi)	2	20	40
Final (Sınav Süresi + Sınav Hazırlık Süresi)	1	20	20
Toplam İş yükü:			147
Toplam İş yükü / 30(s):			4.90
AKTS Kredisi:			5



COURSE INFORMATION FORM

FACULTY / GRADUATE SCHOOL	Faculty of Arts and Sciences
DEPARTMENT / PROGRAMME	Physics
TITLE OF COURSE	Introduction to Quantum Computing
CODE	FIZ4830
LOCAL CREDIT	3
ECTS	5
LECTURE HOUR / WEEK	3
PRACTICAL HOUR / WEEK	0
LABORATORY HOUR / WEEK	0
PREREQUISITE	None
SEMESTER	Fall, Springer
COURSE LANGUAGE	Turkish, English
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	Zeynel YALÇIN
ASSISTANT(S)	
COURSE OBJECTIVES	This course aims to provide students with a foundational understanding of the principles and applications of quantum computing. Students will explore quantum operators, measurement processes, qubits, the Bloch sphere, and quantum gates to understand the functioning of quantum systems. They will also gain the ability to construct quantum circuits by learning fundamental components such as entanglement and controlled gates. By analyzing core quantum algorithms including Deutsch's, Shor's, Grover's, and Simon's algorithms, students will be able to evaluate the distinctions and advantages of quantum computing compared to classical computing.
COURSE CONTENT	Basic operations on Hilbert space; quantum processors; the eigenvalue equation; expectation values and measurement; qubits; the Bloch sphere; single-qubit quantum gates; multiple qubits; entanglement; simple circuit representations; and simple quantum algorithms.
RECOMMENDED OR REQUIRED READINGS	Coursebook: [1] Michael A. Nielsen and Isaac L. Chuang, <i>Quantum Computation and Quantum Information</i> , Cambridge University Press, 2001. [2] Hiu Yung Wong, <i>Introduction to Quantum Computing</i> , Springer, 2022 [3] David McMahon, <i>Quantum Computing Explained</i> , Wiley-Interscience, 2008. [4] Ciaran Hughes, Joshua Isaacson Anastasia Perry, Ranbel F. Sun Jessica Turner, <i>Quantum Computing for the Quantum Curious</i> , Springer, 2021. [5] Thomas G. Wong, <i>Introduction to Classical and Quantum Computing</i> , Rooted Grove, 2022.



Course Learning Outcomes

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

1. Define the fundamental concepts of quantum computing (qubits, quantum operators, measurement).
2. Demonstrate quantum states on the Bloch sphere.
3. Design basic quantum circuits using controlled gates and entangled states.
4. Apply core quantum algorithms such as Deutsch's, Shor's, Grover's, and Simon's.
5. Compare the principles and capabilities of quantum computing with classical computing.

EVALUATION SYSTEM

Activities	Number	Percentage of Grade
Attendance/Participation: • Content: Student attendance and participation in the course. • Detailed Assessment Criteria: -Active participation in lessons and asking questions -Ability to contribute to in-class discussions and problem-solving processes	14	%5
Laboratory		
Application (Oral Examination):		
Field Work		
Special Course Internship (Work Placement)		
Quizzes/Studio Critics:		
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. (90 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	%55
Final: • Content: Comprehensive questions covering the entire content of the course, mainly after the midterm exam • Format: Face-to-face written exam. (90 minutes). • Detailed Assessment Criteria: -Ability to apply advanced problem-solving skills -Demonstration of a thorough understanding of all topics	1	%40



