

Kuantum Bilgi

Bitler

Klasik sistemlerde bilginin depolandığı ve işlendiği birimler “bit” olarak adlandırılır. Bu isim İngilizcede “iki değerli rakam” anlamına gelen “binary digit” ifadesinden türetilmiştir.

Bir bitin alabileceği iki değer vardır: Bu değerler sıklıkla “0” ve “1” olarak ifade edilir.

Sayılar

Klasik sistemlerde sayıları kodlamanın “doğal” yolu ikilik taban kullanmaktır. Aşağıda günlük hayatta kullandığımız onluk tabanda ifade edilen çeşitli sayıların ikilik tabandaki karşılıklarını görüyorsunuz.

$9 = 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 \rightarrow 01001$
 $21 = 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 \rightarrow 10101$
 $30 = 1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 \rightarrow 11110$

Harfler ve Renkler

Sadece sayılar değil, harfler ve renkler de bitlerle kodlanır. Harfleri kodlamak için kullanılan sistemlerden biri kısaca ASCII olarak adlandırılır. Aşağıda çeşitli harflerin ASCII’deki karşılıklarını görüyorsunuz.

Harf	ASCII Kodu	İkilik Gösterimi
a	097	01100001
b	098	01100010
c	099	01100011
A	065	01000001
B	066	01000010
C	067	01000011

Renkleri kodlamak için kullanılan sistemlerden biri ise RGB olarak adlandırılır. Bu sistemde her bir renk, değeri 0-255 aralığında olan üç sayı ile temsil edilir. Bu sayılar, rengi elde etmek için kırmızı, yeşil ve mavinin hangi oranlarda karıştırılması gerektiğini ifade eder. Aşağıda çeşitli renklerin RGB kodlarını görüyorsunuz.

Renk	RGB Kodu	İkilik Gösterimi
	(231, 33, 125)	(11100111, 00100001, 01111101)
	(136, 43, 135)	(10001000, 00101011, 10000111)
	(47, 71, 152)	(00101111, 01000111, 10011000)
	(0, 55, 164)	(00000000, 00110111, 10100100)
	(255, 206, 0)	(11111111, 11001110, 00000000)
	(240, 129, 62)	(11110000, 10000001, 00111110)

Kuantum mekaniğinin günlük hayatta aşına olmadığımız sıra dışı özellikleri, bilginin klasik sistemlerle erişilemeyecek bir verimlilikle kodlanmasına ve işlenmesine izin verir.

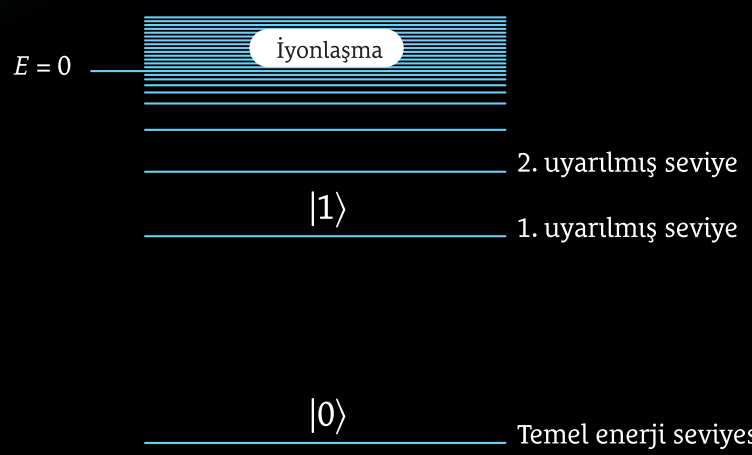
Kübitler

Kuantum sistemlerde bilginin depolandığı ve işlendiği birimler “kübit” olarak adlandırılır. Bu isim “kuantum bit” ifadesinden türetilmiş bir kısaltmadır.

Herhangi bir iki seviyeli sistem kübit olarak kullanılabilir. Klasik bitlerin “0” ve “1” durumlarına benzer biçimde bu iki kuantum durumu $|0\rangle$ ve $|1\rangle$ olarak adlandırılır. Değeri 0 olan bitleri kodlamak için $|0\rangle$ durumunda bir kübit, değeri 1 olan bitleri kodlamak içinse $|1\rangle$ durumunda bir kübit hazırlanır.

