

# Yapay Zekâ Felsefesinin Kuantum Temelleri

## Quantum Basics of Artificial Intelligence Philosophy

Abdurrazak Gültekin

<sup>1</sup>Bingöl Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Felsefe Bölümü, Türkiye.

**Orcid:** A.Gültekin (0000-0003-4832-3258)

**Özet:** Kuantum fiziği ve Newton fiziğini konu ettiğimiz bu makalede yapay zekânın epistemolojik alt yapısını oluşturan bulanık mantığın gelişimiyle doğrudan ilişkili bilimsel faaliyetin Kuantum fiziği olduğu anlatılacaktır. Bulanık mantığın ilkeleriyle paralel olarak gelişen Kuantum fiziğinin çok değerliliği bilimsel kabul etmesi bu doğrultuda meydana gelen bilimsel faaliyetlerin yapay zekâ konusundaki etkileri anlatılacaktır. Bunun yanında kuantum fiziğinin karşı çıkmış olduğu Newton fiziğinin felsefi anlamda etkileri ve klasik mantığın ilkeleriyle paralel gelişimi betimsel olarak incelenecektir.

**Anahtar kelimeler:** Newton, Kuantum, Bulanık Mantık, Yapay Zekâ

**Abstract:** In this article, in which we discuss quantum philosophy and Newtonian philosophy, it will be explained that the scientific activity that directly affects the development of fuzzy logic, which forms the epistemological infrastructure of artificial intelligence, is quantum physics. Quantum physics, which developed in parallel with the principles of fuzzy logic, accepts polyvalence as scientific, and the effects of scientific activities on artificial intelligence will be explained. In addition, the philosophical effects of Newtonian physics against which quantum physics is opposed, and its parallel development with classical logic will be examined descriptively.

**Keywords:** Newton, Quantum, Fuzzy Logic, Artificial Intelligence

## I. Giriş

Tüm bilimsel faaliyetlerle ilişkili bir alan olan felsefenin bilimsel faaliyetler tarafından şekillendiği veya bilimsel faaliyetleri şekillendirdiği bilinmektedir. Bu bağlamda düşünüldüğünde felsefe ve bilim arasında karşılıklı etkileşim söz konusudur. Her ne kadar felsefenin fizik üzerine etkilerini konu alan çalışmalar az olsa da fizik ve felsefenin birbirleri üzerine karşılıklı etkileri birçok çalışmaya da konu olmuştur (Cushing, 2003). Çelebi (2010, 173) felsefe ve bilimin ortak konusunun “görünürler alemi” olduğunu belirtmektedir. Bu noktada bu iki alan arasındaki ilişkinin en açık örneğini astronomi bilgisi ile insanın anlamını konu alan felsefi faaliyetler arasında görmemiz mümkündür. Örneğin insanı konu alan felsefenin insan merkezli bir yönelimi, dönemin astronomik verilerine göre şekillendirmektedir. Çünkü Batlamyus’un dünya merkezli bir evren anlayışında evrenin merkezinde dünya vardır dünyanın içinde insan en önemli varlık olarak görülmektedir. Ancak zaman sonra insanın evren içindeki önemini kaybettirecek önemli bir devrim gerçekleşmiş Kopernik Güneş merkezli bir evren anlayışı önermiştir. Bu bilimsel devrim sonucunda insa-

nı konu edinen felsefi sistemler dönüşmüş insan doğanın diğer parçaları gibi bir parça konumuna gelmiştir. Hatta Spinoza bu konuda insana hükümlanlık içinde bir hükümlanlık vermenin doğru olmayacağını belirtmiştir. O bu konuyu şu şekilde açıklamaktadır: “sanki Tabiat-taki bir saltanat içinde başka bir saltanat gözü ile bakmışlardır: Zira onlar insanın Tabiat düzenine bağlı olmak şöyle dursun onu bozduğunu, aksiyonları (etkileri) üzerinde mutlak bir gücü olduğunu ve kendisini ancak kendi kendisiyle gerektirdiğini zannederler” (Spinoza B. d., 2006, s. 129). Bilimsel faaliyetlerin düşünme sistemini değiştirdiği bir başka olayı fizik alanında görmemiz mümkündür. Newton’un iki değerli fiziği, mekanik anlamda hareket etmenin, dışarıdan bir güce durmanın da yine dışarıdan bir enerjiye ihtiyaç duyduğuna yönelik yaklaşım klasik mantığın iki değerli oluşuyla doğrudan ilişkilidir. Belirlenimciliğin hâkim olduğu Newton fiziğinden belirlenimi reddeden kuantum fiziğe geçiş olmuştur. Kuantum mekaniğini Newton gibi kesin yargıların aksine çok değerliliğin bilimsel olduğuna dair yaklaşımı bulanık mantığın ilkeleriyle doğrudan ilişkili gibi görünmektedir.

## 2. Klasik Fiziğin Tarihsel Seyri

Genel olarak mekanik, manyetizma, elektrik, optik ve titreşim, dalga vb. doğa olaylarının gizemini ve kurallarını dönemin şartları ve bilgi birikimine uygun bir şekilde deşifre etmeye çalışmış olan fiziğe klasik fizik adı verilmektedir (Ersoy, 2012, s. 47).

Klasik fizik kavramı Einstein, Heisenberg, Schrödinger Born vb. fizikçilerin 20. yüzyılın başlarından ortaya koymaya çalıştıkları ve birlikte katkı sağladıkları Kuantum mekaniğinden önceki fiziği ifade etmek için kullanılmaktadır. Klasik fizik gelişimi 3 aşamada incelenmektedir. Bu dönemlerden birincisi Newton'un *Principia* adlı eseri ile başlayan Newton dinamiğinin hâkim olduğu dönemdir bu dönemde evren Newton kurallarıyla incelenmektedir. Bu kurallara göre elektrik, manyetik ve kütleçekim alanları bulunmaktadır ancak bunlar maddesel parçacık olarak değil onları tanımlarken ortaya çıkan matematiksel yardımcıları olarak görülmektedir. İkinci dönem Michael Faraday'ı hareketli bobinler, mıknatıslar vb. buluşları elektriksel ve manyetik alanların fiziksel nicelik olduğunu kanıtlamıştır. Bu iddiaya göre bir elektrik yükünün çevresinde elektrik alanı, manyetik bir cismin de çevresinde manyetik alan kütleli bir cismin çevresinde de kütle çekim alanı bulunmaktadır. Bu dönem aynı zamanda James Clerk Maxwell elektrik ve manyetik alanların dalga denklemleri bulunduğu dönemdir. Üçüncü dönem Einstein'ın özel ve genel görelilik kavramları üzerinden şekillendiği dönem olarak bilinmektedir. Einstein sabit bir hızla giden sistemin hareket edip etmediğine dair Galilei'nin düşüncesine karşı çıkmıştır. Galilei'e göre denizde sabit hızla giden bir geminin hareketini kamaradaki kişi anlamayacaktır. Einstein bu genel görelilikle ilgili kısmına karşı çıkmaktadır. Çünkü Newton-Galilei mekaniğinin denklemleri ışık hızına göre çok küçük ortamlarda denendiğinden hareketli olan sistemlerde uyumsuzluk çok düşük düzeyde yaşanmaktadır hatta fark edilmemektedir. Einstein'a göre Maxwell'in elektrik ve manyetik denklemlerinin ışık hızı göz önüne alınarak üretildiği için böyle bir uyumsuzluk söz konusu değildir. Bu durumda Einstein'a göre Galilei-Newton yasalarının Maxwell denklemine göre değişmesi gerekmektedir. O 1908 yılında hocasının kullanmış olduğu uzay-zaman kavramlarını da alarak görelilik kuramını ifade etmiştir (Kayaönü, 2000, s. 62-63).

