

Kuantum Mantığı

Dağılımsallık ve Önermelerin Cebirsel Yapısı

Hatice KIRMACI

eski
yeni



FCR YAYIN LTD.

Genel Yayın No | General Publication Number: 2020

FCR Sertifika no | Certificate Number: 46550

ISNI: 0000 0004 4657 1968

ROR ID: ror.org/00zznvq98

Alt Marka | Imprint: Eskiye

Yayın No | Publication Number: 448

Kitap Adı : Kuantum Mantığı

Alt başlık : Dağılımsallık ve Önermelerin Cebirsel Yapısı

Book Title : Quantum Logic

Subtitle : Distributivity and the Algebraic Structure of Propositions

ISBN : 978-625-8596-62-5

DOI : doi.org/10.70458/fcr.9786258596625

Yazar | Author: Hatice Kırmacı | orcid.org/0000-0002-2742-1855

Kurum | Institution: Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

ROR ID: ror.org/03gn5cg19

Yayın Türü | Publication Type: Kitap | Book – Monograph

Yayın Dili | Language: Türkçe | Turkish

Ebat | Dimensions: 13,5 x 21 cm

Baskı Sayısı | Edition: 1

Sayfa Sayısı | Pages: 123 (xiv+109)

Yayın Tarihi | Publication Date: Eylül | September 2026

Yayın Yeri | Place of Publication: Ankara, Türkiye

Mizanpaj ve Kapak | Layout and Cover Design: FCR

Baskı ve Cilt | Printing and Binding: NY MATBAACILIK (Sertifika no: 50732)

Konu Kategorisi | Subject Categories

BIC: PBCD - Matematiksel mantık | Mathematical logic

BISAC: MAT018000 - Matematik / Mantık | Mathematics / Logic

THEMA: PBCD - Matematiksel mantık | Mathematical logic

LC Classification: QC174.17.M35 - Kuantum mantığı – Kuantum teorisi | Quantum logic – Quantum theory

DEWEY: 530.12015113 - Kuantum teorisi – matematiksel mantık | Quantum theory – mathematical logic

WoS Category: WC=Logic - Mantık | Logic

WoS Citation Topics Meso: 10.126 - Felsefe | Philosophy

WoS Citation Topics Micro: 10.126.1568 - Bilim felsefesi | Philosophy of Science

Scopus Subject Areas: 2609 - Mantık | Logic

Atf Bilgisi | Cite as: Kırmacı, Hatice. *Kuantum Mantığı: Dağılımsallık ve Önermelerin Cebirsel Yapısı*. FCR Yayın Ltd.-Fecr, 2026.

© Tüm hakları saklıdır | All rights reserved: FCR YAYIN LTD.



Hacı Bayram Mah. Boyacılar Sk. No: 14/1 06050
Altındağ-Ankara/TÜRKİYE • Tel: +90 (312) 310 08 60
www.fcr.com.tr • fcr@fcr.com.tr

Kuantum Mantığı

Dağılımsallık ve Önermelerin Cebirsel Yapısı

Hatice KIRMACI

Ankara 2026

Yazar Hakkında | About The Author

Hatice KIRMACI

2006 yılında Hatice Kırmacı, École Centrale de Marseille'den mezun oldu. Aynı yıl optik ve görüntü işleme alanında çift anadal yüksek lisans programını tamamladı. Fransa'daki eğitim sürecinde elektromanyetik mühendislik biriminde, rasathanede ve parçacık fiziği laboratuvarında staj yaptı. 2013 yılında Ankara Üniversitesi İlahiyat Fakültesinde Uluslararası İlahiyat programını birincilikle tamamladı. 2016-2017 yılları arasında Aix-Marseille Üniversitesi kütüphanesinde, Gilles-Gaston Granger Louis Guillermit adlı felsefe araştırma merkezinde TÜBİTAK BİDEB desteği ile araştırmalarda bulundu. 2017 yılında Aix-Marseille Üniversitesi Felsefe Bölümü Epistemoloji ve Analitik Felsefe anabilim dalında yüksek lisans eğitimini tamamladı. 2021 yılında, "Kategoriler Sorunu: Immanuel Kant ve Charles Sanders Peirce Felsefeleri Ekseninde" başlıklı çalışmasıyla doktora derecesini aldı. 2022 yılında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İlahiyat Fakültesine Doktora Öğretim Üyesi olarak atandı ve hâlihazırda aynı fakültede görevine devam etmektedir. Güncel çalışmaları mantık ve kuantum mantığı üzerinedir.