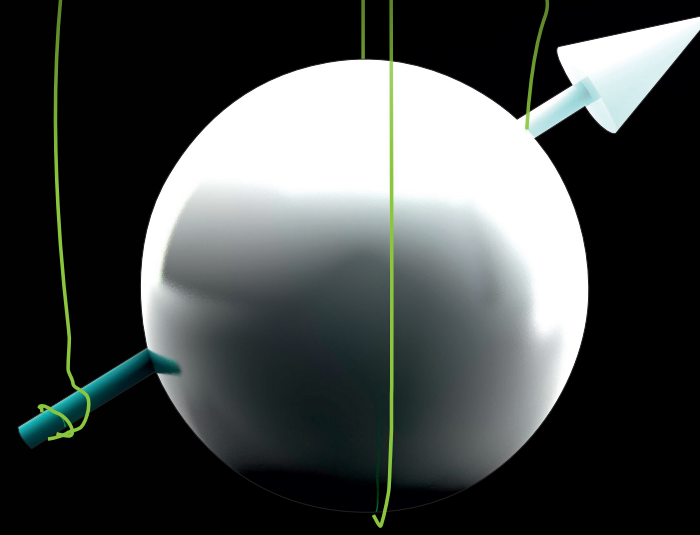
İyon Kübiti

Çok seviyeli sistemler de kübit olarak kullanılabilir. Ancak bu sistemlerde $|0\rangle$ ve $|1\rangle$ durumlarını kodlamak için kullanılan iki seviyenin dışında kalanların, süreçleri sekteye uğratmasına karşı önlem alınmalıdır. Atomların enerji seviyeleri kübit olarak kullanılacak çok seviyeli sistemlerin örneklerindendir.



Spin Kübiti

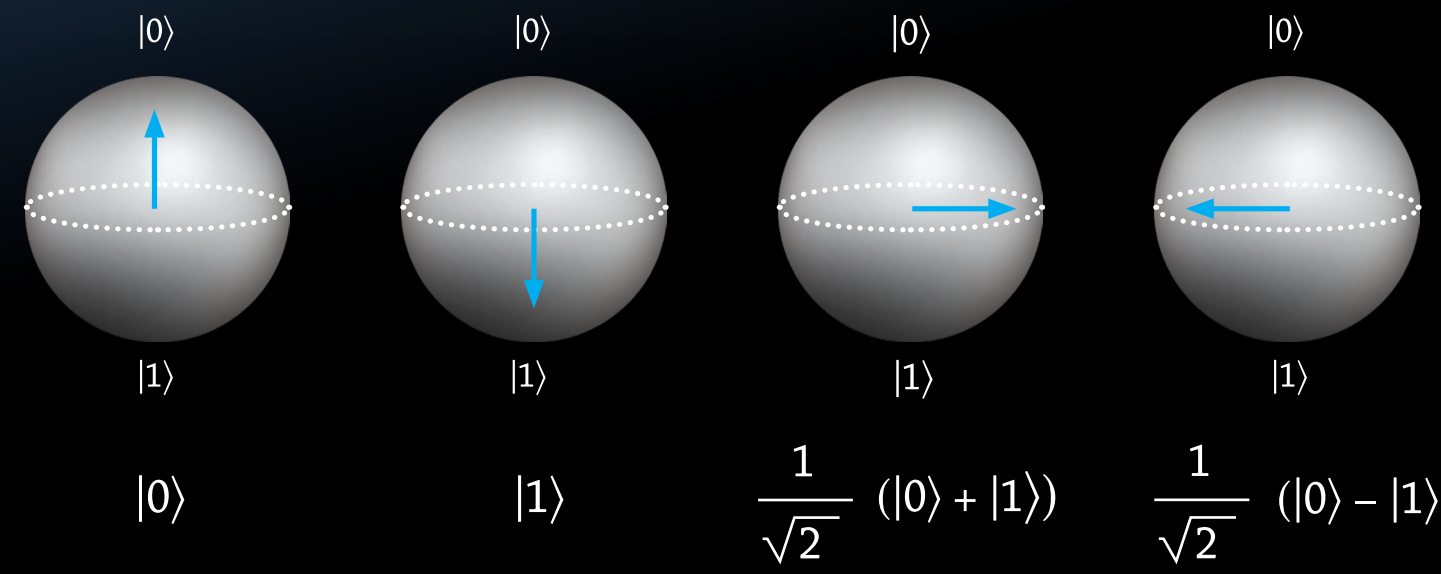
Elektronların spinleri iki seviyeli sistemlerin bir örneğidir. Bir elektronun spini ölçüldüğünde spinin ya ölçüm yapılan yönde ya da zıt yönde olduğu bulunur.