Kuantum mekaniği söz konusu dönemden sonra ortaya çıkmıştır. Bu dönemde üretilen bilimsel faaliyetleri ayrı bir yöne sevk etmiştir. Kuantum mekaniğinin ortaya çıkmasıyla insan zihninin fiziksel yaklaşımlarla modellenmesi düşüncesi fikri oldukça güçlenmiştir ve bunların temellerinin de klasik fizikte bulunduğu görülmektedir.

Aristoteles, bilimsel faaliyetleri yüzyıllar boyunca etkisi altına alacağı bir evren modeli geliştirmiş ancak gelişen

ve değişen evren algısıyla, bu evren tasarımındaki birtakım soruların cevaplarının bulunmadığı fark edilmiş ve Aristoteles'in evren anlayışı nispeten terk edilmeye başlanmıştır. Newton bir kısmı kendisinden önce yaşamış, bir kısmı aynı dönemde yaşamış bilim insanlarından fikirlerinden yararlanarak hem evreni hem de evrendeki cisimlerin hareketlerini yeniden yorumlama gereği duymuştur. Ona göre evren büyük bir makine gibi çalışmaktadır ve determinist bir yapıda hareket etmektedir. Bu görüş Descartes'in evren anlayışından çıkarılabilmektedir o bu düşüncüyü Kepler'in matematiksel yöntemini ve gözlem verilerini kullanarak elde etmiştir. Doğayı açıklarken gözlem ve deney verilerini önceleyen Newton Aristoteles'in ereksellik fikrine karşı çıkmıştır. Galileo'nun değişimi, maddenin uzay ve zamandaki kütle ve hızı olarak tarif etmesi, deney ve gözlemin önemini arttırmaktadır. Oysa Aristoteles'e göre değişim bir tür amaç doğrultusunda gelişmektedir. Bu bağlamda düşünüldüğünde Newton'un deney ve gözlemi araştırmanın unsurları haline getirmesi, günümüz fizik anlayışının geliştirme noktasında klasik fiziğin önemini göstermektedir.

Çevremizde görebileceğimiz hareketli ve hareketsiz olmasına bakılmaksızın en ufak ve en büyük olan her türden cisimlerin, katı, sıvı, gaz halinde bulunan tüm formlarının tek tek veya grupça harekete geçiren veya hareketini durduran kuvveti, aralarındaki her türlü ilişkiyi makro ölçekte inceleyen klasik mekanik, fiziğin en önemli dalı olarak görülmektedir (Ersoy, 2012, s. 48). Bu durumda aslında Aristoteles fiziği klasik mekanik ile uyumaktadır. Çünkü ona göre fizik cisimlerin devinimini açıklamak için vardır. Ona göre "her devinen nesnenin 'bir şey' tarafından devinilmesi zorunlu, çünkü devinim ilkesini kendinde taşııyorsa başka bir şey tarafından devindirilecektir" (Aristoteles, 2001, s. 305). Bu durumda bütün hareketin bir neden sonuç bağlamında değerlendirilmesi gerekmektedir. Aristoteles'in hareket konusunu belirli bir nedensellik bağlamında kurulmuş olarak değerlendirecektir. Ona göre "var olanlardan hiçbirini ilineksel anlamda olmadıkça bir başka nesneyi rastgele etkilemez, rastgele herhangi bir nesneden de rastgele bir nesne oluşmaz" (Aristoteles, Fizik, 2001, s. 29). 18. yüzyılın en etkili filozoflarından olan İskoç Filozof Hume'un da doğal olayların nedensellik yasasına göre oluştuğunu belirtilmektedir. Hume, doğal olaylarını şu şekilde aktarmaktadır: "Doğal olaylar gerçekte insanın kendi bedeni ve dışsal objelerin küçük parçalarının tikel bir yapısı olup, sürekli bir mekanizma ile varlığa gelmektedirler. Başka bir deyişle nedensellik yasasıyla meydana gelen olgulardır" (Çelebi, 2011, s. 37; Çelebi, 2019, s. 497)

Nedensellik bağlamında Aristoteles'in fikirlerini eleştiren Galilei'e göre bilimin yöntemi matematik olmak zorundadır. Çünkü ona göre doğa matematiksel bir dille yazılmıştır. Galileo'ya göre "evren matematik dilinde ya-

zılmıştır ve harfleri üçgen, daire ve diğer geometrik figürlerden ibarettir, bunlar olmaksızın insan bir kelime bile anlayamaz” (Topdemir & Yinilmez, 2009, s. 139). Amaçsal nedeni bilmeyi bilimin işi olarak gören Aristoteles’e göre bilimin matematiksel olarak doğayı anlaması gerekmektedir.

Kendisinden önceki üretilmiş bilimsel bilgileri ve evren hakkındaki yorumları birleştirerek kendisinden sonraki insanları en az Aristoteles kadar etkileyecek bir isim olan Newton, yeni bir evren tasarımı ile bilimsel faaliyetlere yön vermiştir. Galileo’dan başka Newton’da Aristoteles’in fizik ve amaçlılık ilkesine karşı çıkmıştır. Newton fiziğe ait yasaların evrensel olduğunu düşünmüştür. O bu düşüncesiyle laboratuvarında üretilen yasaların evreni açıklamak için kullanılabilmesinin yolunu açmıştır. Newton’un yazmış olduğu *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* adlı eser deney ve matematiği birleştirmektedir (Gribbin, 2013, s. 32).

Newton hareketi Aristoteles’ten ayrı bir şekilde değerlendirmiştir. Ona göre cisimlerin hareketini yer çekimi kuvveti sağlamaktadır. Çekim kuvvetini de Tanrı yaratmıştır. Bunun yanında Newton’a göre Tanrı maddeyi sert, katı, devinimli ve nüfuz edilemez parçacıklar halinde yaratmıştır. Yer çekimi kuvveti her cisim birbirini, kütlelerinin çarpımıyla doğru, aralarındaki uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak çektiğini ifade etmektedir. Newton bu yasa ile gel-git olayları, gezegenler ve uyduların, kuyruklu yıldızların yörüngeleri açıklanmaktadır (Russell B. , 1973, s. 92).