In 2006, Hatice KIRMACI graduated from the École Centrale de Marseille. In the same year, she completed a Master's degree with a double specialisation in optics and image processing. During her studies in France, she undertook work placements in the Department of Electromagnetic Engineering, at the astronomical observatory and at the particle physics laboratory. In 2013, she graduated from the International Theology programme at the Faculty of Theology, Ankara University, where she finished top of her year. Between 2016 and 2017, she carried out research at the University of Aix-Marseille library, at the Gilles-Gaston Granger Louis Guillermit Centre for Philosophical Research, thanks to a TÜBİTAK Bideb scholarship. In 2017, she obtained her Master's degree from the Department of Philosophy at the University of Aix-Marseille, specialising in Epistemology and Analytic Philosophy. In 2021, she was awarded her PhD with a thesis entitled "The categories problem in I. Kant and Charles S. Peirce's philosophies". In 2022, she was appointed senior lecturer at the Faculty of Theology at Sütçü İmam University in Kahramanmaraş, where she continues to hold this post. Her current research focuses on logic and quantum logic.

Kitap Hakkında

Kuantum Mantığı

Dağılımsallık ve Önermelerin Cebirsel Yapısı

Birçok atom altı ölçeğindeki parçacıklar gibi, elektronun hangi koşullarda parçacık ya da dalga gibi davrandığı, araştırılma konusu olmaya devam etmektedir. Atom altı ölçeğinde böyle bir nesnenin davranışını betimleyen önermelerin, belirli bir form içerisinde düzenlenmesi ve aralarındaki bağıntıların tutarlı bir şekilde inşa edilmesi için uygun bir mantığa ihtiyaç duyulmuştur. Kuantum mekaniğinin bir yorumu sayılabilecek kuantum mantığı, böyle bir gereksinimle ortaya çıkmıştır. Klasik mekanikteki bir sistemin durum ve özellikleri Boole cebirine dayanan klasik mantığın önermeleri ile betimlenmektedir. Kuantum mekaniğinde ise ölçülen büyüklükleri temsil eden operatörlerin komüte etmemesi, kuantum olgularının klasik mantığın önermeleri ile betimlenemeyeceğini göstermiştir. Kuantum olgularını betimleyen önermelere uygun bir formalizasyon zemini gerekmektedir. Araştırmamızda klasik mantık ile kuantum mantığı arasındaki çeşitli farklılıklara dikkat çekilerek, dağılımsallık (distributivity) özelliği incelenmekte ve kuantum mantığının hangi cebirsel yapıya uygun olabileceği Birkhoff ve von Neumann açısından ele alınmaktadır. Araştırmamızda, herhangi bir deneysel önermeye mantıksal olarak eşdeğer olan tüm deneysel önermelerin *fiziksel bir nitelik olduğunu* iddia edebilmek için, ölçülen büyüklüklere karşılık gelen operatörlerin birbirleriyle yer değiştirebilmesi (komüte etmesi) gerektiğini tespit ettik. Boole cebiri, klasik mantığı formelleştirmeye imkân veren bir cebirsel yapıya sahiptir. Böyle bir cebirde, dağılımsallık özelliği sağlanmaktadır; böylece klasik mantık için dağılımsallık özelliği sorun teşkil etmemektedir. Sonuç olarak dağılımsallık özelliğinin kuantum mantığında her zaman geçerli olmadığını; kuantum sistemlerinin Hilbert uzayının kapalı alt uzaylarıyla ilişkili ortomodüler kafesler sayesinde modelize edilebileceğini tespit etmiş bulunuyoruz. Kanaatimiz, söz konusu modelin yeni kuantum olgularının keşfiyle birlikte gelişmesi gerektiği ve bu gelişime elverişli bir zemin oluşturduğu yönündedir.