Süperpozisyon

Kuantum fiziği ilkelerine uygun davranan kübitleri klasik fizik ilkelerine uygun davranan bitlerden ayıran en önemli farklardan biri süperpozisyon durumlarında bulunabilmeleridir. Bir kübitin bulunabileceği durumlar sadece $|0\rangle$ ve $|1\rangle$ ile sınırlı değildir. Bir kübit bu iki kuantum durumunun herhangi bir süperpozisyonunda da bulunabilir.

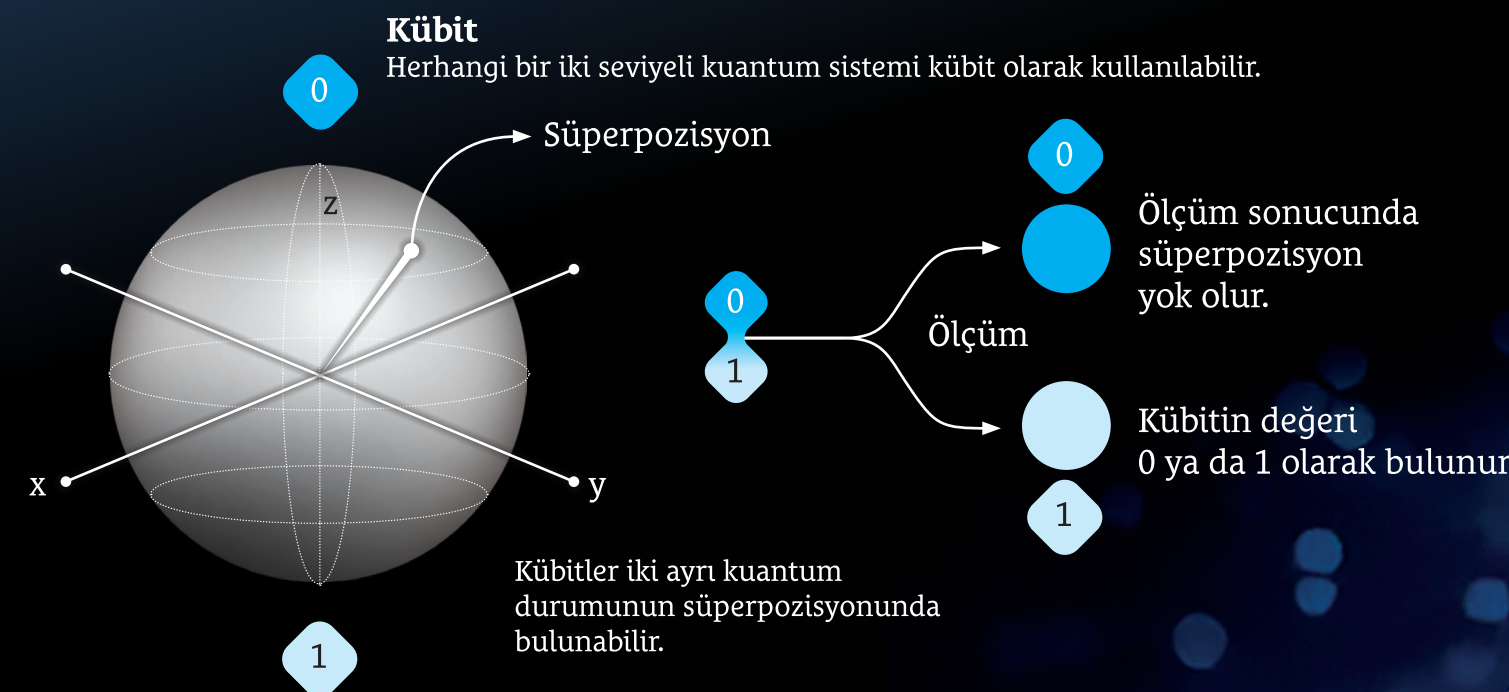
$|0\rangle$ ve $|1\rangle$ durumlarının herhangi bir süperpozisyonu bu iki durumun bir lineer kombinasyonu olarak ifade edilebilir: $a|0\rangle + b|1\rangle$. Bu açılımdaki a ve b katsayıları genel olarak karmaşık sayılardır ve sağlamaları gereken tek koşul $|a|^2 + |b|^2 = 1$ ’dir. Bir bit sadece iki ayrı durumda bulunabilirken bir kübitin bulunabileceği durumların sayısı sonsuzdur.



