

Einstein Haksız mıydı? Qiskit ile İlk Kuantum Deneyimi

Fizik yasaları evrenin iki ayrı ucundaki iki parçacığın kaderini anında bir birine bağlayabilirmi? Albert Einstein bu fikre “ürkütücü uzaktan etki” diyerek şiddetle karşı çıkmıştı. Mantığımızda tamamen aykırı olan bu iddia, modern fiziğin en derin gizemlerinden biridir.

Acaba bu “ürkütücü etki” sadece bir matematiksel soyutlama mıydı, yoksa gerçekten de kodla test edip kanıtlayabileceğimiz bir gerçek mi?

Bu yazıda hiçbir özel donanım ihtiyacı duymadan, sadece bir web tarayıcısı ve IBM’in açık kaynaklı Qiskit kütüphanesini kullanarak bu teoriyi kodlarla kanıtlamaya çalışacağız.

Bölüm 1: Hedefimiz ne? Bell Durumu ve “Anlaşma”

Hedefimiz: Dolanıklığın en temel durumu olan bir **Bell Durumu** yaratmak.

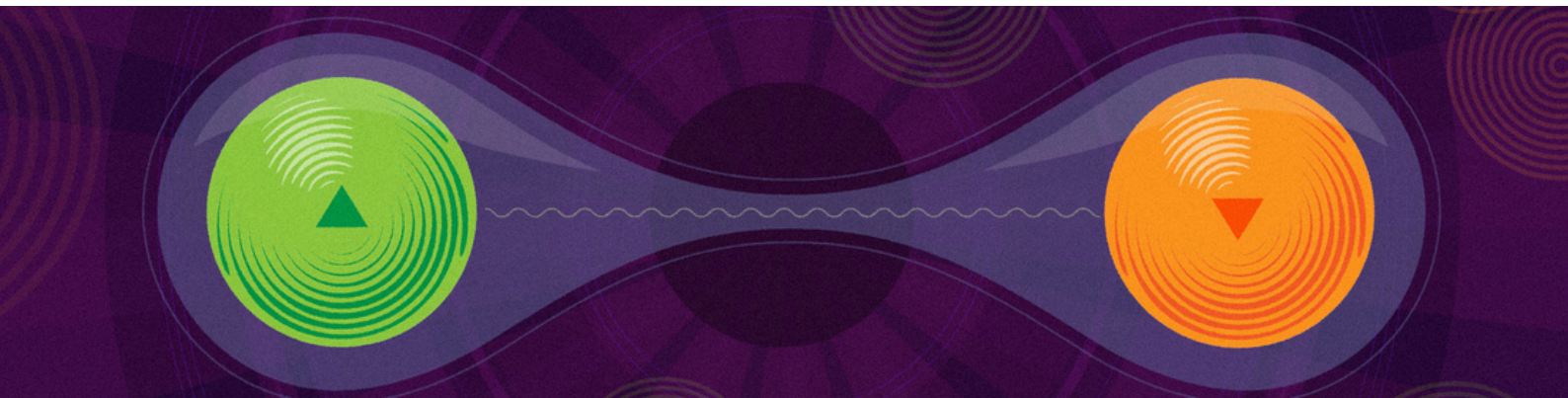
Bir **Dolanıklık durumu** yarattığımızda her bir kübit her zaman diğer kübitin değerini belirler. Klasik bilgisayarların çalışma prensibinde bitler bir durumda ya 0 ya da 1 olur. Ancak kuantum bilgisayarlarda kübitler aynı anda hem 0 hemde 1 olma olasılığını eşit düzeye getirir ve bu sayede hesaplamalar klasik bilgisayarlara göre çok daha hızlıdır.

Bir Bell durumunu, aralarında özel bir anlaşma yapmış iki kübit(klasik bilgisayarlardaki bit’e benzetebilirsiniz) gibi düşünülebiliriz.

Bizim test edeceğimiz anlaşmanın ($|\Phi^+\rangle$ durumu) kuralı çok basittir:

“ Ölçüldüğümüzde sonuçlarımız her zaman aynı olacak.”