Anahtar kelimeler: Kuantum mantığı; dağılımsallık; kısmi sıralı kümeler (posets); kafes; ortomodüler kafes; Hilbert uzayı; Boole cebiri.

About the Book

Quantum Logic

Distributivity And The Algebraic Structure Of Propositions

As with many subatomic particles, the question of under what conditions the electron behaves as a particle or as a wave continues to be the subject of research. It was necessary to employ appropriate logic to organise the propositions describing the behaviour of such an object at the subatomic scale into a precise form and to establish coherent relationships between them. Quantum logic, which can be regarded as an interpretation of quantum mechanics, arose from this need. In classical mechanics, the state and properties of a system are described using the propositions of classical logic, which is based on Boolean algebra. In quantum mechanics, however, the fact that the operators representing the measured quantities do not commute has shown that quantum phenomena cannot be described using the propositions of classical logic. It is therefore necessary to have a formal framework suited to the propositions describing quantum phenomena. In our study, we highlight the various differences between classical logic and quantum logic, examine the distributive property and discuss, from the perspective of Birkhoff and von Neumann, the algebraic structure to which quantum logic might correspond. At the conclusion of our research, we find that, in order to assert that all experimental propositions logically equivalent to a given experimental proposition constitute a physical property, the operators corresponding to the measured quantities must commute with one another. Boolean algebra has an algebraic structure that allows classical logic to be formalised. In such algebra, the distributive property holds; thus, distributivity does not pose a problem for classical logic. Consequently, the distributive property does not always hold in quantum logic and quantum systems can be modelled using orthomodular lattices associated with closed subspaces of Hilbert space. We believe that this model must evolve in parallel with the discovery of new quantum phenomena and that it provides a framework conducive to this evolution.

Keywords: Quantum logic; distributivity; partially order sets (posets); lattice; orthomodular lattice; Hilbert space; Boolean algebra.

ÖN SÖZ

Kuantum mekaniği ile tanışmam mühendislik eğitimim döneminde vuku buldu. *Sonsuz* küçüklüklerin dünyasıyla ilgili merakım her ne kadar çok daha erken olsa da o yıllarda bu alanla ilgili aldığım eğitim sürecinde genel mühendisliğin, matematiğin, mantığın, fiziğin daha sonra felsefenin ve ilahiyatın çeşitli problemleri birçok zaviyeden ele alma yeteneğimi etkide bulundu. Çok büyük gökyüzü kadar çok küçük atom altı dünyası da hayran olunmaya değer.

Bu kitabı, kuantum mekaniğine uygun matematiksel bir model çerçevesini araştırmak ve bu alandaki sistemleri betimleyen kuantum mantığını irdelemek için kaleme aldım.

Süreç boyunca manevi ve daimî destekleri için saygıdeğer Prof. Dr. Gürbüz Deniz hocama ve kıymetli aileme içtenlikle teşekkür ederim.

Kahramanmaraş, 2026

İÇİNDEKİLER

ÖN SÖZ	vii
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
GİRİŞ	1
Kuantum Mantığının Orijini	5
Feynman'ın Teorik Deneyleri	11
Klasik Mantıkta Konjonksiyon ve Disjonksiyon	24
Klasik Mantıkta Konjonksiyon Bağlacı	25
Klasik Mantıkta Disjonksiyon Bağlacı	25
Kuantum Mantığı ve Operatörler	27
Kuantum Mantığında Konjonksiyon (“ve”) Operatörü	28
Kuantum Mantığında Disjonksiyon (“veya”) Operatörü	30
Klasik Mantıkta Dağılımsallık	34
Klasik Mantık ve Sistem Özellikleri	37
Klasik Dinamik ve Faz Uzayı	37
Klasik ve Basit Bir Sistemin Özellikleri ve Boole Cebiri	37
Klasik Mekanığı Betimleyen Önermeler ve Boole Cebiri	44
Kuantum Mantığı ve Sistem Özelliği	47
Kuantum Mekanığında Sistem Durumu	48
Kuantum Mantığında Sistem Özellikleri ve Süperpozisyon	49

