

1. Explique brevemente la respuesta que dan Elitzur y Vaidman a su propia pregunta.

"Is it possible to obtain knowledge about the existence of an object in a certain place using interaction-free measurements without any prior information about the object? The answer is, indeed, in the affirmative as we proceed to show."

De manera intuitiva (no tiene mucho sentido en la vida normal pero bueno), lo que pasa es que el primer divisor superpone la partícula (fotón).

Supon entonces que hay una bomba arriba, entonces el estado colapsa y hay probabilidad de 50% de que ocurra. Ahora, digamos que "toma" el camino de abajo, en este caso va por todo el caminito hasta llegar al splitter final y se vuelve a dividir en 2 caminos, "ir" a D₁ o a D₂ con 50% de probabilidad cada uno.

Ahora, si no había bomba en el primer lugar entonces al llegar al segundo haz teníamos una cancelación de manera que siempre llega a D₁. Dicho esto, si vemos una explosión con (50% de probabilidad) había una bomba activa, si vemos activación de D₁ no sabemos nada, pues en ambos casos puede ser activada (25% de probabilidad) finalmente, si vemos a D₂ activado entonces sabemos que algo "raro" paso con la cancelación y hay algo en el camino (25% de probabilidad).

2. Utilizando la librería PennyLane, implemente el circuito de la Figura 12 del artículo de Raj et al.

```
1 !pip install pennylane
```

Show hidden output

```
1 import matplotlib.pyplot as plt
2 from matplotlib.ticker import StrMethodFormatter
3
4 import pennylane as qml
5 import numpy as np
```

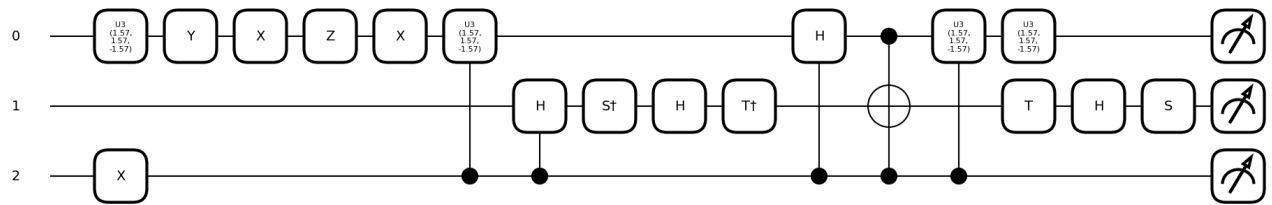
```
1 dev = qml.device('default.qubit',wires=3, shots=10000)
2
3 @qml.qnode(dev)
4 def eV(phase):
5     # Inicio del ultimo
6     qml.PauliX(wires=2) # este pone la bomba
7
8     # Inicio del primero
9     qml.U3(1.57,1.57,-1.57,wires=0)
10    qml.PauliY(wires=0)
11    qml.PauliX(wires=0)
12    qml.PauliZ(wires=0)
13    qml.PauliX(wires=0)
14    qml.ctrl(qml.U3, control=2)(1.57, 1.57, -1.57, wires=0)
15
16    # Inicio del segundo
17    qml.ctrl(qml.Hadamard(1), control=2)
18    qml.adjoint(qml.S(wires=1))
19    qml.Hadamard(1)
20    qml.adjoint(qml.T(wires=1))
21
22    # Primero otra vez
23    qml.ctrl(qml.Hadamard(0), control=2)
24
25    # qml.ctrl(qml.CNOT([0,1]), control=2) creo que hacen lo mismo
26    qml.Toffoli(wires=[0,2,1])
27    qml.ctrl(qml.U3, control=2)(1.57, 1.57, -1.57, wires=0)
28    qml.U3(1.57,1.57,-1.57,wires=0)
29
30    # ahora el segundo
31    qml.T(wires=1)
32    qml.Hadamard(1)
33    qml.S(wires=1)
34
35
36    return qml.probs()
```



```

1 phase = [0,0]
2 fig, ax = qml.draw_mpl(eV, style='', decimals=2)(phase)
3 fig.show()