Yani, teorik olarak deneyin sonunda görmemiz gereken tek şey 0-0 ve 1-1 sonuçları olmalıydı. 0-1 veya 1-0 gibi zıt sonuçlar “yasak”tı.



Bölüm 2:Proje Zamanı! Kuantum Devresini Kurlmak

Burada amaç, yukarıdaki kuralı uygulayan bir kuantum devresi kurlmak. Qiskit ile sadece bu bir kaç satırlık kod demek.

Devrenin mantığı iki temel kuantum kapısına dayanıyor:

1. **Hadamard Kapısı (H)**: ilk kübiti 0 ve ya 1 olmaktan çıkarıp, her ikisinin de aynı olasılıklarını taşıyan bir **süperpozisyon** durumuna sokar. Bu, belirsizliği yaratan adımdır
2. **CNOT Kapısı (CX)**: İlk kübitin bu belirsiz durumunu kullanarak ikinci kübitin durumunu ona bağlar. Bu aralarında o meşhur dolanıklık bağıını kuran adımdır.

İşte bu mantığı hayata geçiren Python kodu ve devrenin şeması:

Python Kodu:

```
!pip install qiskit[visualization] qiskit-aer

from qiskit import QuantumCircuit
from qiskit_aer import AerSimulator
import matplotlib.pyplot as plt
from qiskit.visualization import plot_histogram

# 2 kübitlik devre yaratır ve sonuçları 2 bite kaydeder.
circuit = QuantumCircuit(2,2)

# ilk kübite Hadamard kapısı uygular ve süperpozisyona sokar.
circuit.h(0)

# ikinci kübiti süperpozisyonda olan kübite bağlayarak dolanıklık durumunu yaratır.
circuit.cx(0,1)

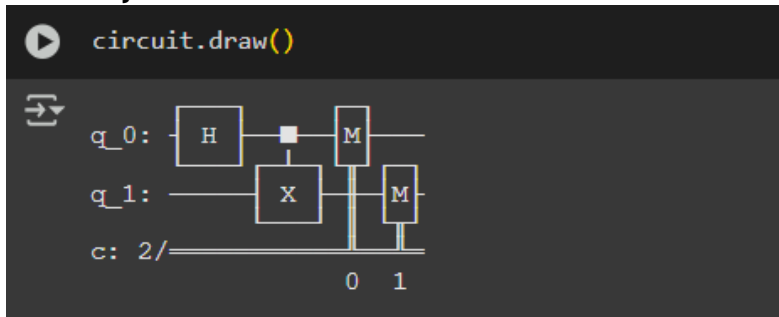
# tüm belirsizlik ortadan kalkar ve kübitler ya 0 ya da 1 olarak kesin bir değer alır,ve bitlere kaydedilir.
circuit.measure([0,1],[0,1])

# kuantum bilgisayar simülasyonu oluşturulur ve deneyi 1024 kez tekrarlar
simulator = AerSimulator()
job = simulator.run(circuit, shots=1024)
result = job.result()
counts = result.get_counts(circuit)

# sonuç 1024 denemenin sonunda hangi sonucun (00 veya 11 gibi) kaç kez çıktığını görselleştirir
print("\nÖlçüm Sonuçları (1024 deneme):", counts)

plot_histogram(counts)
```

Devre Şeması:

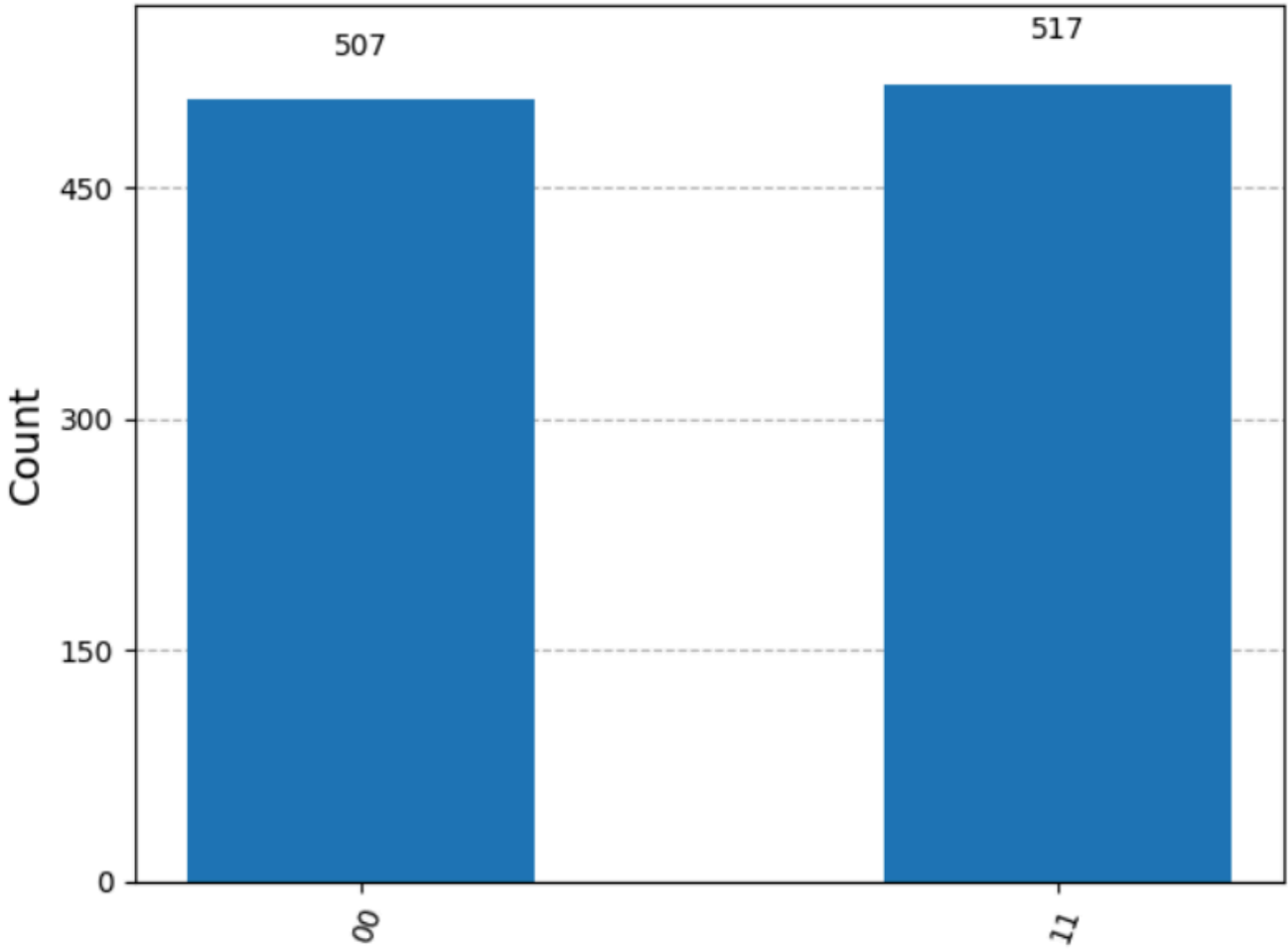


Bölüm 3: Sonuçlar: Teori Pratikte doğrulandı

Peki simülasyon ne sonuç verdi? İşte ham veriler:

- Ölçüm Sonuçları (1024 deneme): {'11': 517, '00': 507}

Bu rakamları bir histogram grafiğine döktüğümüzde ise tablo çok daha netleşiyor:



Bu grafik deneyin başarılı olduğunun kanıtıdır:

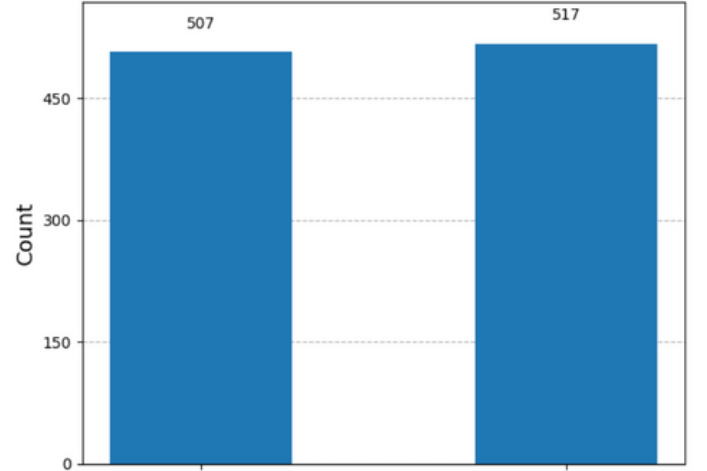
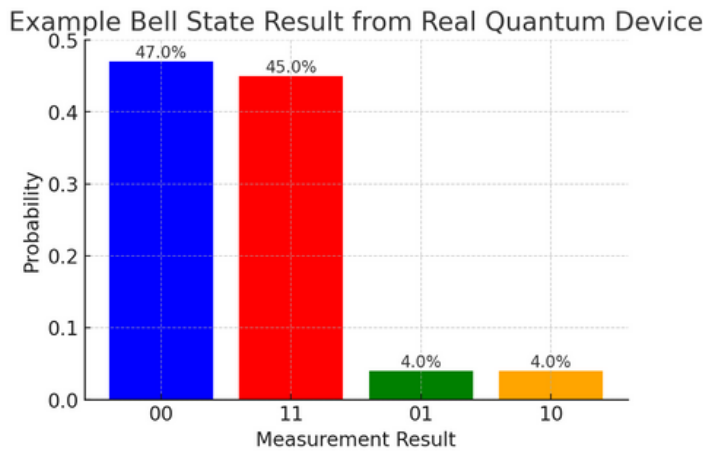
- Kanıt 1 (Dolanıklık):** 1024 denemenin hiçbirinde "yasak" olan 01 veya 10 sonuçları çıkmadı. Parçacıklar, aralarındaki anlaşmaya sadık kaldı.
- Kanıt 2 (Süperpozisyon):** Sonuçlar neredeyse mükemmel bir %50-%50 dağılımı gösteriyor. Bu da ölçüm yapılane kadar sistemin gerçekten belirsiz bir durumda olduğunu doğruluyor

Bölüm 4: Simülasyonun ötesi: Gerçek Donanımın “Gürültü” Dünyası

Simülasyonumuz ideal bir dünyada mükemmel şekilde çalıştı. Peki bu devreyi gerçek bir kauntum bilgisayarda çalıştırsaydık ne olurdu?

Gerçek kuantum donanımları, ortamdaki sıcaklık dalgalanmaları, manyetik alanlar ve lazer atımlarındaki kusurlar fiziksel etkenler yüzünden “**gürültülü**” çalışır. Bu gürültü, kubitlerin hassas kuantum durumunu bozarak hatalara yol açar.

Gerçek bir cihazda çalıştırmamış olsak da, tipik bir sonuç aşağıdaki gibi olurdu. Aşağıdaki grafik, benim ideal simülasyon sonucum ile gerçek bir kuantum cihazından alabileceğimiz örnek bir sonucu karşılaştırıyor:



Bu karşılaştırma günümüz kuantum bilişiminin en büyük mücadelesini gözler önüne seriyor - **Kuantum Hata Düzeltme (Quantum Error Correction)**. Bilim insanlarının ve mühendislerin en büyük hedefi bu "gürültüyü" en aza indirerek gerçek donanımları simülasyonların teorik mükemmelliğine yaklaştırmaktır.

Kapanış: Bir Sonraki Adım Ne?

Bu basit proje, benim için kuantum dünyasının kapısını araladı ve en karmaşık görünen konuların bile pratik deneylerle anlaşılabilirliğini gösterdi. Kuantum bilişimin hala ilk günlerinde olması, aslında bizler için büyük bir fırsat. Keşfedilecek çok şey var!

herkesin bu heyecan verici alana ilk adımı atabileceğini göstermek istedim. Projenin tamamına GitHub'dan ulaşabilir, kendi deneylerinizi yapabilir ve sonuçlarınızı paylaşabilirsiniz.

Bu deneyde kullandığım Colab not defterine GitHub repomdan ulaşabilirsiniz:
----> <https://github.com/ismaylovvm>

Okuduğunuz için teşekkürler!