Kuantum Mantığı ve Dağılımsallık - Gözlemlenebilirlerden	
Mantıksal Önermeye	52
Boole Cebirinin Bazı Özellikleri	52
Kısmi Boole Cebirleri	53
Kuantum Mantığı ve Hilbert Uzayı	55
Gözlemlenebilirler ve Hermisyon Operatörler	56
Kuantum Durumu, Projektörler ve Önergeler	59
Kuantum Sisteminin Serbestlik Derecesi ve Faz Uzayı: Gözlem	
Uzayından Deneysel Önermeye	62
 Kuantum Mekanığı ve Mantığı: Cebirsel Yaklaşım- Kafesler ve	
Kısmi Sıralı Kafesler	67
Kuantum Mekanığında Ölçme ve Kafesler	68
Kısmi Sıralı Kümeler (Posets), Kafesler ve Ortomodüler	
Özdeşlik	69
 Kuantum Mantığında Dağılımsallık Sorunu ve Matematiksel	
Model Yapılar Olarak Kısmi Sıralı Kümeler (Posets) ve	
Kafesler (Lattices) - Birkhoff ve von Neumann'ın Yaklaşımı	78
 Kuantum Mantığında Dağılımsallık Sorunu	87
 SONUÇ	95
KAYNAKÇA	103
DİZİN	107

KISALTMALAR

Bkz.	: Bakınız
s.	: Sayfa
ss.	: Sayfa aralığı
c.	: Cilt
çev.	: Çeviren
ed.	: Editör veya editörler
<i>et. al.</i>	: “ve diğeri”, “ve diğerleri” anlamlarıyla, birden fazla yazarın olduğunu ifade etmek için kullanılmıştır.

SEMBOLLER

$\subset :$	Alt küme sembolüdür. Sembolün solundaki küme sağdaki kümeden küçüktür. Sembolün solundaki kümenin tüm elemanları, (dar anlamda) sağdaki kümenin elemanlarından olduğunu belirtmektedir.
$\supset :$	Kapsama sembolüdür. Sembolün solundaki kümenin tüm elemanlarının, sağdaki kümenin elemanlarını (dar anlamda) kapsadığını belirtmektedir.
$\cap$	Kümeler teorisinde kümelerin kesişimini, kuantum mantığında ise kesişimi (join) ifade etmektedir.
$\cup$	Kümeler teorisinde, kümelerin birleşimini ifade etmektedir.
$\bar{}$ (üst çizgi)	Bir kümenin tümleyenini ifade etmektedir.
$\wedge$ (&)	Boole cebiri temelli klasik mantıkta konjunksiyon (“ve”/tümel evetleme) sembolüdür. Kuantum mantığında, özellikle önermesel çerçevede “kesişim (meet)” işlemini temsil etmektedir.
$\vee$	Boole cebiri temelli klasik mantıkta disjunksiyon (“veya”/tikel evetleme) sembolüdür. Kuantum mantığında, özellikle önermesel çerçevede “birleşim (join)” işlemini temsil etmektedir.
$\neg$	Bir önermenin değillenmesini (negasyonunu) ifade eden semboldür.
$\top$	Totolojiyi (ispat edilmesi gerekli olmayan açık doğru) temsil etmektedir.