Ölçüm

Bir kübitin sonsuz farklı durumda bulunabilmesi ya da hazırlanabilmesi, o kübit üzerinde ölçüm yaparak sonsuz farklı durum hakkında bilgi edinebileceği anlamına gelmez. Bir kübit üzerinde yapılan ölçümlerin her zaman iki muhtemel sonucu vardır: $|0\rangle$ ve $|1\rangle$. Bir kübit üzerinde yapılan ölçümler sadece bir bitlik bilgi sağlar.

$a|0\rangle + b|1\rangle$ durumundaki bir kübit üzerinde yapılan ölçüm $|a|^2$ olasılıkla $|0\rangle$ sonucunu $|b|^2$ olasılıkla $|1\rangle$ sonucunu verir. Ölçüm sonucunda süperpozisyon yok olur.

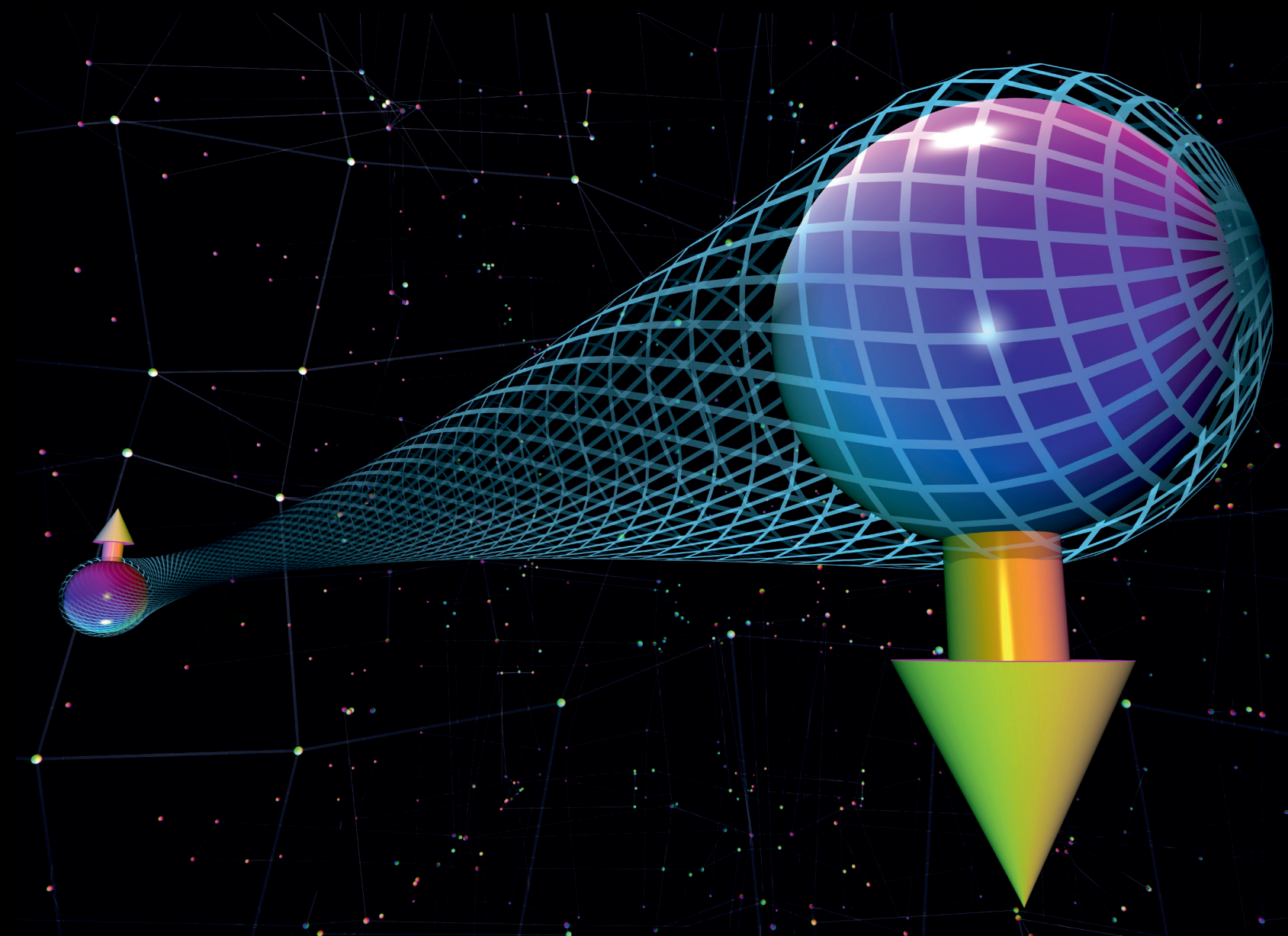


Kuantum Üstünlüğü

Kuantum sistemlerin bilgiyi kodlama ve işleme açısından klasik sistemlere üstünlüğünü anlamak için dolanıklığa odaklanmak gerekir.

Dolanıklık, birden fazla parçacık içeren sistemlerde ortaya çıkar. İki parçacığın birbirine dolanık olması, parçacıkların kuantum durumunun birbirinden bağımsız olmadığı anlamına gelir. Örneğin iki kübitten oluşan, $a|0\rangle|1\rangle + b|1\rangle|0\rangle$ durumundaki bir sistemde kübitlerin kuantum durumu birbirinden bağımsız değildir. Birbirine dolanık iki parçacıktan biri üzerinde yapılan ölçümler, diğeri hakkında da bilgi verir.

