

NTMF036

INTERPRETACE KVANTOVÉ MECHANIKY

Shrnutí 1. přednášky

Pavel Krtouš

Kvantový systém

- ⊙ aktivní role pozorovatele v procesu měření
- ⊙ měření ovlivňuje systém
- ⊙ nemožnost současného změření všech vlastností
- ⊙ nedeterministické výsledky měření
- ⊙ kvantový stav = maximální znalost
- ⊙ kvantová nerozlišitelnost a superpozice

Kvantový prostor stavů

kvantový stav = maximální možná znalost systému

prostor stavů = Hilbertův prostor \mathcal{H}

$|\text{stav}\rangle$ $|\psi\rangle$ $|\text{pol: } x\rangle$ $|\text{hyb: } p\rangle$ $|\uparrow\rangle$ $|\downarrow\rangle$

linearita a skalární součin

Elementární kvantové měření

= nejlepší možné měření

- ⊙ maximální sada komutujících pozorovatelných



- ⊙ všechny možné výsledky (číslované indexem n)



- ⊙ báze kompatibilních stavů

$$|m\rangle \quad m \in I$$

$$\langle m|n\rangle = \begin{cases} 1 & m = n \\ 0 & m \neq n \end{cases}$$

Elementární kvantové měření

- báze kompatibilních stavů

$$|m\rangle \quad m \in I \qquad \langle m|n\rangle = \begin{cases} 1 & m = n \\ 0 & m \neq n \end{cases}$$

- proces měření (von Neumann) – kolaps/redukce kvantového stavu

- před měřením:

$$|st\rangle$$

- po měření:

výsledek

m

pravděpodobnost

$$p(m|st) = \frac{|\langle m|st\rangle|^2}{\langle st|st\rangle}$$

výsledný stav

$$|\text{red}\rangle = |m\rangle\langle m|st\rangle$$

Fáze a normalizace stavu

- ⊙ globální fáze stavu je irelevantní

$$e^{i\alpha} |\text{stav}\rangle \leftrightarrow |\text{stav}\rangle$$

- ⊙ relativní fáze v nerozlišitelných variantách je důležitá

$$\alpha_{\uparrow} |\uparrow\rangle + \alpha_{\downarrow} |\downarrow\rangle$$

Fáze a normalizace stavu

- ⦿ normalizace stavu lze použít k informaci o pravděpodobnosti stavu

$$p(\text{st}) = \langle \text{st} | \text{st} \rangle$$

- ⦿ pravděpodobnost výsledku měření

$$p(m) = p(m|\text{st})p(\text{st}) = \langle \text{red} | \text{red} \rangle = |\langle m | \text{st} \rangle|^2$$

Statistická směs

- ⊙ *směs* = statistický soubor kvantově rozlišitelných
ale klasicky nerozlišovaných stavů

$$\{|st\ 1\rangle, |st\ 2\rangle, |st\ 3\rangle, \dots\}$$

$$p_k = \langle st\ k|st\ k\rangle$$

- ⊙ měření bez čtení výsledku

$$|stav\rangle \rightarrow \{ |m\rangle\langle m|stav\rangle \}_{m \in I}$$

Obecné kvantové měření

= nemusí rozlišovat potenciálně dostupnou informaci

- ⊙ sada komutujících pozorovatelných



- ⊙ výsledky číslované fyzikální hodnotou a
- ⊙ znalost a neurčuje jednoznačně stav



- ⊙ ortogonální podprostory \mathcal{H}_a stavů se stejnou hodnotou a

projektory na \mathcal{H}_a – \hat{P}_a

Obecné kvantové měření

- báze kompatibilních (ortogonálních) podprostorů \mathcal{H}_a

projektory na \mathcal{H}_a – \hat{P}_a

- proces měření (von Neumann) – kolaps/redukce kvantového stavu

- před měřením:

$|st\rangle$

- po měření:

výsledek

pravděpodobnost

výsledný stav

a

$$p(a|st) = \frac{\langle st | \hat{P}_a | st \rangle}{\langle st | st \rangle}$$

$$|red\rangle = \hat{P}_a |st\rangle$$