Bilimsel gelişmeler Aristoteles’in ereksellik fikrinin değişmesine neden olmuştur. Aristoteles’ten Newton’a kadar gelen ereksellik fikri bilimsel alanın dışına itilmiş ve her şeyin sebep sonuç ilişkisi bağlamında açıklanabileceği düşüncesi ortaya çıkmıştır. Dünyanın bir ereği olabileceği düşüncesi insanlar arasında kabul görmüş olabilir ancak bunun bilimsel bir açıklamaya katılması düşünülmemektedir (Russell B. , 1973, s. 96).

Newton’un yeni fiziğinde 3 hareket kanunu bulunmaktadır. Ortaya koymuş olduğu üç hareket kanunu ile Newton, gezegenlerin ve yıldızların, dünyanın ve ayın, galaksilerin nasıl hareket ettiğini, cisimleri neden yere düştüğünü, evrendeki bütün cisimlerin birbirlerini etkilediğini ve neden çekim uyguladığını, sabit kuvvetle itilen bir cismin neden hızlandığını, gelgit olaylarının neden olduğunu, gibi yüzlerce olayı açıklamaya çalışmıştır (Ersoy, 2012, s. 44). Bunlardan birincisi “bir cismin dışarıdan uygulanan bir kuvvete maruz kalmadığı sürece, doğru bir çizgi boyunca sabit bir hızla hareket ettiğini ileri sürmektedir.” İkinci yasa “duran ya da sabit hızla hareket eden bir cisme uygulanan kesintisiz bir kuvvetin etkisi o cisme hız kazandırır.” Üçüncü yasa ise “bir cisim bir başka cisme bir kuvvet uygularsa, ikinci cismin birincisine eşit ve ters

bir tepki kuvveti uygulayacağını” ifade etmektedir (Newton, 1998, s. 79). Bu hareket yasaları evren hakkında Descartes’in mekanik evren görüşü ile Pisagor’un evreni sayılarla ifade eden görüşlerini birleştirmiştir. Newton’un mekanik görüşleri mekanik ile matematiği bir araya getirerek dünyanın hem işleyişini hem de onun içinde olan her şeyin hesaplanabilirliğini ortaya koymaktadır (Strathern, 1997, s. 42-44). Bu yönüyle hesaplanabilirlik fikri hem yapay zekânın zihinsel eylemlerin hesaplanabilir olup modellenmesine bir kaynaklık etmiştir hem de kuantum fikrine bir tür kapı aralamıştır.

Hesaplanabilir doğa düşüncesi ile evrende birbiri içine girmiş çok tuhaf yasaların olduğu düşünülmektedir. Matematik eğer kullanılmayacaksa bu yasaların bulunması mümkün değildir ve belirli bir mantıksal düşüncede bunların açıklanması da imkânsız gibi görünmektedir. Feynman’a göre olguların meydana gelişlerinin belirli sistemi bulunmaktadır. Akıl yürütmede, matematiğin ve istatistiğin kullanılmasında, genellenmenin değerlendirilmesinde, gözlem ve deneyin tekrarlanmasında ve duylarla veri elde edilirken aklın öğelerinden yararlanılmaktadır (Feynman, 2012, s. 52-56).

Bu bağlamda düşündüğünde doğa belirlenimci bir yapıya sahip olarak neden sonuç bağlamında anlaşılabilir ve hesaplanabilir bir alan olarak görülmektedir. Evren büyük bir mekanik sistem olarak görülmektedir. Doğada keşfedilmeyi bekleyen doğaya içkin olarak yasalar bulunmaktadır bu yasaların ortaya çıkarılması için nedensellik bağlarının çözülmesi gerekmektedir. Bu nedensellik bağı da hesaplanabilir matematiksel olarak ifade edilebilir bir formdadır. Neden ve sonuç bağlamının çözülmesi aynı zamanda insanlarda gelecek beklentisi ve gelecekte olacak şeyleri önceden kestirme imkânı sunmaktadır. Makro düzeyde yasalar kurarak aynı nedenler aynı sonuçları vereceği düşünülmektedir ve evrenin her yerinde geçerli yasalar ortaya çıkarılmaktadır. Doğa yasaları doğayı bir sınır içine sokmak anlamında değil onun dilinde yani matematiksel olarak onu anladığımızı göstermektedir. Çünkü Galileo onun dilinin matematik olduğunu ifade etmiştir.

Klasik fizik Newton’dan önce her ne kadar Tanrı’nın etkin ve onu evrenin işleyişine müdahale eden bir şey olarak anlamış olsa da Newton ile birlikte bu düşünce tamamen yıkılmış ve evren büyük bir makine gibi işleyen mekanik bir sisteme dönüşmüştür. Bir cismin konumu ve hızı tam olarak bilinirse gelecekteki durumu da tam olarak bilinebileceği fikri ile evren hakkında ön görüde bulunulacak bir duruma gelinmiştir. Bu durum zihinsel süreçleri de etkileyecek birtakım çalışmalara kapı aralamıştır çünkü zihnin bilişsel süreçleri önceden kestirilebilir bir durumda olmadığından bunların hesaplanabilir bir dile dönüştürülerek yapay zekâ alanına dâhil edilmesi beklenmektedir. İnsan zihni bir takım belirsizlik süreç-

leri yaşamaktadır ve her süreç doğadaki yasalar kadar neden sonuç ilişkisi ile açıklanabilecek kesinlikte değildir. Bu durumda zihinsel süreçlerin hesaplanabilir olduğu anlaşıldıktan sonra bunların çok değerlilik üzerinden kurgulanabileceği fikri geliştirilmiş ve bu da kuantum fiziği ile mümkün hale gelmiştir.

Buraya kadar Newton özelinde şekillendirdiğimiz klasik fizik hakkında genel bir perspektif sunmaya çalıştık bu fiziğin hem teknolojik gelişmelere hem de doğa anlayışımıza hem de düşünce yapımızı etkileri oldukça geniştir. Doğanın bütünlüklü yapısında nedensellik ilkesiyle determinizmin hâkim olduğu bir sistem gelişmiş felsefi olarak düşünce dünyamızda bilgi üretim aşamasında da determinist bir gelişim sağlanmıştır. Bu aşamada Aristoteles mantığı hala etkin bir şekilde kullanıldığı bilinmektedir onun ortaya koymuş olduğu iki değerli mantık sistemi geçerli bir sistem olarak görülmektedir. Klasik fiziğin doğa anlayışı her ne kadar Aristoteles'in amaçlılığından uzak olsa da nedensellik bağlamı ve bilgideki iki değerlilik görüşleri aynen kabul görmüştür.