Bir kübit genel olarak $2^1=2$ kuantum durumunun bir süperpozisyonundadır: $a|0\rangle + b|1\rangle$. Dolanık hâldeki iki kübit genel olarak $2^2=4$ kuantum durumunun bir süperpozisyonundadır: $a|1\rangle|1\rangle + b|1\rangle|0\rangle + c|0\rangle|1\rangle + d|0\rangle|0\rangle$. Dolanık hâldeki N tane kübitse genel olarak 2^N kuantum durumunun bir süperpozisyonundadır.



N tane kübitten oluşan bir kuantum sisteminde kodlanmış bilgi, klasik bir sistemde ancak 2^N tane karmaşık sayının bitlerle kodlanmasıyla ifade edilebilir. Ayrıca her bir karmaşık sayıyı kodlamak için çok sayıda bite ihtiyaç vardır. Dolayısıyla N tane kübitin bilgiyi depolama ve işleme kapasitesi 2^N tane bitten daha fazladır. N tane kübit içeren bir kuantum bilgisayar 2^N tane işlemi paralel olarak gerçekleştirebilir.



Bilim ve Teknik

Eylül 2025 694. sayının ekidir.
Hazırlayan: Dr. Mahir E. Ocak
Grafik Tasarım - Uygulama: Hüseyin Diker

Kaynaklar

Mahir E. Ocak, Schrödinger Denklemi’nin Yüzüncü Yılında Kuantum Mekaniği Özel Kitap Eki 1. Bölüm, Bilim ve Teknik, Mart 2025.
Mahir E. Ocak, Schrödinger Denklemi’nin Yüzüncü Yılında Kuantum Mekaniği Özel Kitap Eki 2. Bölüm, Bilim ve Teknik, Nisan 2025.