Qubit polaryzacyny

5 października 2015
00:01

1.
- Problemy ze światłem → Mechanika kwantowa (foton), indeterminizm, superpozycja, splątanie.
- Kwantowa informacja – układy kwantowe jako nośniki informacji. Co nowego wnosza efekty kwantowe: komunikacja, obliczenia, bezpieczeństwo, ...
- polaryzacja fotonu – podst. model

2. Pol. fali e-m

$E_{0x}\hat{e}_x \cos(kz-\omega t)$, $E_{0y}\hat{e}_y \cos(kz-\omega t)$

superpozycje, liniowa, kołowa, itp. Ogólnie:

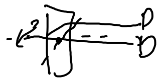
$$\vec{E} = \begin{bmatrix} E_{0x}\cos(kz-\omega t+\varphi_x) \\ E_{0y}\cos(kz-\omega t+\varphi_y) \end{bmatrix} = \mathrm{Re}\left[\vec{\mathcal{E}}\, e^{i(kz-\omega t)}\right]$$

$$\vec{\mathcal{E}} = \begin{bmatrix} E_{0x}e^{i\varphi_x} \\ E_{0y}e^{i\varphi_y} \end{bmatrix} \overset{F}{=} \begin{bmatrix} E_{0x} \\ E_{0y}e^{i\varphi} \end{bmatrix}$$

$$\left\{ \underset{\leftrightarrow}{\begin{bmatrix}1\\0\end{bmatrix}}, \underset{\updownarrow}{\begin{bmatrix}0\\1\end{bmatrix}}, \underset{\nearrow}{\frac{1}{\sqrt2}\begin{bmatrix}1\\1\end{bmatrix}}, \underset{\searrow}{\frac{1}{\sqrt2}\begin{bmatrix}1\\-1\end{bmatrix}}, \underset{\circlearrowright}{\frac{1}{\sqrt2}\begin{bmatrix}1\\i\end{bmatrix}}, \underset{\circlearrowleft}{\frac{1}{\sqrt2}\begin{bmatrix}1\\-i\end{bmatrix}} \right\}$$

natężenie $I \propto |\vec{\mathcal{E}}|^2 = |E_{0x}|^2 + |E_{0y}|^2$

- Transf. pol.
- polaryzator: $\begin{bmatrix}1&0\\0&0\end{bmatrix}$ (płytka PBS)



- płytka falowa: $\begin{bmatrix} e^{i\varphi_x} & \\ & e^{i\varphi_y} \end{bmatrix} \overset{F}{=} \begin{bmatrix} e^{i\frac{\alpha}{2}} & 0 \\ 0 & e^{-\frac{i\alpha}{2}} \end{bmatrix}$ $\alpha=\pi$ – półfalówka, $\alpha=\frac{\pi}{2}$ ćwierć.

3. Pojedynczy foton:

$|\psi\rangle = \begin{bmatrix}\psi_x \\ \psi_y\end{bmatrix}$ $p_x = |\psi_x|^2$ $p_y = |\psi_y|^2$

$|\leftrightarrow\rangle, |\updownarrow\rangle, |\nearrow\rangle, |\searrow\rangle, |\circlearrowright\rangle, |\circlearrowleft\rangle$

Kw. superpozycja ≠ mieszanka przypadków. $\left\{ \begin{matrix} |\leftrightarrow\rangle \\ |\updownarrow\rangle \end{matrix} \right\}$

4. Notacja braket

$|\psi\rangle = \psi_x|\leftrightarrow\rangle + \psi_y|\updownarrow\rangle$ $\langle\psi| = |\psi\rangle^\dagger = \langle\leftrightarrow|\psi_x^* + \langle\updownarrow|\psi_y^*$

$\langle\psi|\varphi\rangle = \psi_x^*\varphi_x + \psi_y^*\varphi_y$

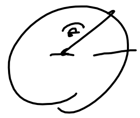
inna baza $|\psi\rangle = \sum_i \psi_i |e_i\rangle$ $\psi_i = \langle e_i|\psi\rangle$

operacja z.ch. prawdopodobieństw: $U = \begin{bmatrix} \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \end{bmatrix}$, $U^\dagger U = I$

np. płytka falowa

5. qubit i sfera Blocha

$|\psi\rangle = \cos\frac{\theta}{2}|\leftrightarrow\rangle + \sin\frac{\theta}{2} e^{i\varphi}|\updownarrow\rangle$



Pomiar polaryzacji w bazie

$\updownarrow\!\!\leftrightarrow$ $P_\leftrightarrow = |\leftrightarrow\rangle\langle\leftrightarrow|$ $p_\leftrightarrow = |\langle\psi|\leftrightarrow\rangle|^2 = \langle\psi||\leftrightarrow\rangle\langle\leftrightarrow||\psi\rangle$

$P_\updownarrow = |\updownarrow\rangle\langle\updownarrow|$ $p_\updownarrow$

$\nearrow\!\!\searrow$ $P_\nearrow, P_\searrow$ ...

$\circlearrowleft\circlearrowright$ $P_\circlearrowleft$ $\circlearrowright$

$\sigma_z = \begin{bmatrix} 1 & \\ & -1 \end{bmatrix}$, $\sigma_x = |\nearrow\rangle\langle\nearrow| - |\searrow\rangle\langle\searrow| = \frac{1}{2}\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$

$\sigma_y = |\circlearrowleft\rangle\langle\circlearrowleft| - |\circlearrowright\rangle\langle\circlearrowright| = \frac{1}{2}\begin{bmatrix} 1 \\ i \end{bmatrix}(1\ -i) - \frac{1}{2}\begin{bmatrix} 1 \\ -i \end{bmatrix}(1\ i) = \begin{bmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{bmatrix}$

$$\vec{s} = \begin{pmatrix} \langle\sigma_x\rangle \\ \langle\sigma_y\rangle \\ \langle\sigma_z\rangle \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sin\theta\cos\varphi \\ \sin\theta\sin\varphi \\ \cos\theta \end{pmatrix}$$

$$|\langle\psi|\psi'\rangle| = \frac{1}{2}\left(1 + \vec{s}\,\vec{s}\,'\right)$$

odpowiedniki macierzy Jonesa w obrazie wektora Blocha

(SU(2) vs SO(3))