

Kauzalita a kvantová teorie

Dominik Miketa

Jan Brandejs

Jan Mrozek

Úvod

- Kauzalita
- Bellovy nerovnice
- Kvantová mechanika

Myšlenkový experiment

- Pravidla komunikace:
 - A a B spolu nesmí komunikovat
 - C může komunikovat s každým
 - C otevírá obálky z E

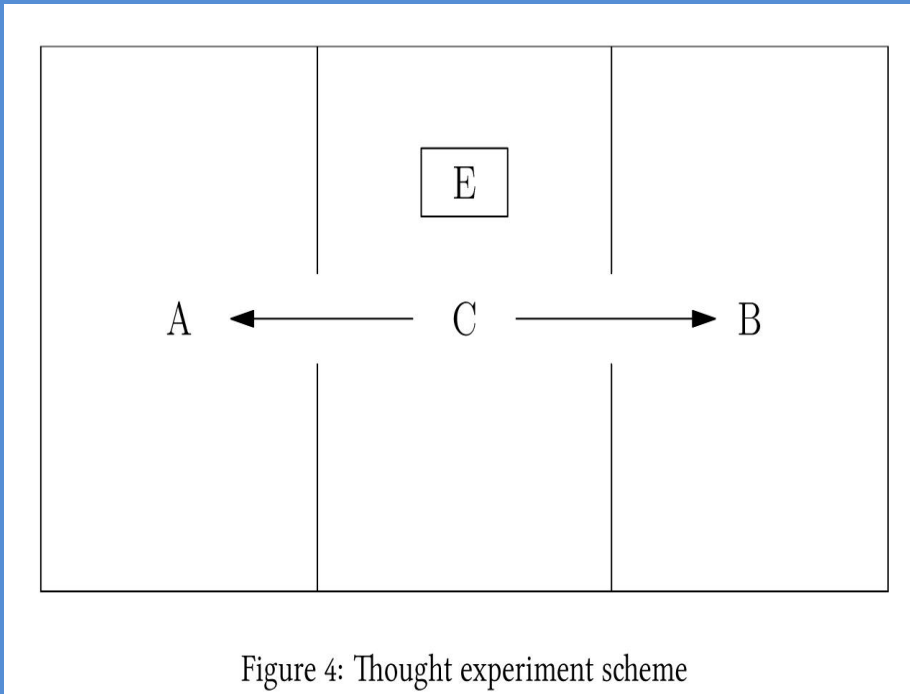
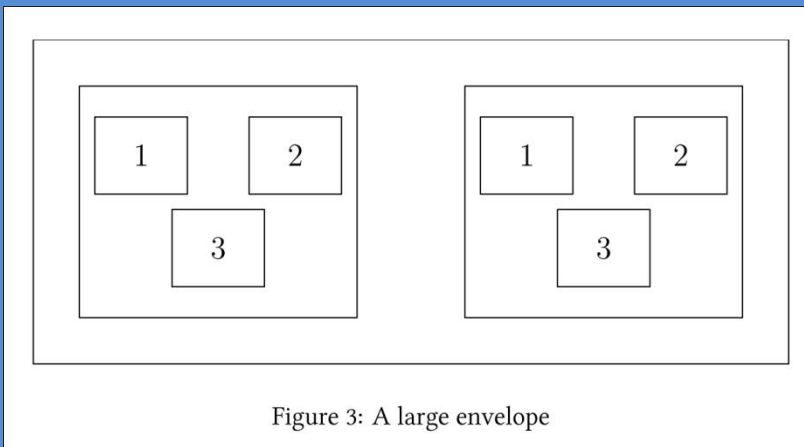


Figure 4: Thought experiment scheme

Obálky

- Velká
 - 2 střední
 - 3 malé
- Pravidla pro obálky:
 - Červená a modrá
 - C posílá náhodně střední obálky
 - A a B si náhodně vyberou malou obálku



