DERS TANITIM ve UYGULAMA BİLGİLERİ

Dersin Adı	**Kodu**	**Yarıyıl**	**T+U+L (saat/hafta)**	**Türü (Z / S)**	**Yerel Kredi**	**AKTS**
Kuantum Biyoloji	MBG 438	Güz-Bahar	03+00+00	Seçmeli	3	5

Akademik Birim:	Moleküler Biyoloji ve Genetik
Öğrenim Türü:	Örgün Eğitim
Ön Koşullar	Yok
Öğrenim Dili:	İngilizce
Dersin Düzeyi:	Lisans
Dersin Koordinatörü:	- -
Dersin Amacı:	Kuantum biyoloji, yeni bir disiplin olarak ortaya çıkmakta olup, bilim ve mühendislik alanlarında dönüştürücü gelişmeler için büyük bir potansiyele sahiptir. Fakat hem moleküler biyoloji hem de kuantum fiziği alanlarında aynı anda yeterlilik gerektirmesi bu konuda çalışmayı düşünen araştırmacılar için önemli bir zorluk teşkil etmektedir. Geleneksel biyofizik ve biyokimya dersleri kuantum biyoloji literatüründe kullanılan temel matematiksel ve kuantum enformasyon teorisi araçlarını genellikle göz ardı etmektedir. Benzer şekilde, kuantum fiziği dersleri genellikle önemli kuantum kimya ve moleküler biyoloji kavramlarını içermemektedir. Bu ders, bu bilgi boşluklarını gidermek için bir köprü görevi görmeyi ve öğrenciler arasında ortak bir kavramsal çerçeve oluşturmayı hedeflemektedir. Genel amacı, moleküler biyoloji ve kuantum fiziği kavramlarında yetkin olan yeni bir disiplinler arası bilim insanları topluluğu yetiştirmektir. Bu ders kuantum fiziksel süreçlerin kimyasal bağlanma, moleküler yapı ve enzim katalizi, koku, manyetik duyum ve görme gibi karmaşık biyolojik süreçlerdeki rolünü anlamak ve analiz etmek isteyen fakat bunun için ihtiyacı olan kuantum fiziği ve bilgi teorisi araçlarına sahip olmayan lisans ve lisansüstü öğrenciler için tasarlanmıştır. Bu dersi tamamlayan öğrenciler, bu alandaki araştırma makalelerini eleştirel bir şekilde değerlendirebilecek ve daha sonra üzerinde çalışmaya devam etmeyi isteyebilecekleri mantıklı araştırma soruları formüle edebileceklerdir. Bu ders, araştırma alanının kapsamlı veya öznel bir incelemesini sunmayı amaçlamamaktadır. Bunun yerine, son altı hafta boyunca karmaşıklığı giderek artan altı farklı biyosistemdeki kuantum etkilerinin örnek olarak seçer. Bu örnekler, kuantum enformasyon araçlarının biyosistemleri analiz etmede nasıl yardımcı olduğunu göstermek için ideal bir eğitim zemini sunmaktadır. Basit örneklerle başlayan aşamalı bir yaklaşım, öğrencilere daha karmaşık sistemlerle uğraşmadan önce bilgi ve becerilerini pekiştirmeleri için fırsat sunmayı amaçlamaktadır.
Dersin İçeriği:	1. Kimyasal Bağlar ve Moleküler Yapı: Dersin ilk bölümü, öğrencilere kuantum süperpozisyon ilkesini ve bu ilkenin kimyasal bağ olgusunun kuantum mekaniksel açıklamasındaki kilit rolünü tanıtmayı amaçlamaktadır. Bu bölüm, moleküler orbitaller, hibridizasyon ve rezonansı gibi kavramları kapsar. Ayrıca bu bölüm, su, proteinler, enzimler ve DNA moleküllerinin dinamik yapısı ile biyolojik işlevleri arasındaki karmaşık etkileşimi kapsar. 2. Kuantum Enformasyon Araçları: İkinci bölüm, özellikle karmaşık sistemler içinde paylaşılan kuantum süperpozisyon kavramına odaklanır, yani kuantum dolaşıklık ve kuantum uyuşmazlık gibi kuantum ilintilere. Bu ilintiler, kuantum teknolojileri alanında enerji gibi fiziksel bir kaynak olarak kullanılmaktadır. Kuantum ilintileri ölçmek için yoğunluk matrisi formalizmi aracılığıyla kapsamlı bir çerçeve sunulmasının ardından, bu bölüm bu ilintilerin çevrelerinde nasıl hayatta kalabileceğini göstermek için açık kuantum sistemleri teorisine geçer. Bu amaçla, enstrümantal araçlar olarak kuantum master denklemlerine odaklanır. Bölüm, biyolojik sistemleri karakterize etmek için pratik bir yaklaşım olarak denge dışı kuantum termodinamiğine vurgu yaparak sona erer. Bu amaçla, entropi ve serbest enerji gibi denge kavramlarının majorizasyon tabanlı genelleştirilmelerini tanıtır. Bu vurgu, yaşayan sistemlerin çevreleriyle termal dengeye gelmemek için sürekli enerji harcamasıyla ilgilidir. 3. Kuantum Biyosistemler: Bu bölüm, önceki bölümlerde kazanılan bilgi ve becerilerin etkili bir şekilde uygulandığı yerdir. Artan karmaşıklıktaki altı özel biyosistemi analiz etmek için ilinti ölçüleri, master denklemleri ve termo-majorizasyon kriterleri gibi çeşitli matematiksel araçlar kullanılır. Bu altı biyosistem, enzim katalizi, koku alma, manyetik duyum, görme, fotosentez ve bilişselliği içerir.
Dersin Öğrenme Çıktıları (ÖÇ):	• **1-** Kimyasal bağların doğası ve moleküllerin yapısına dair temel bilgilere vakıf olmak. • **2-** Kuantum enformasyon teorisinin moleküler biyolojideki uygulamalarına dair temel bir fikre sahip olmak. • **3-** İlintilerin miktarını ölçebilir ve tekil sistemlerin açık kuantum dinamiğini modelleyebilir hal gelmek. • **4-** Eşevresizlik ve termalizasyon süreçleri hakkında gerekli bilgilere vakıf olmak. • **5-** Kuantum biyoloji alanında yayınlanmış araştırma makalelerini eleştirel bir şekilde değerlendirebilir hale gelmek. • **6-** Kuantum biyoloji alanında mantıklı araştırma soruları formüle edebilir hale gelmek. • **7-** Biyomoleküler süreçlerdeki kuantum etkileri hakkında temel bilgilere vakıf olmak.