Newton'un kurmuş olduğu evren tasarımında her şeyin neden sonuç ile açıklanması nedenin neden olduğunu açıklamakta yetersiz kaldığı düşünülmektedir. Kütle çekim yasası ile evrendeki tüm olaylar açıklanıyor ancak neden bu yasanın olduğu açıklanmadığı tartışılmaya başlanmıştır. Örneğin Newton'un önerdiği evrende elma yere düşer neden düşer? çünkü kütle çekimi var, peki kütle çekimi neden var? çünkü yerin kütlesi var; Peki kütleler neden birbirini çekmektedir? bu soruşturmanın akabinde bunun bir cevabının bulunmadığı sonucuna varılmaktadır. Bu durumda yasa nasıl çalışmaktadır sorusu değil neden vardır sorusunun peşine düşülmesi gerektiğini düşünen Einstein, kütle çekim yasasının neden olduğunu açıklamak istemektedir. Einstein klasik fizik olarak kabul edilen Newton fiziğinin (Yazıcı, 2015, s. 35) ışık davranışlarını açıklamakta yetersiz kaldığını da düşünmüştür. Galileo'dan beri süregelen bir genel görelilik kuramına göre hızları saatte 50 km olan araçlar birbirlerine göre ilerlediklerinde her biri hızlarını saatte 100 km olarak algılamaktadır. Yine aynı şekilde bu iki araç aynı yöne doğru ilerledikleri düşünülürse birbirlerini hareket etmiyor gibi göreceklendir. Bu yasa genel görelilik olarak anlaşılmaktadır (Yazıcı, Yüzcü Yılında Genel Görelilik Kuramı, 2015, s. 24). Bunun yanında bir de özel görelilik kuramı bulunmaktadır. Bu kuram yüksek hızdaki hareketleri tanımlamaktadır. Çok hızlı hareket eden bir saat duran saatten daha yavaş hareket ediyor gibi kabul edilmektedir. Zamanın evrenselliği fikri bu düşünce ile yerle bir olmuş gibi görünmektedir.

Einstein'ın klasik fizikte genel geçer yasalar üretme fikrinin aksine birtakım veriler evrensel kabullerin yerle bir olmasına ve bilimsel faaliyetlerde paradigmaların yıkılmasına neden olmuştur. Mikro düzeyde elde edilen veri-

ler makro düzeyde geçerli olarak düşünme fikri bu aşamada geçerliliğini yitirmiş gibi görünmektedir. Bu algı Kuantum mekaniği ile doğrudan ilişkili bir durumdur. Çünkü Kuantuma fiziğine göre makro düzeyde geçerli olan yasalar mikro düzeyde geçerliliğini yitirmektedir çünkü çok küçük olan mikro düzeyde kendilerine göre yasalar işlemeye başlamaktadır. Örneğin su dolu bir şişeyi ters çevirdiğimizde şişenin içerisindeki suyun hemen hepsi yer çekimi yasasından dolayı dökülecektir ancak içinde bazı damlacıklar kalacaktır. Bu damlacıklar mikro düzeyde yer çekimi yasasından daha güçlü başka yasaya uygun bir şekilde hareket ettikleri için dökülmemektedirler. Bu durumda evrensel doğa yasalarının makro ve mikro düzeyde etkileri sorgulanmaya başlamış ve bunun hem sebebi hem de sonucu olarak yeni bir fizik algısı meydana gelmiştir.

### 3. Kuantum Fiziği ve Yapay Zekâ

Bilimsel kuramları evrenin başlangıcı da dâhil olmak üzere hemen her alanda geçerli olacak bir şekilde değerlendiren Hawking, evrenin başlangıcının diğer noktalarda geçerli olacak yasalardan neden muaf olacağını tartışmıştır (Hawking, 2015, s. 81). O, aslında bilimsel faaliyetlerin belirli bir paradigma içerisinde açıklamayacakları sorunların olduğunu görmektedir. Klasik fizik anlayışı da bu türden belli sorunların açıklanamadığı bir paradigma yaratmış, bu sorunların çözümü konusunda ileri düzey çalışmalar ve deneyler yapılması noktasında eksik kalmıştır. İlerleyen ve gelişen teknoloji özgün deney ve gözlemler yapılmasına olanak sağladığı için 20. yüzyılda mikro düzeyde deneyler yapılmasıyla yeni yasalar üretilmiş ve bunlar makro düzeyde genelleştirildiğinde klasik fizikle de uyuşan sonuçlar vermiştir.

Kuantum'un Yaratılışı adlı kitabında Armin Herman, Maxplanck ise Kuantum Kuramının Başlangıcı adlı makalesinde kuantum kuramının başlangıcını 14 Aralık 1900 olarak ifade etmektedirler. Bunun yanında Küçük enerji paketleri olarak anlaşılan Kuantumun (Avery, Bezmez, Edmonds, & Yaylalı, 1997, s. 791), Lloyd Motz ve Jeferson Weaver Fiziğin Öyküsü adlı eserlerinde 19 Ekim 1900 tarihinde ortaya çıktığını iddia etmektedir (Akyüz, 2000, s. 34).

Newton'un oluşturduğu paradigma atom altı hareketler konusunda yetersiz kaldığı ve belirli konuları açıklamadığı için ortaya anormallikler çıkmaktadır bu durum karşısında çözülemeyen sorunları ortadan kaldırmak için yeni bir paradigmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Kuantum mekaniği böyle bir ortamda ortaya atılmıştır. Bu yönüyle kuantum mekaniği klasik fiziğin çözülmeyen sorunlara deterministlik yaklaşımına alternatif ve bu yaklaşımda değişikliğe neden olacak önemli adımlar atılmasına sağlamıştır (Planck, 2007, s. 40).

Klasik fiziğin makro düzeydeki cisimlerin özelliklerini ve bunların arasındaki ilişkileri açıklama noktasındaki başarısının mikro düzeyde de gösterilmesine yönelik geliştirilmiş bir yaklaşım olan Kuantum fiziği fizik biliminin bir alt dalı olarak görülmektedir (Kayaönü, 2000, s. 65). Çünkü klasik fizik gündelik hayatta karşılaştığımız maddi evren ile ilgili makro düzeyde birtakım sorunların cevaplanmasında başarılı olduğu bilinmektedir. Ancak sorunlar atom ve atom altı parçacıklar düzeyinde meydana geldiğinde klasik fizik yetersiz kaldığı görülmüştür. Özellikle atom altı mesafeler, atomik kütle, enerji ölçeği gibi sorunlarda belirsizlik ilkesi ön plana çıkmaktadır ve bu durumda klasik fiziğin yetersizliği görülmektedir. Kuantum fiziği aslında gündelik hayatımız ve felsefi algımızla çelişen birtakım durumların varlığını sağduyu ile uyuşmayan olguların gerçekliğini ve felsefi düşüncemizle çelişen bir yapı kurmaktadır. Örneğin Schrödinger'in kedi deneyi veya tek bir parçacığın çift katmanlılığı gibi durumlar sağduyu ve günlük hayatımızla çelişmektedir (Saçlıoğlu, 2000).