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: Fundamentals of Hilbert Space.	1. Reading the relevant section. Source: Hiu Yung Wong, Introduction to Quantum Computing, Chapter 3, Chapter 11. 2. Reading the relevant section. Source: David McMahon, Quantum Computing Explained Chapter 2.1.
2	Lecture: Quantum Operators.	1. Reading the relevant section. Source: Hiu Yung Wong, Introduction to Quantum Computing, Chapter 6, Chapter 7. 2. Reading the relevant section. Source: David McMahon, Quantum Computing Explained, Chapter 2.1.
3	Lecture: Expectation Value and Eigenvalue.	1. Reading the relevant section. Source: Hiu Yung Wong, Introduction to Quantum Computing, Chapter 8, Chapter 9.
4	Lecture: Quantum Measurement.	1. Reading the relevant section. Source: Hiu Yung Wong, Introduction to Quantum Computing, Chapter 4. 2. Reading the relevant section. Source: David McMahon, Quantum Computing Explained, Chapter 6.
5	Lecture: Quantum Bits and the Bloch Sphere.	1. Reading the relevant section. Source: David McMahon, Quantum Computing Explained, Chapter 2.
6	Lecture: Single and Multi-Qubit Quantum Gates.	1. Reading the relevant section. Source: David McMahon, Quantum Computing Explained, Chapter 8. 2. Reading the relevant section. Source: Michael A. Nielsen and Isaac L. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information Chapter 1.3. 3. Reading the relevant section. Source: Ciaran Hughes, Joshua Isaacson Anastasia Perry, Ranbel F. Sun Jessica Turner, Quantum Computing for the Quantum Curious Chapter 6.
7	Lecture: Controlled Gates and Entangled States.	1. Reading the relevant section. Source: Michael A. Nielsen and Isaac L. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information Chapter 1.3. 2. Reading the relevant section. Source: Ciaran Hughes, Joshua Isaacson Anastasia Perry, Ranbel F. Sun Jessica Turner, Quantum Computing for the Quantum Curious Chapter 6. 3. Reading the relevant section. Source: Hiu Yung Wong, Introduction to Quantum Computing, Chapter 13.
8	Midterm Exam 1	All topics covered.
9	Lecture: Basic Quantum Circuit Diagrams.	1. Reading the relevant section. Source: David McMahon, Quantum Computing Explained Chapter 4. 2. Reading the relevant section. Source: David McMahon, Quantum Computing Explained, Chapter 8.



10	Lecture: Quantum Adder Algorithm.	1. Reading the relevant section. Source: Thomas G. Wong, Introduction to Classical and Quantum Computing, Rooted Grove, 2022, Chapter 1.
11	Lecture: Deutsch's Algorithm.	1. Reading the relevant section. Source: Ciaran Hughes, Joshua Isaacson Anastasia Perry, Ranbel F. Sun Jessica Turner, Quantum Computing for the Quantum Chapter 9.
12	Lecture: Shor's Algorithm, Midterm Exam 2.	1. Reading the relevant section. Source: Ciaran Hughes, Joshua Isaacson Anastasia Perry, Ranbel F. Sun Jessica Turner, Quantum Computing for the Quantum Chapter 9.
13	Lecture: Quantum Search and Grover's Algorithm.	1. Reading the relevant section. Source: Ciaran Hughes, Joshua Isaacson Anastasia Perry, Ranbel F. Sun Jessica Turner, Quantum Computing for the Quantum Chapter 9.
14	Lecture: Simon's Algorithm.	1. Reading the relevant section. Source: Ciaran Hughes, Joshua Isaacson Anastasia Perry, Ranbel F. Sun Jessica Turner, Quantum Computing for the Quantum Chapter 9.
15	Practice or Review.	All topics covered.
16	Final	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	15	3	45
Special Course Internship (Work Placement)			
Homework Assignments			
Quizzes/Studio Critics			
Project			
Presentations / Seminar			
Mid-Terms (Examination Duration + Examination Prep. Duration)	2	20	40
Final (Examination Duration + Examination Prep. Duration)	1	20	20
Total Workload:			147
Total Workload / 30(h):			4.90
ECTS Credit:			5