$\perp$	Çelişik anlamını veya “yanlış” değerini temsil etmektedir.
$\Leftrightarrow$ veya $\leftrightarrow$	Özdeşliği ifade etmektedir. Sembolün sağındaki ifade solundaki ifadeyi gerektirmektedir; yine sembolün solundaki ifade sağındaki ifadeyi gerektirmektedir. Önermenin iki yönlü sağlandığını belirtmektedir (if and only if).
$\nleftrightarrow$	Sembolün solundaki ifade ile sağındaki ifade birbirlerini “gerektirmez” anlamını ifade eden semboldür.
$\rightarrow$	“İse” anlamındaki semboldür ve iki önerme arasında koşullu bir bağıntı kurmaktadır. Sembolün solundaki önerme öncül, sağındaki önerme ise sonuçtur. Sembolün sağındaki önerme, solundaki önermenin koşullu sonucudur.
$\models$	Semantik sonucu veya içeriksel bir çıkarımı ifade eden semboldür. Sembolün solunda öncüller yer alırken, sağındaki semantik bir sonuçtur.
$\neq$	Matematiksel olarak sembolün sağındaki ve solundaki terimlerin eşit olmadığını ifade etmektedir.
$\Box$ veya 1	Birkhoff ve von Neumann’ın kullandığı şekliyle incelenen sistemin mevcut olduğuna dair önermeyi; yine “apaçık doğrudur” önermesini, tolojiyi sembolize etmektedir.
$\odot$	Birkhoff ve von Neumann’ın kullandığı şekliyle incelenen sistemin mevcut olmadığına dair önermeyi; yine önermenin çelişik (tamamen yanlış/”absürt” olduğunu) ifade etmektedir.

GİRİŞ

Makro ölçekteki klasik mekanikte¹ bir sistemin betimlenmesinin önkoşulu, deneysel olarak sisteme dair özelliklerin ortaya çıkmasıyla mümkün olmaktadır. Klasik mekanikteki ölçme ediminde, genel olarak ölçülenin ölçen ve ölçüyü sağlayan alet tarafından “pertürbe” edilmediği (bozulmadığı) varsayılmaktadır. Bir başka ifade ile fiziğin klasik teorilerinde ölçme cihazlarının ölçülen üzerine olan etkileri dikkate alınmayabilmektedir.

Kuantum mekaniğinde incelenen nesne veya sistem, atom altı ölçeğindedir. Söz konusu mekanikte, ölçme edimi bir sorunsal teşkil etmektedir. Çünkü kuantum mekaniğinde, ölçme aletlerinin ölçülen üzerine olan etkisi azımsanmayacak önemde olduğundan, dikkate alınması elzemdir. Dalga mekaniğinin tam anlaşılması, belirlenmiş bir teori çerçevesinde akıl yürüterek elde edilebilmektedir. Kuantum çalışmalarında birçok teori dikkate alınmış, bunlardan belirlenmiş teorilerin yanı sıra belirlenmemiş teorilerin de hesaba katılarak kuantum fiziğinin daha kapsamlı bir şekilde anlaşılması umulmaktadır.² Bu nedenle kuantum fiziğinde Aristoteles’in mantığından veya Khrysippos’un mantığının-

¹ Çalışmamızda yer yer “mekanik” ve “fizik” terimleri yakın bir anlamda kullanılmaktadır. Kastedilen fiziksel bir sistemin çeşitli özellikleridir. Bizim için asıl önemli olan, atom üstü ölçek veya gözle algılanan ölçek ile atom altı ölçeğindeki farktır.

² Paulette Destouches-Février, *La structure des théories physiques* (Paris: Presses Universitaire de France, 1951), 1.

dan farklı bir mantığın üretilmesi bir gereksinim olarak ortaya çıkmıştır.