Heisenberg'in kuantum fiziğinin en önemli durumlarından olan mikro düzeydeki belirsizlik fikri, birçok alanda önemli çalışmaların yapılmasına neden olmuştur. Ona göre mikro düzeydeki bir parçacığın hem konumu hem de momentumu tespit edilememektedir. Bu durum da belirsizliğe neden olmaktadır, bu belirsizlik bilimsel bir gerçeklik olarak kabul edilmek zorundadır. Kuantum fiziğinin önemli kavramlarından bir diğeri de olasılıktır. Madde parçacığının uzayda yerinin tespit edilmesi ancak olasılıklı olarak mümkündür. Kesin bir durum söz konusu olamaz. Bu durum aslında yapay zekâ parametrelerinin kesin değerlerinin olmamasıyla da doğrudan ilişkilidir. Parametrenin kesin değer almayı ve yaklaşık değer alışı günlük hayattaki sorunların yansıtılmasına olanaklılık sağlamaktadır. Yapay zekânın epistemolojik temellerini bulanık mantıktan aldığı gibi onun bilimsel fiziki temellerini de kuantum fiziği oluşturmaktadır.

Dalga-parçacık ikiliği fikri doğanın temel parçacıklarında bir sürekliliğin değil süreksizliğinin olduğunu göstermektedir. Dalga durumu sonsuzca bölünebilir olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda düşünüldüğünde aslında doğanın birbirine indirgenemeyecek dalga ve parçacık olmak üzere iki farklı yönünün olduğu görülmektedir.<sup>1</sup> Doğa sonsuzca bölünebilir olmamakla birlikte birtakım parçacıklardan oluştuğu bilinmektedir. Dalga-parçacık ile klasik fiziği kuantum fiziğinden ayıran bir diğer unsur olasılıklılık veya belirsizliktir. Klasik fizikte elektron gibi parçacıkların uzayda kesin bir konumu vardır ve hem geçmiş hem de geleceği çeşitli hesaplamalar ile biline-

<sup>1</sup> Bu görüş Spinoza'nın Töz'ün iki farklı sıfatının olduğuna dair düşüncesiyle örtüşmektedir. Ona göre Töz'ün birbirine indirgenemeyen sonsuz sıfatı vardır ancak biz sadece bunlardan iki tanesini bilebiliyoruz. Bunlar da yer kaplama ve düşüncedir. Detaylı bilgi için bkz. Gültekin, A., "Spinoza'nın Felsefesindeki Sıfatların Kuantum Paradigmasında Yansımaları", Felsefe Tarihinden Günümüze Yansımalar (ED., A. Gültekin), Paradigma Akademi Yayınları, Ocak 2022, Ss. 203-227.

bilmektedir. Elektronun karşılaşacağı tüm durumlar ve kuvvetler hesaba katılabilirse onun başına gelebilecek her şey hesaplanabilmektedir. Bu Newton fiziğinin deterministik yapısını göstermektedir. Her şeyin nereden geldiği ve nereye gidebileceği hesaplanarak bilinmektedir. Geçmiş, şimdi ve gelecek her şey hareketle belirlenmektedir. Kuantum fiziğinde bir elektronun kesin bir konumu bulunmamaktadır. Bu yüzden nereye gideceği de kesin bir şekilde bilinmemektedir. Heisenberg'in belirsizlik ilkesi tam da bu alanda devreye girmektedir. Ona göre "kuantum nesnelerin ya kesin olarak belirlenmiş bir konumu ve belirsiz bir yönü vardır ya da belirsiz konumu ve kesin olarak belirlenmemiş yönü" (Gribbin, Kuantum Fiziğini Anlamak, 2019). Aslında bu bağlam özgür irade sorununa bir kapı aralama çalışması olarak görülmektedir. Çünkü Newton mekaniği özgür iradeyi ortadan kaldırıp tamamen determinist bir evren tasarımı sunarak, insanların geleceğinin de belirlenmişliğini göstermektedir. Ancak kuantum fiziği bu duruma farklı bir bakış açısıyla yaklaşmış ve kuantum fiziği varlığının durumunun bilinemeyeceğini ancak olasılığının hesaplanabileceğini ifade etmektedir.

Kuantum ölçümünde olasılığın hesaplanması, deney ve gözlem olanağının tekrarı olmadığından ötürü sonuçları biricikliğinden dolayı ortaya çıktığı düşünülmektedir. Çünkü herhangi bir olayın tekrarlanması durumu mümkün gibi görünmediğinden ve gözlemcinin de bu olayın seyrini değiştirebilecek etkiye sahip olduğundan tekrarlanan bir gözlemden daha çok matematiksel sonuçların güvenilirliğine dayanmaktadır ki bu da olasılıklılık ifade etmektedir. Kuantum kuramını bu bağlamda düşündüğümüzde herhangi bir fiziksel sistem olası durumlardan sadece birinde değil birçoğunda birden bulunabileceği düşünülmektedir. Örneğin hidrojen atomunun çevresinde bulunan bir elektron atomu aynı anda her yerde bulunabilir. Bu durumda biz bu elektron her yerdedir demeyiz ancak rastgele bir yerde olduğunu düşünerek işlem yapabiliriz. Bu durumda elektronun bulunduğu konumun da değişmesine neden olabilir. Bu durumda ölçüm yapılan elektron konumuna göre elektron yerleşmiş ve hesaplama işlemi gerçekleşmiş olacaktır. Böyle bir hesaplama sisteminde hem olasılıklar içerisinde bir yer seçerek işlem yapılmakta hem de bu noktada gözlemlenen şeye dâhil olduğumuz ortaya çıkmaktadır (Turgut, 2010, s. 41).

Elektronun durumunu belirleyerek gözlemcinin deneye dâhil olduğunu gösteren bir başka düşünce deneyi Erwin Schrödinger tarafından ortaya konulmuştur. O bu deneyi normalde kuantum fiziğinin olasılıklılığını eleştirmek için üretmiş olsa da daha sonra onu destekleyen bir formda olduğu ortaya çıkmış ve destekleyen durumlar arasında yer almıştır. Kedi deneyi olarak bilinen bu deneyde

çelik bir kutu içerisinde Geiger sayacı<sup>2</sup>, kedi ve bir de cam bir kutunun içerisinde radyoaktif bir madde olduğu hayal edilsin. Kedinin cam kutunun içerisinde radyo aktif maddeyi kırıp ölme olasılığı ile kırılmadan yaşama olasılığı aynıdır. Bu sistem bir süre hiç oynamadan bırakıldığında cam kırılıp ölebilir veya cam kırılmadan yaşamaya devam edebilir. Bu iki olasılıkta klasik fiziğe göre iki durum söz konusudur ya ölmüştür ya da canlıdır bunlardan yalnızca bir tanesi geçerli ve kesindir. Ancak bu durumu kuantum fiziğine göre fiziksel sistemin matematiksel yorumu olarak fonksiyonla açıklamayı düşündüğümüzde bu kedinin hem canlı hem de ölü olduğunu ve aynı anda bunun gerçek olduğu düşünülmektedir. Kutuyu açıp gerçekliği görmeyene kadar bu kedinin ölü olma durumu ile canlı olma durumu eşit düzeyde gerçektir (Şenel, 2012, s. 129).

