Teleportacja kwantowa

Maciej Kolanowski

08.2012

Problemy

Transport

Problemy

Transport

- Nieoznaczoność
- Dekoherencja
- A nawet zakaz klonowania

i wiele innych przeszkód

Inne propozycje?

Notacja Diraca

Stan układu w mechanice kwantowej to WEKTOR:
$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$
$\alpha, \beta \ \epsilon C$

Notacja Diraca

Stan układu w mechanice kwantowej to WEKTOR:

$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$

$\alpha, \beta \, \epsilon C$

$|\psi\rangle = \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix}$ "ket"

$\langle\psi| = \begin{pmatrix} \alpha^* & \beta^* \end{pmatrix}$ "bra"

$\langle\phi|\psi\rangle$ "bra-ket"

$|0\rangle = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$

$|1\rangle = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$

Iloczyn tensorowy

Iloczyn tensorowy dwóch wektorów rozważamy w bazie:
$|0\rangle \otimes |0\rangle$, $|0\rangle \otimes |1\rangle$, $|1\rangle \otimes |0\rangle$, $|1\rangle \otimes |1\rangle$

Iloczyn tensorowy

Iloczyn tensorowy dwóch wektorów rozważamy w bazie:
$|0\rangle \otimes |0\rangle$, $|0\rangle \otimes |1\rangle$, $|1\rangle \otimes |0\rangle$, $|1\rangle \otimes |1\rangle$
Na przykład:
$|\psi\rangle \otimes |\phi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle) \otimes \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle - |1\rangle) =$

Iloczyn tensorowy

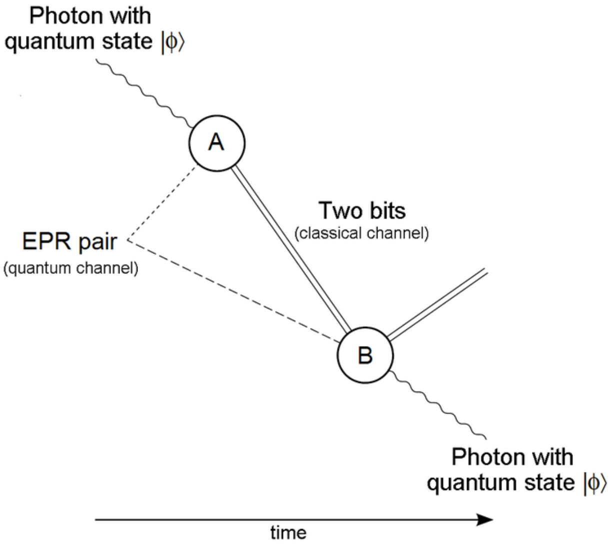
Iloczyn tensorowy dwóch wektorów rozważamy w bazie:
$|0\rangle \otimes |0\rangle$, $|0\rangle \otimes |1\rangle$, $|1\rangle \otimes |0\rangle$, $|1\rangle \otimes |1\rangle$
Na przykład:
$|\psi\rangle \otimes |\phi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle) \otimes \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle - |1\rangle) =$
$\frac{1}{2}|0\rangle \otimes |0\rangle - \frac{1}{2}|0\rangle \otimes |1\rangle + \frac{1}{2}|1\rangle \otimes |0\rangle - \frac{1}{2}|1\rangle \otimes |1\rangle$
Iloczyn tensorowy jest dwuliniowy:
$(\alpha|\psi\rangle) \otimes |\phi\rangle = \alpha(|\psi\rangle \otimes |\phi\rangle) = |\psi\rangle \otimes (\alpha|\phi\rangle)$

Iloczyn tensorowy

Iloczyn tensorowy dwóch wektorów rozważamy w bazie:
$|0\rangle \otimes |0\rangle$, $|0\rangle \otimes |1\rangle$, $|1\rangle \otimes |0\rangle$, $|1\rangle \otimes |1\rangle$
Na przykład:
$|\psi\rangle \otimes |\phi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle) \otimes \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle - |1\rangle) =$
$\frac{1}{2}|0\rangle \otimes |0\rangle - \frac{1}{2}|0\rangle \otimes |1\rangle + \frac{1}{2}|1\rangle \otimes |0\rangle - \frac{1}{2}|1\rangle \otimes |1\rangle$
Iloczyn tensorowy jest dwuliniowy:
$(\alpha|\psi\rangle) \otimes |\phi\rangle = \alpha(|\psi\rangle \otimes |\phi\rangle) = |\psi\rangle \otimes (\alpha|\phi\rangle)$
$|\psi\rangle \otimes (|\phi\rangle + |\omega\rangle) = |\psi\rangle \otimes |\phi\rangle + |\psi\rangle \otimes |\omega\rangle$

Splątanie!