Dersin Öğrenme Yöntem ve Teknikleri	Ödevler: Dersin ilk sekiz haftasında iki haftada bir verilecek olan ödevler ile öğrencilerin kuantum biyoloji alanında yayınlanmış bir araştırma makalesini okuyup anlayabileceği bir düzeye getirilmesi hedeflenmektedir. Sunumlar: Her öğrenci, bireysel olarak veya bir grup olarak, kuantum biyoloji alanındaki farklı bir araştırma makalesini seçecektir. Son altı hafta boyunca farklı bir öğrenci veya grup, atanan materyali sunacak, dersi veren eğitmen ise ek bilgiler ve yorumlar sunacaktır. Aktif Katılım: Yoklama değil, sınıf içi tartışmalar. Özellikle de diğer öğrencilerin sunumları sonrasındaki tartışmalara katılım. Son Raporlar: Öğrenciler, dersin ilk sekiz haftasındaki edinimleri bağlamında sundukları araştırma makalesinin eleştirel bir değerlendirmesini rapor olarak yazmak zorundadır. İleri derecede iyi hazırlanan raporların dersin sona ermesinin ardından bağımsız bir araştırma projesine dönüştürülmesi hedeflenmektedir.

HAFTALIK PROGRAM

Hafta	Konular	Ön Hazırlık
1	Bir kuantum süperpozisyon olgusu olarak kimyasal bağlar: melez atomik orbitaller vs moleküler orbitaller, rezonans vs konfigürasyon etkileşimi	Ders kitabı 1 ve derleme makale 1'den ilgili bölümlerin okunması
2	Biyomoleküllerin yapı ve işlevlerinde kuantum süperpozisyonun rolü: su, protein, enzim ve DNA moleküllerinde kovalent vs hidrojen bağları	Ders kitabı 1 ve derleme makale 2'den ilgili bölümlerin okunması
3	Kuantum süperpozisyon sayesinde kuantum olasılıklarının bağlamsallığı: ölçümün durum vektörü vs yoğunluk matrisi üzerindeki etkisi	Ders kitabı 2 ve derleme makale 3'ten ilgili bölümlerin okunması
4	Farklı sistemler arasında paylaşılan kuantum süperpozisyonun miktar tayini: kuantum dolaşıklık, kuantum uyuşmazlık, klasik ilintiler	Ders kitabı 2 ve derleme makale 4'ten ilgili bölümlerin okunması
5	Açık kuantum sistemlerinde kuantum süperpozisyonun kırılganlığı: intra- vs inter-moleküler etkileşimlerle eşevresizlik vs termalizasyon	Ders kitapları 2 & 3 ve derleme makale 5'ten ilgili bölümlerin okunması
6	Kuantum çarpışma modelleriyle tarif edilen açık sistem kuantum dinamikleri: Markovian vs non-Markovian moleküler süreçlerde çevrenin hafızası	Ders kitapları 2 & 3 ve derleme makale 6'dan ilgili bölümlerin okunması
7	Kuantum master denklemleriyle tarif edilen açık sistem kuantum dinamikleri: moleküler banyolarla bilgi vs enerji değiş-tokuşu	Ders kitapları 2 & 3 ve derleme makale 7'den ilgili bölümlerin okunması
8	Tekil sistemlerin dengeden uzak kuantum termodinamiği: entropi vs serbest enerjinin majorizasyon tabanlı genelleştirilmeleri	Ders kitapları 2 & 3 ve derleme makale 8'den ilgili bölümlerin okunması
9	Enzim katalizi ve DNA replikasyonundaki kuantum etkiler	Ders kitabı 4'ten ilgili bölümlerin ve seçilen araştırma makalesinin okunması
10	Moleküler tanıma ve koku duyusunda kuantum etkiler	Ders kitabı 4'ten ilgili bölümlerin ve seçilen araştırma makalesinin okunması
11	Işığa duyarlı radikal çifti mekanizması ve manyetik duyumunda kuantum etkiler	Ders kitabı 4'ten ilgili bölümlerin ve seçilen araştırma makalesinin okunması
12	Fotoizomerizasyon ve görme duyusunda kuantum etkiler	Ders kitabı 4'ten ilgili bölümlerin ve seçilen araştırma makalesinin okunması
13	Biyolojik enerji taşınımı ve fotosentezde kuantum etkiler	Ders kitabı 4'ten ilgili bölümlerin ve seçilen araştırma makalesinin okunması
14	Biliş ve karar verme süreçlerinde kuantum etkiler	Ders kitabı 4'ten ilgili bölümlerin ve seçilen araştırma makalesinin okunması