Kuantum fiziğinde hesaplanabilirlik ve olasılıklılık durumları değerlendirildiğinde bu durumların zihnin hesaplanamazlık durumlarıyla ilişkilendirilerek bir tür yapay zekâ çalışmalarının hazırlık aşaması olarak görmek mümkündür. Güçlü yapay zekâ kuantum bilgisayarlar tarafından gerçekleştirilebilecek gibi görünmektedir. Çünkü yapay zekânın insan zihnine en uygun ve yakın türü güçlü yapay zekâdır. Burada Searle'ün yapay zekâ ayrımını açıklamak önemlidir. O yapay zekâyı güçlü ve zayıf olarak ikiye ayırmaktadır. Bunlardan birincisi yani güçlü yapay zekâ insanların üst bilişsel süreçleri denilen anlama ve yorumlama yapabilmektedir. İkincisi ise yani zayıf yapay zekâ ona verilen sınırlı eylemleri sınırlılıkla yerine getirmektedir (Searle, 1996, s. 26)

#### 4. Kuantum Bilgisayarlar ve Yapay Zekâ

Searle'ün belirtmiş olduğu güçlü yapay zekâ yapay sinir ağları üzerinden kurgulanabilir gibi görünmektedir. Çünkü Yapay sinir ağları, tecrübe ile öğrenme yeteneğine sahiptir. Bunun yanında farklı tecrübeler kazanabilen ve çok hızlı işlem yapabilen bilgisayar sistemleri olarak bilinmektedir. Yapay sinir ağlarının işlemlerinin temelinde nöronlar bulunmaktadır. Mevcut nöronlar girdi ve çıktı ile işlem yürütmektedirler (Wang ve Takefuji, 1993: 12).

Yapay sinir ağlarının gelişmiş bilgisayar ürünlerinin kullanım alanlarının artmasına bağlı olarak oldukça güçlü ve işlevsel olduğu düşünülmektedir. Ancak bu durumda oldukça ilkel bir insan beyninin bile çok gerisinde olduğu gerçeğini gizlememektedir. Çünkü insan beyninde her birinin etrafında yaklaşık olarak 1000 adet sinaps olan yaklaşık 86 milyar nöron bulunmaktadır. Bu durumda nöronları sayısını belirlemek için yola koyulan birisi için saniyede bir nöron sayılmış olsa günümüze kadar hala saymaya devam edecek gibi görülmektedir (Williams, 2019, s. 14).

İlk defa Mc Collocch-Pittts'in geliştirmiş olduğu yapay sinir ağı modeli 80'li yıllarda oldukça üst bir versiyona geçildiğini göstermektedir. Canlı organizmaların biyolojik sinir yapısına uygun olarak yapılmış bu yapay sinir ağları insanlara göre çok daha alt seviyelerde olmasına rağmen oldukça başarılı olduğu bilinmektedir. İnsan beyninin işlevini tam olarak yerine getirecek herhangi bir sistem kurulmuş olmasa da yapay sinir ağlarının biyolojik olarak öğrenme merkezli bir modelleme olduğu bilinmektedir (Nabiyev, 2016, s. 549).

Yapay sinir ağları uzman sistemler gibi bilgisayarın gelişmesiyle ortaya çıkmıştır ancak yapay sinir ağları uzman sistemlerden birtakım özelliklerinden dolayı ayrılmaktadır. Yapay Sinir Ağlarının Uzman Sistemlerden ayrılan en önemli yönü kendisine girdi olarak önceden verilmiş bir kurallar sisteminin olmamasıdır. Uzman sistemler kendisine verilen kuralı yerine getirmeye çalışan sistemler olarak bilinmektedir. Ancak yapay sinir ağları kural tabanı ve matematiksel modele ihtiyaç duymadan işlem görmektedir. Lineer ya da lineer olmayan şekilde öğrenilebilir olması ve bir uzman gibi yüksek duyarlılıkta çalışması da Yapay Sinir Ağlarının uzman sistemlerden ayrıldığı özellikleri arasında sayılabilmektedir (Bilge, 2007, s. 116).

Yapay zekâ çalışmaları beynin bu çalışma prensiplerinin benzerini meydana getirme şeklinde ilerlemektedir. Özellikle yapay sinir ağları ile bilim insanları beyin sisteminin bir tür prototipini meydana getirmeye çalışmaktadır. Beynin çalışma prensibiyle amaçlanan zeki davranış gösteren bir tür yapay zekâ ortaya çıkarmaktır. Yapay sinir ağları ve yapay zekâ sistemleri kuantum bilgisayarların oluşmasına kapı aralamıştır.

1982 yılında Richard Feynman tarafından dile getirilen Kuantum bilgisayar kuantum hesaplaması yapan ve Turing makinesinden daha gelişmiş bir makine olarak görülmektedir. Bu bilgisayar kuantum mekaniğinin kurallarına göre işlemektedir. Feynman'a göre tabiattaki işleyiş klasik fizik kurallarına göre olmadığı için bu işleyişin simülasyonu da ancak kuantum mekaniğine göre yapılması gerekmektedir (Feynman, 1982).

Klasik fizik kurallarına göre simüle edilmiş Turing makinesinde 0 ve 1 değerlerinden oluşan bitler vardır. Kuantum bilgisayarlarında ise kuantum biti denilen kubitler bulunmaktadır. Kuantum bilgisayarların en önemli kavramı süperpozisyon ilkesidir. Kuantum mekaniğinin belirsizlik ilkesine ve olasılıklığına dayanarak geliştirilmiş bu ilkeye göre normalde klasik mantık ve klasik Turing makinesinde iki değerli bir sistem bulunmasına rağmen kuantum mekaniğinde 0 ve 1 değerlerinin ikisinin aynı anda geçerliliği hem de ayrı ayrı geçerliliği söz konusu olduğu için bu durumda söz konusu kuantum bilgisayarı daha fazla işlem yapabilme yeteneğine sahip gibi görün-

<sup>2</sup> İyonlaştırıcı radyasyonu ölçen bir çeşit parçacık dedektörüdür.

mektedir. Kuantum bilgisayarlar süperpozisyon sayesinde Normal bilgisayarlarla çözümünü yıllar alacak birçok sorunu çok kısa sürede çözebilecek kapasite ile donatılmış olmaktadır. Bir kuantum bilgisayar kubitinin tüm pozisyonlarıyla paralel aynı anda işlem yapmaktadır (Ege, 2012, s. 13). Kuantum fiziği öğrenmeyi öğrenme durumlarını da ortaya çıkarmıştır. Özellikle eğitim alanlarında bu öğrenme metodu oldukça fazla kullanılmaktadır (Hanbay, 2009).

