

15-quantum-un-qubit-heisenberg-04

Quantum Computing

Il principio di indeterminazione di Heisenberg
e un qubit

1

1

principio di indeterminazione di Heisenberg

- nella meccanica quantistica il principio stabilisce l'impossibilità di determinare con precisione a priori illimitata i valori di due variabili incompatibili, che specificano lo stato di una particella
 - es. posizione e velocità
- indaghiamo il principio usando il quantum computing

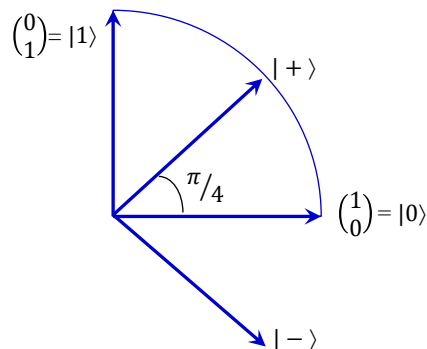
2

2

15-quantum-un-qubit-heisenberg-04

due basi

- usiamo due basi per descrivere lo stesso qubit
 - la base costituita dai vettori $|0\rangle$ e $|1\rangle$
 - e la base costituita da $|+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle$ e $|-\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle - \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle$



3

$|+\rangle$ e $|-\rangle$ è una base

- in primo luogo $|+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle$ è effettivamente uno stato
 - infatti $\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1$
- e anche $|-\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle - \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle$ è effettivamente uno stato
 - infatti $\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(-\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1$

4

4

15-quantum-un-qubit-heisenberg-04

$|+\rangle$ e $|-\rangle$ è una base

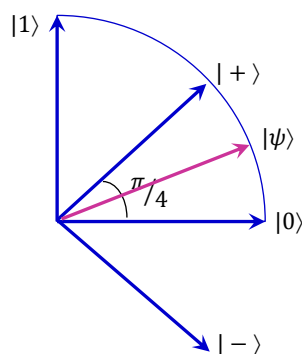
- inoltre $|+\rangle$ e $|-\rangle$ sono perpendicolari tra loro
- per dimostrarlo basta calcolare il loro prodotto scalare $\langle + | - \rangle = \begin{pmatrix} 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1/\sqrt{2} \\ -1/\sqrt{2} \end{pmatrix}$ e osservare che ha valore nullo

5

5

due misure

- dato un qubit $|\psi\rangle$, possiamo misurarlo sia usando la base $|0\rangle$ e $|1\rangle$ sia usando la base $|+\rangle$ e $|-\rangle$
- la prima misura si chiama in letteratura *bit-value* e la seconda si chiama *sign-value*



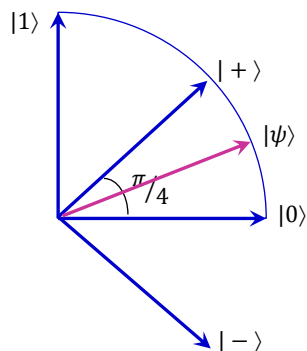
6

6

15-quantum-un-qubit-heisenberg-04

posizione e velocità

- immaginiamo ora che il bit-value corrisponda alla *posizione* e che il sign-value corrisponda alla *velocità*

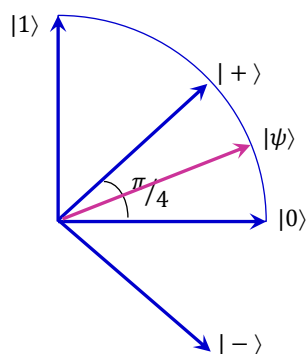


7

7

posizione e velocità

- è possibile in un certo istante conoscere *posizione e velocità* di un qubit?



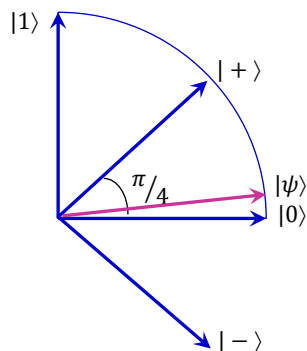
8

8

15-quantum-un-qubit-heisenberg-04

conoscenza perfetta del bit-value

- perchè si possa conoscere perfettamente il bit-value di $|\psi\rangle$ occorre che esso sia $|0\rangle$ oppure $|1\rangle$

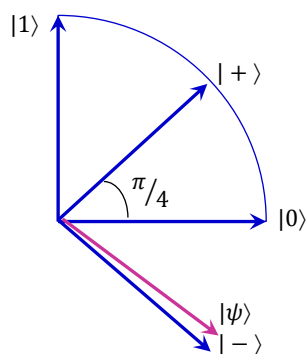


9

9

conoscenza perfetta del sign-value

- perchè si possa conoscere perfettamente il sign-value di $|\psi\rangle$ occorre che esso sia $|+\rangle$ oppure $|-\rangle$



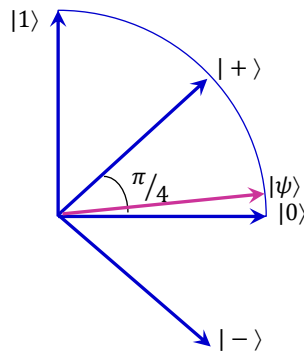
10

10

15-quantum-un-qubit-heisenberg-04

conoscenza perfetta di entrambi

- se possiamo conoscere perfettamente il bit-value di $|\psi\rangle$, es. perchè esso è molto vicino a $|0\rangle$, allora abbiamo molta incertezza sul sign-value
 - è $|+\rangle$ con probabilità $1/2$ e $|-\rangle$ con probabilità $1/2$

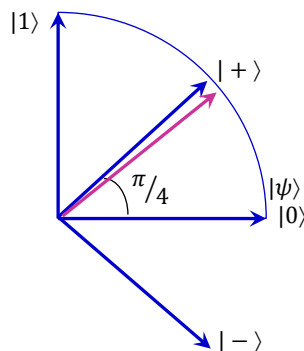


11

11

conoscenza perfetta di entrambi

- se possiamo conoscere perfettamente il sign-value di $|\psi\rangle$, es. perchè esso è molto vicino a $|+\rangle$, allora abbiamo molta incertezza sul bit-value
 - è $|0\rangle$ con probabilità $1/2$ e $|1\rangle$ con probabilità $1/2$



12

12