

## Rozsah přednášky

- \* Kvantová teorie jedné částice
- \* Základní formalismus a postuláty kvantové teorie
- \* Interpretace kvantového formalismu *à la Kodaň*
- \* Časový vývoj v kvantové mechanice
- \* Jednoduché kvantové problémy s jednou částicí
  - Částice v potenciálové jámě
  - Lineární harmonický oscilátor
  - Moment hybnosti a spin elektronu
  - Atom vodíku
- \* Kvantové provázání, kvantové počítání a dekoherence

## Stav: centrální pojem KM

**Kvantový stav je vždy reprezentován vektorem!**

Pojem stavu zná i klasická mechanika, termodynamika a optika

- Stav plynu  $(V, p, T)$  ← Není vektorem
- Stav soustavy hmotných bodů  $(q_1, p_1, q_2, p_2, \dots)$  ← Není normalizovaný
- Polarizační stav světla  $|R\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ -i \end{pmatrix}$  ← Je normalizovaný a komplexní

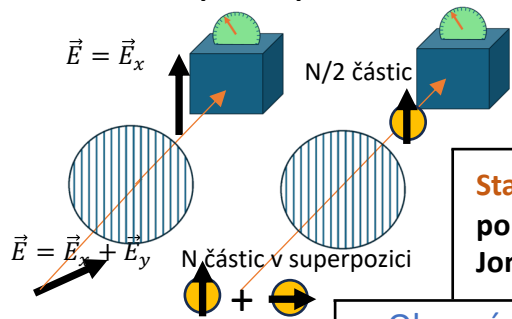
**Stav kvantového systému** je kompletně popsán **normalizovaným**, obecně **komplexním vektorem**. Naučíme se tento vektor **reprezentovat**, **interpretovat** a popisovat jeho časový vývoj.

## Výchozí poznatky o mikrosvětě

- Dualitní chování elementárních "částic":** entity intuitivně považované za **částice** vykazují interferenci, tedy **vlňové chování**; entity experimentálně (sic!) potvrzené jako **vlňové** vykazují **částicové chování**
- Diskrétní charakter stavů (kvantování):** vázané stavy částic vykazují **diskrétní energetické stavy**
- Předběžně lze říci: V mikrosvětě nelze "naivně" měřit** kontinuálně polohu, rychlost a další veličiny – nemáme "čím" se dívat.

## Klasický experiment s polarizací

### Měření a manipulace polarizace světla



	Klasicky	Kvantově
<b>Detektor měří energii jako</b>	$I \approx E^2$	$N\hbar\omega$ (počet částic s kvantem energie)
<b>Polarizátor propouští</b>	složku pole $E$ v daném směru	částice s polarizací v daném směru

**Stav světla = polarizaci popíšeme jednotkovými Jonesovými vektory.**

Lineárně polarizované světlo:

$$\vec{v} = \frac{1}{\sqrt{a^2+b^2}} \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$$

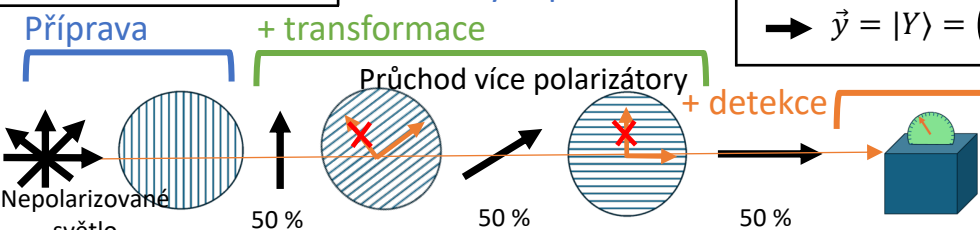
$$a = E_x e^{i\phi_x}$$

$$b = E_y e^{i\phi_y}$$

$$\vec{x} = |X\rangle = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \rightarrow \quad |D\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\vec{y} = |Y\rangle = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad \rightarrow \quad |A\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \end{pmatrix}$$

### Obecný experiment

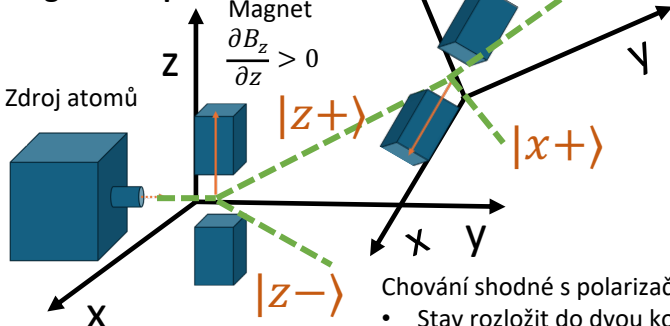


Polarizaci lze vždy reprezentovat jako **"superpozici"** dvou kolmých polarizací, např.

$$|D\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

## Sternův – Gerlachův experiment

### Vychýlení atomu v nehomogenním magnetickém poli



Chování shodné s polarizačním:

- Stav rozložit do dvou kolmých složek
- **Stavový vektor tu NENÍ shodný s prostorovým průmětem spinu!!!**

## Formalismus kvantové mechaniky

Vypadá do značné míry jako "zobecněné" Jonesovy vektory

- Každý stav je reprezentován jednotkovým "sloupcovým", tzv. **ket vektorem**, graficky např.  $|\psi_1\rangle$ ,
- navzájem neslučitelné stavy = ortogonální vektory

**Skalární součin** vektorů  $|\psi_1\rangle$  a  $|\psi_2\rangle$  značíme  $\langle\psi_1|\psi_2\rangle$

Stavy jsou normalizované na 1, tj.  $\langle\psi_1|\psi_1\rangle = 1$

Pro **neslučitelné** (plně odlišitelné) stavy platí  $\langle\psi_1|\psi_2\rangle = 0$

Zápis  $\langle\psi_1|$  odpovídá "řádkovému" vektoru, tzv. **bra vektoru**  
 $|\psi\rangle = a_1|\psi_1\rangle + b_1|\psi_2\rangle \rightarrow |a_1|^2 \dots$  pravděpodobnost naměřit systém ve stavu  $|\psi_1\rangle$

**Příště: Manipulace stavu světla se provádí pomocí matic**

**Operátory  
Filtry  
Detektory**

## Zdroje:

Přednáška UKM z roku 2021: <https://www.mancal.cz/teaching/introduction-to-quantum-theory-lecture/>

• Úvod do úvodu: <https://www.youtube.com/embed/gvBTr0eiitM>

• Jonesův formalismus:

• Pojem stavu: <https://www.youtube.com/embed/veq4RkPJ1SQ>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Jones\\_calculus](https://en.wikipedia.org/wiki/Jones_calculus)

Článek v časopise Vesmír: T. Mančal, Alberte nezlob se, Vesmír 102 (2023) 498