Kuantum bilgisayarlar da güçlü yapay zekâlar gibi gelecek zaman diliminde ortaya çıkacak gibi görülmektedir. Çünkü kuantum mekaniği konusunda henüz genel geçer bir paradigma oluşmamış ve hali hazırdaki bilgisayar donanımları klasik mekanik kurallarına göre üretilmiştir. Bu durumda hem kuantum donanımları hem de kuantum mekaniğine uygun algoritmalar üretilmesi gerekmektedir. Bu çalışmaların uzun bir süreç gerektirmediği açıktır. Çünkü Alkayış (2021, s. 221) yakın geçmişte literatürde yapay zekânın kullanılmadığını belirtmektedir. Ancak kanaatimizce her ne kadar yakın geçmişte yapay zekâ kavramı kullanılmamış olsa da çok kısa süre içerisinde çoğu bilimsel faaliyetleri etkileyecek bir düzeyde kullanıldığı görülmektedir.

## 5. Değerlendirme ve Sonuç

Klasik fizikten ayrı olarak anlaşılması zor görünen ve kimsenin anlamadığına dair fikirlerin geliştiği kuantum mekaniği, son dönemde oldukça ön plandadır, aynı zamanda klasik fiziğin mikro düzeyde işlemediğine dair bir yaklaşımla geliştirilmiştir.

Klasik fiziğin Aristoteles'ten Newton'a kadar olan bölümünde evren neden-sonuç ilişkisi ile açıklanmaktadır, ancak bu ilişkide nedensellik değil ereksellik ön planda görülmektedir. Aristoteles'e göre doğada herhangi bir şey kendi kendisini hareket ettirme yetisine sahip değilse hareket etmesi için dışarıdan bir etkiye ihtiyaç duymaktadır. O, bu ilk hareket ettiricinin de Tanrı olduğunu ifade etmekte, bunun yanında doğada her hareketin bir amacının olduğunu ve evrende her şeyin doğal olarak evrenin merkezine doğru hareket ettiğini belirtmektedir. Ancak Aristoteles'in doğa anlayışına karşı çıkan Newton'a göre evrende belirli bir düzen vardır, bu düzen evrenin her yerinde aynıdır ve her şey neden-sonuç ilişkisine göre hareket etmektedir. Bu bağlamda düşünüldüğünde o, Aristoteles'in erekselliğini de eleştirmektedir. Doğada benzer nedenler aynı sonuçları vermektedir, doğadaki herhangi bir cismin uzay ve zamanda konumu bilindiği takdirde, onun geçmişi ve geleceği hakkında ön görüde bulunmamız mümkündür.

Evreni büyük bir makine gibi tasarlayan Newton'a göre makro ve mikro düzeyde hemen her alanda geçerli yasalar bulunmaktadır ve bu yasalara evrendeki bütün cisim-

ler tabidir. Newton Aristoteles'in doğa anlayışına karşı çıkarken onun mantık anlayışına göre hareket etmektedir. Çünkü hala onun öndiği doğru ve yanlış anlamında iki değerli mantık sistemi, geçerliliğini korumaktadır. Bu mantık sistemi ile meydana gelmiş bilgisayarlar da yine iki değerli mantık sistemine göre organize edilmiştir. Sadece kendisine verilecek görevleri yerine getirebilen ve zeki denilecek davranışları gerçekleştirmekten uzak sadece hesap yapabilen makineler bulunmaktadır.

Aristoteles ve Newton'un iki değerli, evreni makine gibi ele alan sistemine karşı geliştirilmiş kuantum mekaniğine göre evren geçmişi ve geleceği belirlenebilecek bir durumda değildir. Çünkü doğada makro düzeyde yasaların keşfedilerek mikro düzeyde cisimlere uymadığı durumlar bulunmaktadır. Bu yüzden Newton mekaniği, evrendeki çok küçük durumlarda geçersiz gibi görünmektedir. Bu mikro düzeydeki durumları açıklamak için bir takım yeni çalışmaların yapılması gerekmektedir. Bu sistemde mikro evrendeki yasaların makro evrenle uyummayan doğa durumu meydana çıkmaktadır ve bu durumda büyük bir paradigma değişikliğine ihtiyaç duyulmaktadır. Çünkü Newton'un evrenin her yerinde geçerli olduğunu düşündüğü doğa yasalarının geçersiz olduğu birtakım alanların olduğu ortaya çıkmış ve ispatlanmıştır.

1900'lü yıllarda ortaya çıkmasına rağmen yüzyılın ortalarına doğru etkinliğini hissettiren kuantum mekaniği fikri, atom altı alanla ilgilenmiş, çok değerlilik ve olasılığın bilimsel olarak kabul edildiği bir paradigma ortaya koymuştur. Kuantum, atom altı denilecek durumlarla ilgili birtakım veriler elde edilmesiyle işlemektedir ve bunların makro düzeyde geçerli olmasına bakılmaksızın doğruluğu kabul edilen matematiksel formlar sunmaktadır.

Evrenin dilinin matematik olduğunu söyleyen Galilei'den etkilenerek geliştirilen kuantum mekaniği, Newton'un da hesaplanabilirlik ilkesinden yola çıkılarak evreni matematiksel olarak ifade edilmesine ve bu durumların gerçek durumlara tekabül ettiğinin düşünülmesine neden olmuştur. Zihnin de doğanın bir parçası olduğu, zihnin en önemli işlevinin bilinç olduğu göz önüne alındığında bilincin de hesaplanabilir olması beklenmektedir. Ancak hem Aristoteles mantığından kalma iki değerli düşünce sistemi hem de belirlenimci yaklaşım bunun mümkün olmadığını düşündürmektedir.

Galilei'nin evreni matematik olarak algılamasından ve Newton'un hesaplanabilirliğinden yola çıkarak gelişen kuantum mekaniğiyle atom altında meydana gelen ve aslında olasılıkla işleyen bir matematiksel gerçeklik durumu ortaya çıkmıştır. Bu durumda herhangi bir elektronun yeri tam olarak belirlenemeyeceği ancak tahmin edilerek ona göre işlem yapılacağı ifade edilmektedir. Bu durumu Schrödinger'in kedisini deneyi ile daha iyi anla-

tılmaktadır. Özetle deneye göre kutu içerisinde bulunan bir kedinin ölü ya da canlı olduğuna dair düşüncemiz kuantum mekaniğine göre bakmayana kadar aynı düzeyde gerçektir ve doğrudur. Yani kedinin canlılığı da ölmüş olması da aynı anda gerçektir. Buna göre yapılan bütün işlemler doğru kabul edilmektedir. Ancak gözlemci ne zaman ki kutuyu açıp kediye bakacak durumda olursa o zama kedinin gerçekliği olasılıklar içerisinde bir yere oturmuş olacaktır.