Anlaşılan ölçme sorunu kaynaklı klasik mekanik ile kuantum mekaniği arasında önemli farklılıklar mevcuttur. Kuantum mekaniği klasik mekaniğin bir incelenmesinden (quantification) daha farklı olduğunu anlamak gerekmektedir. Daha açık bir ifade ile, klasik mekanikte bir sistemin durumu, makroskobik nitelikteki denklemlerle öngörebilse de söz konusu denklemler, makroskobik sistemin bölünerek her bir sonsuz küçük (infinitesimal) boyuttaki parçasına uygulanamamakta ve bir kuantum sisteminin seyri bu şekilde aynı denklemlerle elde edilememektedir.

Yine makroskobik bir sistem ile kuantum sistemine ilişkin ontolojik ve epistemolojik yaklaşımlar oldukça farklıdır. Özellikle bir kuantum sistemine dolayimli bir yaklaşımla elde edilen bilgi, varsayılan çerçeveye göre ya olası ya da belirli kabul edilmektedir.

Kuantum sistemi çerçevesinde incelenebilecek parçacıklardan birisi, elektrondur. Var olanların temellerinden birini oluşturan elektronun bir parçacık mı yoksa dalga mı olduğu araştırılmaya devam etmektedir. Parçacığın doğasının ne olduğu belirlenemediğinde ise, ona ilişkin daha uygun betimlemeler sağlayabilecek önermeler ağının oluşturulması bir gereksinimdir. Böylece elektronun parçacık veya dalga olabilmesine ilişkin sorun, kuantum mantığının kaynağı olabileceği de söylenebilir. Feynman'ın deneyinden de anlaşılabilceği gibi elektron, nereden geçtiği tespit edilmediğine bağlı olarak farklı davranışlar sergileyebilmektedir.

Klasik mekanikte sisteme dair ölçüm pertürbasyonları (bozulmaları) kuantum mekaniğine göre azımsanacak nice-likte olduğundan, klasik mekanikteki bir sistemin durum ve özellikleri klasik mantığın önermeleri sayesinde betimlenmektedir. Çalışmamızda *klasik mantık* ifadesini, makro ölçekte incelenen bir sistemin, bir diğer ifadeyle klasik mekanikteki bir sistemin özelliklerini betimleyen iki değerli önermeleri, klasik mantıksal işlemleri içeren Aristoteles'in ve Stoacı (Khrysispos) mantık anlamında kullanmaktayız. Söz konusu klasik mantık, daha sonra George Boole tarafından, semboller ve matematiksel işlemler kullanılarak cebirsel bir şekilde geliştirilmiştir.

Klasik mekanikten farklı olarak kuantum mekaniğinde, atom altı ölçeğindeki nesneler hem parçacık hem de dalga gibi davranabilmektedir. Klasik mantıkta geçerli olan dağınılımsallık özelliği kuantum olgularını betimlemek için uygun bir çerçeve oluşturmamaktadır. Kuantum mantığı, kuantum mekaniğinin yorumlamalarından biri olarak kabul edilmektedir. Söz konusu mantık, kuantum sistemlerine ilişkin önermeler üzerinde bir akıl yürütme şeklidir. Bu tarz olguları betimleyen önermelere uygun bir cebirsel formalizasyon temeli aranmıştır.

Kuantum mantığında amaç, atom altı ölçekteki sistemlerin durum ve özelliklerinin yapısına uygun bir formalizasyon bulmaktır. Birkhoff ve von Neumann'ın ortaya koyduğu yapının, atom altı ölçekteki sistemler için bir çerçeve oluşturabileceği düşünülebilir.

Kuantum mantığı, kuantum sistemindeki durum ve özellikleri betimleyen önermeler mantığı olarak nitelenebilmektedir. Araştırmamızda klasik mantık ile kuantum

mantığı arasındaki çeşitli farklılıklara dikkat çekilmekte, dağılımsallık (distributivity) özelliği ele alınmakta ve söz konusu özelliğin kuantum mantığında sorun teşkil ettiğine vurgu yapılmaktadır. Yine kuantum mantığının nasıl bir cebirsel yapıya sahip olduğu Birkhoff ve von Neumann açısından ele alınmaktadır.