Splątanie to związanie parametrów dwóch cząstek ze sobą.
Przykład:
$|0\rangle \otimes |0\rangle + |1\rangle \otimes |1\rangle$


Photon with
quantum state |ϕ⟩
A
Two bits
(classical channel)
EPR pair
(quantum channel)
B
Photon with
quantum state |ϕ⟩
time

Splątanie!

Stan przesyłanej cząstki:
$|\psi\rangle_P = \alpha|0\rangle_P + \beta|1\rangle_P$
Stan całego układu to:
$|\Phi^-\rangle_{AB} \otimes |\psi\rangle_P$
$|\Phi^-\rangle_{AB} = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle_A \otimes |0\rangle_B - |1\rangle_A \otimes |1\rangle_B)$

I CO Z TEGO WYNIKA?

Stany Bella

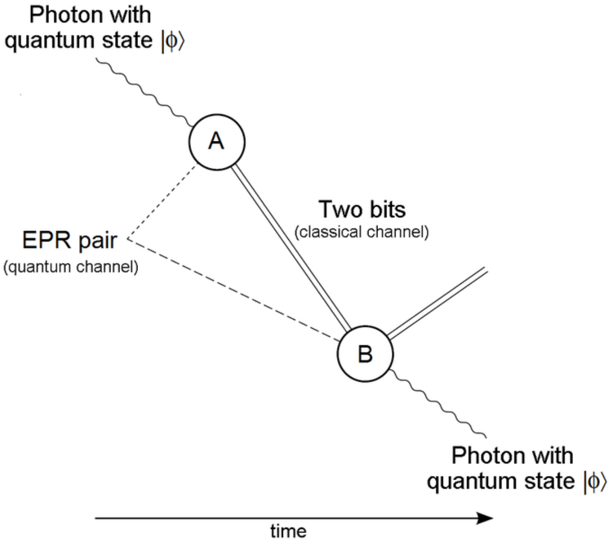
- $|\Phi^+\rangle_{AB} = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle_A \otimes |0\rangle_B + |1\rangle_A \otimes |1\rangle_B)$
- $|\Phi^-\rangle_{AB} = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle_A \otimes |0\rangle_B - |1\rangle_A \otimes |1\rangle_B)$
- $|\Psi^+\rangle_{AB} = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle_A \otimes |1\rangle_B + |1\rangle_A \otimes |0\rangle_B)$
- $|\Psi^-\rangle_{AB} = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle_A \otimes |1\rangle_B - |1\rangle_A \otimes |0\rangle_B)$

Podstawienie

Przekształcimy nasz stan układu korzystając z podstawień:

$$|0\rangle \otimes |0\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|\Phi^+\rangle + |\Phi^-\rangle)$$
$$|0\rangle \otimes |1\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|\Psi^+\rangle + |\Psi^-\rangle)$$
$$|1\rangle \otimes |0\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|\Psi^+\rangle - |\Psi^-\rangle)$$
$$|1\rangle \otimes |1\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|\Phi^+\rangle - |\Phi^-\rangle)$$

Protokół


Photon with
quantum state |ϕ⟩
A
EPR pair
(quantum channel)
Two bits
(classical channel)
B
Photon with
quantum state |ϕ⟩
time

Macierze Pauliego

Aby przekształcić stan B użyjemy bramek kwantowych:

$$x = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$y = \begin{bmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{bmatrix}$$

$$z = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$$

Możemy je interpretować jako stałe pole magnetyczne.

Tablica : Która macierz?

Stan B	Macierz
$\alpha\vert 0\rangle - \beta\vert 1\rangle$	z
$\alpha\vert 0\rangle + \beta\vert 1\rangle$	Id
$\beta\vert 0\rangle - \alpha\vert 1\rangle$	$-iy$
$\beta\vert 0\rangle + \alpha\vert 1\rangle$	x

Podsumowanie

- Co zrobiliśmy?
- Konwersja zasobów
- Ograniczenie prędkości

Pytania?

Pytania?

Dziękuję za uwagę!