Yapılan Schrödinger'in deneyi, kuantum mekaniğinin mümkün dünyalar içerisinde her olasılığın matematiksel olarak geçerli olacağını göstermektedir. Bu bağlamda evreni, matematiksel olarak anlama çabası, zihni de anlamaya yardımcı olduğu gibi evreni, çok değerlilik ve olasılıklılık durumuna göre daha iyi hesaplanabilir bir forma sokmaya müsait hale getirmektedir. Böyle bir durumda meydana gelecek zihin ve onun işlevi olan bilinçlilik halinin hesaplanabilir formu güçlü yapay zekâ açısında büyük bir önem taşımaktadır. Çünkü güçlü yapay zekâ fikri Aristoteles'in iki değerli mantığından ziyade bulanık mantığın sonsuzca değerlendirilmesi ile kurulmaktadır. Bu bağlamda düşünüldüğünde kuantum mekaniği sonsuzca olasılığın matematiksel gerçekliğinin kabul edilmesini sağlamaktadır. Böyle bir durumda kuantum fiziği ile bilincin yapay zekâ ile hesaplanabilir forma geçilmesinin önu açılmış gibi görünmektedir.

Kuantum bilgisayarlar, olasılık ve çok değerlilik fikriyle geliştirilmiş ve bu bilgisayarlar aynı anda bir çok durumu işleyebilecek konuma gelmiştir. Bu bağlamda düşünüldüğünde güçlü yapay zekâ fikri kuantum bilgisayarların üretilmesiyle mümkün gibi görünmektedir. Güçlü yapay zekâ fikrinin epistemolojik alt yapısını bulanık mantığın sonsuz ihtimalleri sağlarken fiziksel alt yapısını da kuantum mekaniği sağlamış gibi görünmektedir.

## Kaynakça

- Akyüz, Ö. (2000, Ekim). Kuantum Kuramı 100 Yaşında. *Bilim ve Teknik*(395), 34-38.
- Alkayış, A (2021) Eğitim Felsefesi Perspektifinden Dijitalleşme Ve Eğitim 4.0, *Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Yıl 11, Sayı, 21, Ss. 221-237.
- Aristoteles. (2001). *Fizik*. (S. Babür, Çev.) İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.
- Avery, R., Bezmez, S., Edmonds, A. G., & Yaylalı, M. (1997). İngilizce- Türkçe Redhouse Sözlüğü. (D. Tokay, Derleyici) İstanbul: SEV Yayıncılık.
- Bilge, U. (2007). Tipta Yapay Zeka ve Uzman Sistemler., (s. 113-118). Antalya.
- Cushing, J. T. (2003). *Fizikte Felsefi Kavramlar-1 (Felsefe ve Bilimsel Kuramlar Arasındaki Tarihsel İlişki)*. (Ö. Sarıoğlu, Çev.) İstanbul: Sabancı Üniversitesi Yayınları.
- Ege, B. (2012, 10). Kuantum Mekaniğinden Kuantum Bilgisayarlarına. *Bilim ve Teknik*(785), 12-14.

- Ersoy, E. V. (2012). *Oyunun Kurallarını Fizik Söyler*. Ankara: ODTÜ Yayıncılık.
- Feynman, R. (1982). Simulating Physics With Computers. *International Journal of Theoretical Physics*, 21(6), 467-488.
- Feynman, R. P. (2012). *Fizik Yasaları Üzerine*. (N. Arık, Çev.) İstanbul: Alfa Yayıncılık.
- Çelebi, E. (2005) David Hume'da Psiko-Epistemolojik İlke: Necessellik, *Necmettin Erbakan Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi*, Cilt, 20, Sayı, 20, Ss. 173-202.
- Çelebi, E. (2011) Kuşku ve Agnostik Tutum Bakımından David Hume'un Din Eleştirisine Eleştirel Bir Bakış, *FLSF (Felsefe ve Sosyal Bilimler Dergisi)*, Sayı, 11, Ss. 25-40.
- Çelebi, E. (2011) Hume'un Ahlak Kuramı Üzerine Yapılan Bazı Yorumların Değerlendirilmesi, İnönü Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi, cilt, 8, Sayı, 2, Ss. 497-504.
- Gribbin, J. (2013). *Erwin Schrödinger Ve Kuantum Devrimi*. (B. M. Baysal, Çev.) İstanbul: Alfa Basım Yayıncılık.
- Gribbin, J. (2019, 5). Kuantum Fiziğini Anlamak. *Popular Science Türkiye*, 61-67.
- Gültekin, A., "Spinoza'nın Felsefesindeki Sıfatların Kuantum Paradigmasında Yansımaları", *Felsefe Tarihinden Günümüze Yansımalar* (ED., A. GÜLTEKİN), Paradigma Akademi Yayınları, Ocak 2022, Ss. 203-227.
- Hanbay, O. (2009). Kuantum öğrenme temelli öğretmek öğrenme yönteminin ikinci yabancı dil olarak Almanca'nın öğrenilmesine etkisi. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(12), 12-27.
- Hawking, S. (2015). *Kara Delikler ve Bebek Evrenleri*. (N. Bahar, Çev.) İstanbul: Alfa Yayınları.
- Kayaönü, E. (2000). Yapay Zekanın Teorik Temelleri. *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*.
- Newton, İ. (1998). *Doğa Felsefesinin Matematik İlkeleri*. (A. Yardımlı, Çev.) İstanbul: İdea yayınları.
- Planck, M. (2007). *Modern Doğa Anlayışı ve Kuantum Teorisine Giriş*. (Y. Öner, Çev.) İstanbul: Belge Yayınları.
- Russell, B. (1973). *Batı Felsefesi Tarihi Modern Çağ-Yeni Çağ*. (M. Sencer, Çev.) Ankara: Bilgi Yayınevi.
- Saçlıoğlu, C. (2000, 10). Felsefinin Kuantum Mekaniksel Temelleri. *Bilim ve Teknik*(395), 56-63.
- Searle, J. (1996). *Akıllar, Beyinler ve Bilim*. (K. Bek, Çev.) İstanbul: Say Yayınları.
- Spinoza, B. d. (2006). *Geometrik Düzene Göre Kanıtlanmış ve Beş Bölüme Ayrılmış Olan Etika* (Çev.: Hilmi Ziya Ülken). Ankara: Dost Kitabevi Yayınları.
- Strathern, P. (1997). *the Big İdea: Newton and Gravity*. (O. Çakmakçı, Çev.) İstanbul: Gendaş.
- Şenel, A. (2012). *50 Soruda Bilim ve Bilimsel Yöntem*. İstanbul: Bilim ve Gelecek Kitaplığı.
- Topdemir, H. G., & Yinilmez, S. (2009). *Galileo Dünyayı Döndüren Adam*. İstanbul: Say Yayınları.
- Turgut, S. (2010, Ekim). Parçacıklar Telapati Yaparlar mı? *Bilim ve Teknik*(395), 40-44.
- Yazıcı, E. (2015). Newton'dan Einstein'a Kütleçekimi ve Evren.





*Bilim ve Teknik*(575), 34-54.

Yazıcı, E. (2015, 12). Yüzüncü Yılında Genel Görelilik Kuramı. *Bilim ve Teknik*(577), 22-28.

Wang J., Takefuji Y., (1993), *Neural Networks In Design and Manufacturing*, World Scientific Pub.: Singapore.

Williams, C. (2019). *Beynimiz Nasıl Çalışır* (Çev.: Can Evren Topaktaş). İstanbul: Say Yayınları.