Typy obálek

Wa	M, M, M	č, č, č
Wb	M, M, č	č, č, M
Wc	M, č, M	č, M, č
Wd	M, č, č	č, M, M

- 4 typy
- $W_a = 0.25$
- $W_a = W_b = W_c = W_d$

Pravděpodobnosti

- $P(1M, 1M) = 0$

- $P(2M, 2\check{C}) = \frac{1}{9} \frac{1}{2}$

- $P(1M, 3\check{C}) = \frac{1}{2} \frac{1}{9} (W_c + W_d)$

Bellovy nerovnosti

- $P(1\check{C},2\check{C})+P(2\check{C},3\check{C}) \geq P(1\check{C},3\check{C})$
- *Důkaz:*
- $$\frac{1}{18}(W_c + W_d) + \frac{1}{18}(W_b + W_d) \geq \frac{1}{18}(W_b + W_c)$$
- *Po úpravě: $W_d \geq 0$*

Simulace

- Epsilon
- $\varepsilon = 1 \Rightarrow$ náhodné
- $\varepsilon = 0 \Rightarrow$ korelované
- Generuje náhodné obálky
- Počítá typy obálek

Výsledky

- F pozitivní => pravdivá
- F negativní => porušena

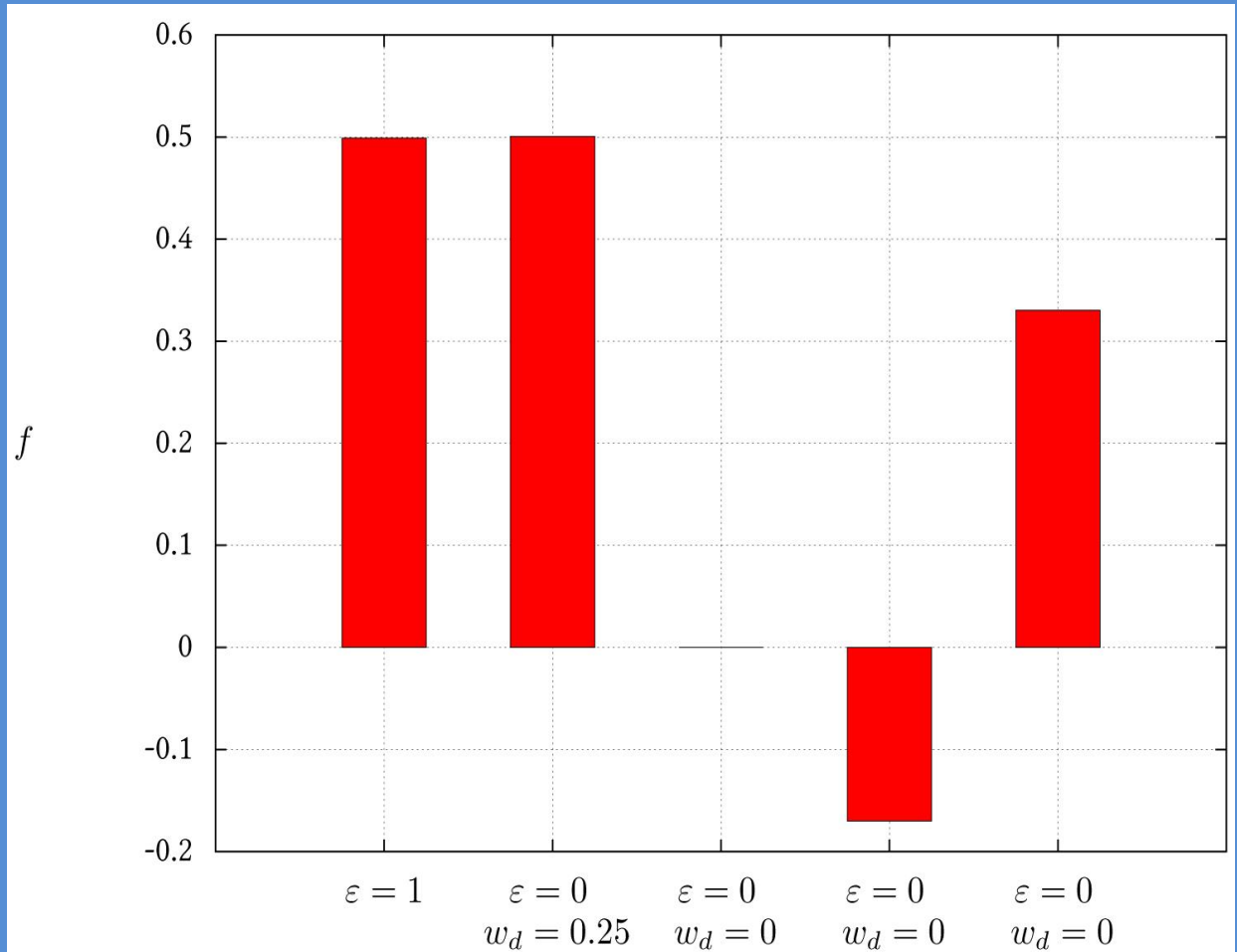
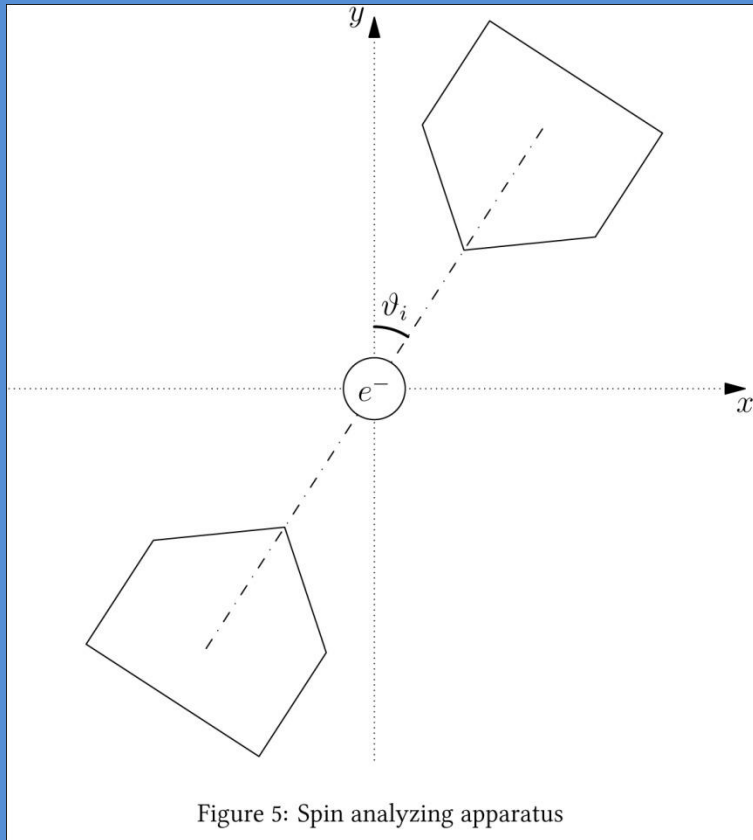