Ders Öğrenim Çıktısı & Program Çıktısı Matrisi

	DÖC-1	DÖC-2	DÖC-3	DÖC-4	DÖC-5
PC-1 Temel bilimler ve fizik alanında kapsamlı bir kuramsal bilgi altyapısı edinerek, bu bilgileri akademik düzeyde analiz, yorum ve problem çözümünde etkin biçimde kullanabileceklerdir. PO-1) They will acquire a comprehensive theoretical knowledge base in fundamental sciences and physics and will be able to effectively use this knowledge in academic-level analysis, interpretation, and problem solving.	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>
PC-2 Edindikleri uygulamalı bilgileri fiziksel süreçlerin modellenmesi, deneysel tasarım ve problem çözümünde etkili ve amaca yönelik biçimde kullanabileceklerdir. PO-2) They will be able to effectively and purposefully use the applied knowledge they acquire in modeling physical processes, experimental design, and problem solving.	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>
PC-3 Kuramsal ve/veya deneysel bilgilerini karmaşık fizik problemlerinin çözümünde etkili biçimde kullanarak, bu problemlere yönelik uygun analiz ve modelleme yöntemlerini seçip uygulayabileceklerdir. PO-3) They will be able to effectively use their theoretical and/or experimental knowledge to solve complex physics problems and select and apply appropriate analysis and modeling methods for these problems.	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>
PC-4 Disiplinlerarası bir yaklaşımla, farklı alanlarda edinmiş oldukları bilgileri sentezleyebileceklerdir. PO-4) They will be able to synthesize the knowledge they have acquired in different fields with an interdisciplinary approach.	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>
PC-5 Fizik biliminin temel ve uygulamalı alanlarında edindikleri bilgi birikimlerini ve kuramsal analiz, deneysel uygulama ve sayısal modelleme ve hesaplamalı fizik araçlarını kullanma ve geliştirme becerilerini, kuramsal fizik, nükleer fizik, yoğun madde fiziği, yüksek enerji fiziği, nanoteknoloji, yenilenebilir/alternatif enerji teknolojileri, ileri malzeme tasarımı, nükleer teknoloji ve kuantum teknolojileri gibi disiplin-içi ve disiplinlerarası uzmanlık alanlarında geliştirebileceklerdir. PO-5) They will be able to develop their knowledge acquired in fundamental and applied fields of physics, and their skills in using and developing theoretical analysis, experimental application,	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>



numerical modeling, and computational physics tools in interdisciplinary and interdisciplinary areas of expertise, such as theoretical physics, nuclear physics, condensed matter physics, high-energy physics, nanotechnology, renewable/alternative energy technologies, advanced materials design, nuclear technology, and quantum technologies.					
PC-6 Fizik alanında yaygın olarak kullanılan bilgisayar ve yapay zekâ teknolojileri ile en az bir programlama dilini, problemleri çözmek, veri analizi yapmak ve simülasyonlar gerçekleştirmek için etkin biçimde kullanabileceklerdir. PO-6) They will be able to effectively use computer and artificial intelligence technologies commonly used in physics, as well as at least one programming language, to solve problems, analyze data, and perform simulations.	=	=	=	=	=
PC-7 Fizik ve ilgili alanlardaki kariyer fırsatlarını değerlendirerek kişisel ve mesleki gelişim hedeflerini belirleyebilecekler ve bu hedeflere ulaşmak için hayat boyu öğrenme stratejilerini kullanabileceklerdir. PO-7) They will be able to evaluate career opportunities in physics and related fields, determine personal and professional development goals, and utilize 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. PO-8) They will be able to act in accordance with professional ethical principles, quality standards, and universal values, with a sense of social responsibility and justice, while considering the legal consequences and social impacts that may arise while conducting their scientific research and professional activities.	=	=	=	=	=
PC-9 Bireysel olarak ya da takımlarda etkin biçimde çalışabileceklerdir. PO-9) They will be able to work effectively individually and in teams.	=	=	=	=	=
PC-10 Fizik alanında, güvenilir bilgi kaynaklarına ulaşarak literatür taraması yapabilecekler ve akademik araştırma tasarlayıp yürütebileceklerdir. PO-10) They will be able to conduct	=	=	=	=	=



literature searches by accessing reliable information sources in the field of physics, and design and conduct academic research.					
PC-11 İleri düzey fizik konularını, teorileri, araştırmaları ve problem çözümlerini, fizik terminolojisi kullanarak Türkçe ve İngilizcede tüm paydaşlara sözlü ve yazılı olarak aktarabileceklerdir. PO-11) They will be able to convey advanced physics topics, theories, research, and problem solutions to all stakeholders, both orally and in writing, using physics terminology in Turkish and English.	=	=	=	=	=
PC-12 Laboratuvar çalışmalarında, bilimsel veri toplayarak teknik ve/veya bilimsel raporlar hazırlayabilecek ve mevcut raporları yorumlayabileceklerdir. PO-12) In laboratory studies, they will be able to prepare technical and/or scientific reports by collecting scientific data and interpret existing reports.	=	=	=	=	=