Kadir Has Üniversitesi'nde bir dönem 14 haftadır, 15. ve 16. hafta sınav haftalarıdır.

ZORUNLU ve ÖNERİLEN OKUMALAR

1. The Nature of the Chemical Bond, Edition: 2 (ISBN: 9783527252176)
Yazar: Pauling, L.
Yayıncı: Cornell University Press (Year: 1960)
Malzeme türü: Önerilen
2. Quantum Computation and Quantum Information, Edition: 10 (ISBN: 978-1107002173)
Yazar: Nielsen, M., & Chuang, I.
Yayıncı: Cambridge University Press (Year: 2010)
Malzeme türü: Önerilen
Ek notlar: (Bölümler 2.1 – 2.4 & 8)
3. The Theory of Open Quantum Systems, Edition: 1 (ISBN: 978-0198520634)
Yazar: Breuer, H., & Petruccione, F.
Yayıncı: Oxford University Press (Year: 2002)
Malzeme türü: Önerilen
Ek notlar: (Bölümler 3 & 4)
4. Quantum Effects in Biology, Edition: 1 (ISBN: 978-1-107-01080-2)
Yazar: Mohseni, M., vd.
Yayıncı: Cambridge University Press (Year: 2014)
Malzeme türü: Önerilen

DİĞER KAYNAKLAR

1. F.A. Weinhold. (1999). Chemical Bonding as a Superposition Phenomenon. J. Chem. Edu. 76, 1141. (doi: 10.1021/ed076p1141)
2. F. Weinhold and R.A. Klein. (2014). What is a hydrogen bond? Resonance covalency in the supramolecular domain. Chem. Educ. Res. Pract.15, 276. (doi: 10.1039/c4rp00030g)
3. M.P. Mueller. (2021). Probabilistic theories and reconstructions of quantum theory. SciPost Phys. Lect. Notes 28. (doi: 10.21468/SciPostPhysLectNotes.28)
4. G. Adesso et al. (2016). Measures and applications of quantum correlations, J. Phys. A: Math. Theor. 49(47), 473001. (doi: 10.1088/1751-8113/49/47/473001)
5. W.H. Zurek (2003). Decoherence, einselection, and the quantum origins of the classical. Rev. Mod. Phys. 75, 715. (doi: 10.1103/RevModPhys.75.715)
6. F. Ciccarello, S. Lorenzo, V. Giovannetti, and G. M. Palma (2022). Quantum collision models: Open system dynamics from repeated interactions. Physics Reports 954, 1. (doi: 10.1016/j.physrep.2022.01.001)
7. M. Cattaneo et al. (2019). Local versus global master equation with common and separate baths. New J. Phys. 21 113045. (doi: 10.1088/1367-2630/ab54ac)
8. M. Lostaglio (2019). An introductory review of the resource theory approach to thermodynamics. Rep. Prog. Phys. 82, 114001. (doi: 10.1088/1361-6633/ab46e5)

DEĞERLENDİRME SİSTEMİ

Yarıyıl İçi Çalışmaları	Sayı	Katkı Payı (%)
Katılım	14	10
Proje	1	25
Ödev	4	40
Sunum/Jüri	1	25
Total:	**20**	**100**

İŞ YÜKÜ HESAPLAMASI

Etkinlikler	Sayısı	Süresi (saat)	Toplam İş Yükü (saat)
Ders Saati	14	3	42
Proje	1	15	15
Ödev	4	12	48
Sunum/Jüriye Hazırlık	1	20	20
Toplam İş Yükü (saat):			**125**

1 AKTS = 25 saatlik iş yükü

PROGRAM YETERLİLİKLERİ (PY) ve ÖĞRENME ÇIKTILARI (ÖÇ) İLİŞKİSİ

#	PY1	PY2	PY3	PY4	PY5	PY6	PY7	PY8	PY9	PY10	PY11
OC1											
OC2											
OC3											
OC4											
OC5											
OC6											
OC7											

Katkı Düzeyi: 1 Düşük, 2 Orta, 3 Yüksek