Figure 2: Results of the simulations

Bellův test



- Testování spinů elektronů
- Pokud jsou v kauzální soustavě => platí Bellovy nerovnosti
- Existuje takové nastavení magnetů, že Bellovy nerovnosti neplatí

Spin a úhly

Spin

- Vlastnost kvantového objektu
- 2 možné hodnoty
 - $+h/2$
 - $-h/2$

Úhel

- Natočení magnetů vůči fixní ose
- Závisí na něm naměřený spin

Funkce

$$P(1+,2+) + P(2+,3+) \geq P(1+,3+)$$

$$1 + \cos \mathcal{G}_{13} - \cos \mathcal{G}_{12} - \cos \mathcal{G}_{23} \geq 0$$

$$f(\mathcal{G}_{12}, \mathcal{G}_{23}) = 1 + \cos \mathcal{G}_{13} - \cos \mathcal{G}_{12} - \cos \mathcal{G}_{23}$$

Výsledky

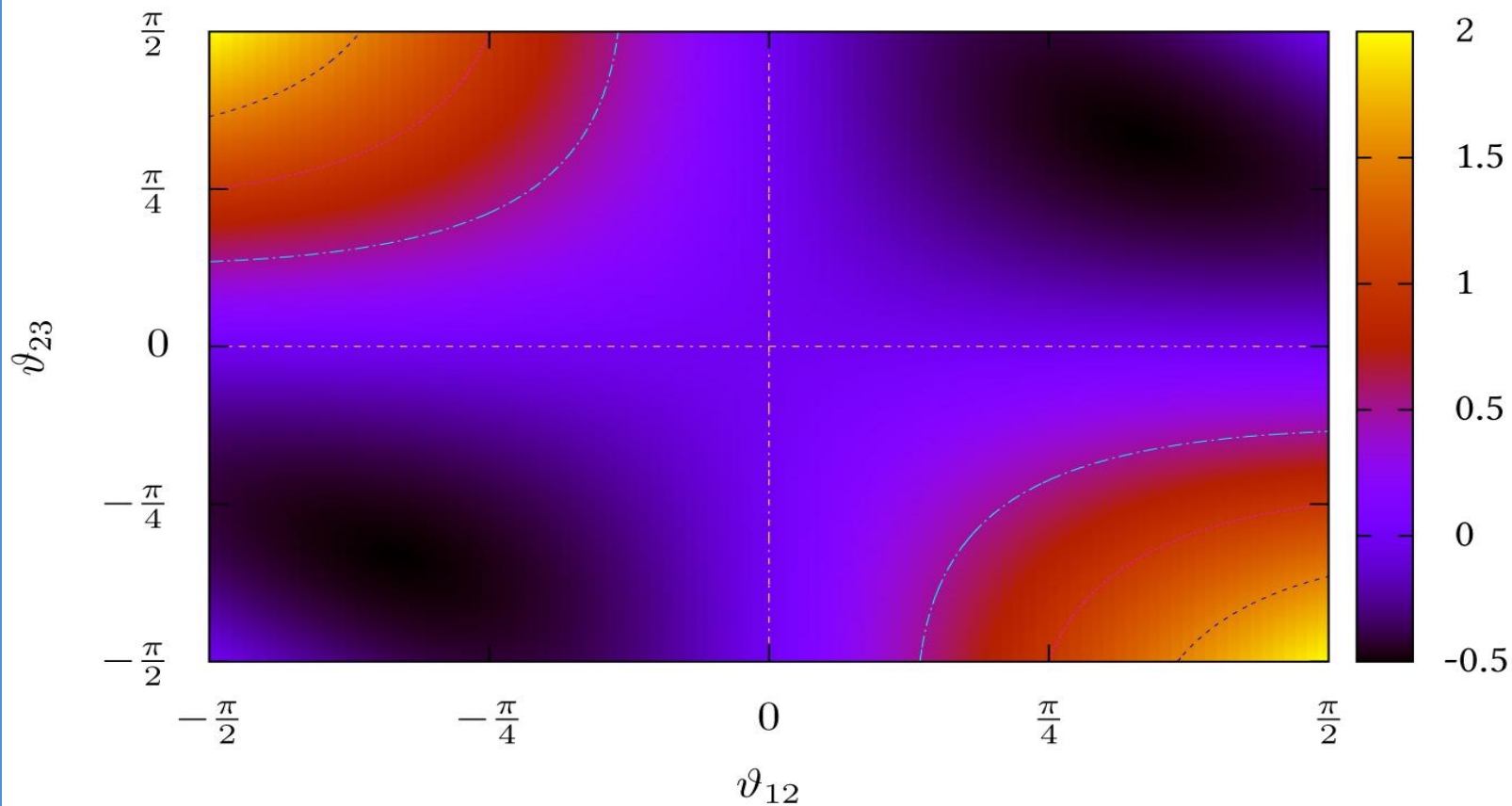


Figure 1: Degree of violation of Bell inequality

Závěry

- Bellovy rovnice
 - Pravdivé v kauzálních systémech
 - Porušovány v nekauzálních systémech
- Výhledově využitelné v kvantové kryptografii

Poděkování

- Děkujeme MSc. Aurélu Gábrisovi, PhD. za skvělé vedení a přípravu projektu
- Děkujeme Českému vysokému učení technickému za podporu a možnost realizace projektu
- Děkujeme Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za trpělivost a školení v prezentování

Děkujeme za pozornost