```

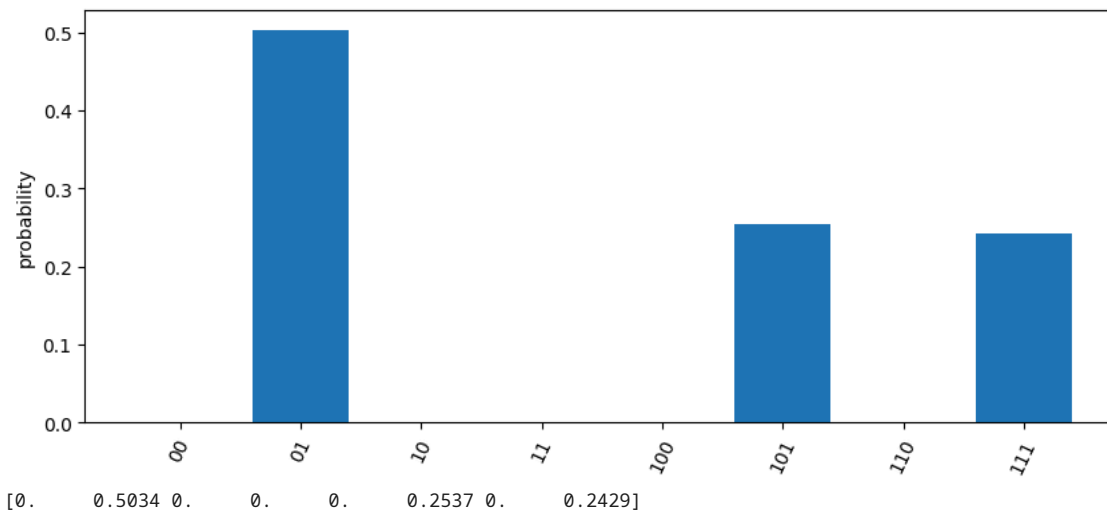


3. Simulando el circuito, obtenga las probabilidades de los estados posibles, tanto cuando la bomba esta activa, como cuando no lo esta. Distinga claramente ambos casos.

```

1 resultados = eV(phase)
2 resultados
3
4 ## CODIGO SACADO DEL NOTEBOOK "pennylane.ipynb"
5 # Create the plot
6 fig, ax = plt.subplots(figsize = (10,4))
7
8 plt.bar(range(len(resultados)), resultados)
9
10 idx = np.asarray([i for i in range(len(resultados))])
11
12 ax.set_xticks(idx)
13
14 ax.set_xticklabels(idx, rotation=65)
15
16 ax.xaxis.set_major_formatter(StrMethodFormatter("{x:02b}"))
17
18 # Add a title and labels
19 plt.ylabel('probability')
20
21
22 # Display the plot
23 plt.show()
24 print(resultados)

```



Como ya habíamos dicho, el 50% de los casos obtenemos una explosión (la bomba sí estaba), en el 25% de los casos no hay explosión pero no sabemos si la bomba estaba o no, finalmente en el 25% de los casos cuando D₂ se activa sabemos que hay una bomba y no hay explosión.

Queda claro que 01 es cuando la bomba está por su cercanía al 50%, también sabemos por el diseño que el 111 es cuando es inconcluso y 101 es cuando tenemos la detección sin explosión. # no estoy 100% seguro de eso

Si quitamos la bomba, el único resultado será 00

4. Explique el significado de las probabilidades obtenidas en los dos casos anteriores.

Esto ya lo dijimos antes.

5. Discuta la relevancia de este diseño experimental/computacional.

Lo primero que quiero destacar es lo “mágico” que es este experimento: poder detectar algo sin interactuar directamente con ello es un fenómeno que no tiene equivalente en la experiencia cotidiana. Sin embargo, algunas analogías, como inferir información a partir de indicios indirectos, pueden dar una idea intuitiva de cómo funciona.

Este diseño nos permite entender mejor conceptos como la superposición, donde el fotón “explora” ambos caminos, así como la interferencia y el colapso de la superposición cuántica. Existen incluso aplicaciones reales, como los sensores cuánticos que aprovechan la interferencia y la medición sin interacción directa. Además, la posibilidad de construir circuitos cuánticos complejos sienta las bases para algoritmos más avanzados en computación cuántica.

6. Exporte el cuaderno a pdf y súbelo en el espacio correspondiente en Canvas