

Nevaž se, PROVAŽ SE I

Petra Malá
Gymnázium Moravský Krumlov
peta.mala@post.cz

David Navrkal
EKO Gymnázium Brno
navrkald@seznam.cz

Vít Podivinský
Gymnázium Uherské Hradiště
vit.podivinsky@post.cz

Abstrakt:

V naší práci jsme se seznámili s dynamicky se rozvíjejícím odvětvím kvantové fyziky. Ochutnali jsme malou část tohoto velice zajímavého a perspektivního oboru fyziky a celkově lidského bádání. Podrobněji jsme se zabývali problémem kvantové teleportace.

1 Úvod

V současné době je kvantová fyzika velice sledovaným oborem, od kterého se očekává velké praktické využití. Než přejdeme ke kvantové teleportaci, je třeba vysvětlit si rozdíly mezi klasickou a kvantovou fyzikou.

2 Kvantová teleportace

Rozdíly mezi klasickou a kvantovou fyzikou:

Jeden z hlavních rozdílů mezi klasikou a kvantovou fyzikou je to, že v klasické fyzice můžeme výsledek experimentu přesně určit, zatímco ve fyzice kvantové můžeme určit pouze pravděpodobnost daných výsledků. Pokud za stejných podmínek opakujeme pokus v klasické fyzice, výsledek je vždy stejný. V kvantové fyzice vychází různé výsledky a můžeme určit pouze pravděpodobnost, se kterou daný výsledek vychází.

Základní principy kvantové fyziky:

Princip superpozice - částice se nachází ve stavu, který je lineární kombinací všech stavů, ve kterých se může nacházet. Toto platí jen pro částice, u kterých neznáme jejich stav před měřením.

Měření ovlivňuje stav systému. Po měření se částice již nenachází ve stavu superpozice, ale v konkrétním stavu.

Nekompatibilní veličiny – výsledky měření některých veličin závisí na pořadí měření jednotlivých veličin.

Heisenbergovy relace neurčitosti – pokud experiment určí polohu částice s jistou přesností (Δx), má to za následek, že její hybnost nelze předpovědět s přesností vyšší než Δp , kde součin $\Delta x \Delta p$ je větší než jistá minimální hodnota, která je řádově rovná Plackově konstantě ($h = 6,626 \cdot 10^{-34}$). Podobný princip platí pro neurčitost měření energie a času.

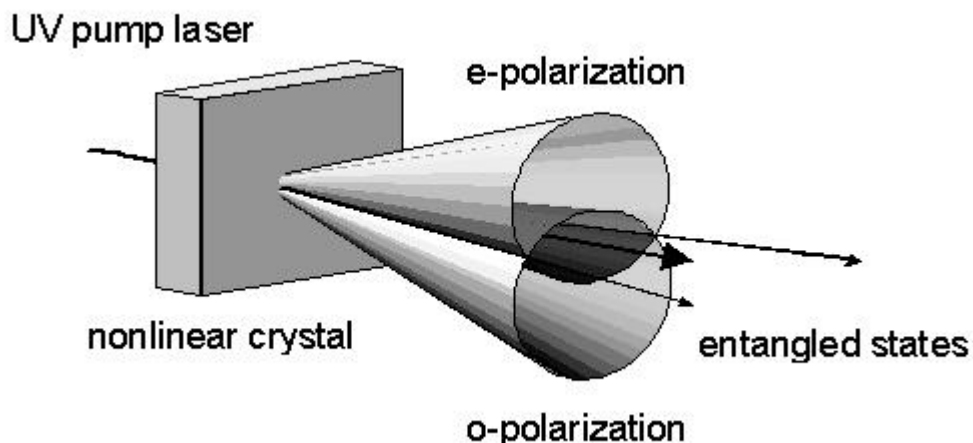
Schrödingerova kočka

je myšlenkový experiment, kdy kočku uzavřeme do krabice, v níž je padesátiprocentní pravděpodobnost, že dojde ke kvantovému procesu, který způsobí její smrt. Tento experiment poukazuje na problém měření ve kvantové mechanice, protože kočka musí zřejmě existovat v kvantové superpozici stavu, kdy je mrtvá, a stavu, kdy žije, a to do okamžiku než krabici otevřeme a o stavu kočky se přesvědčíme.

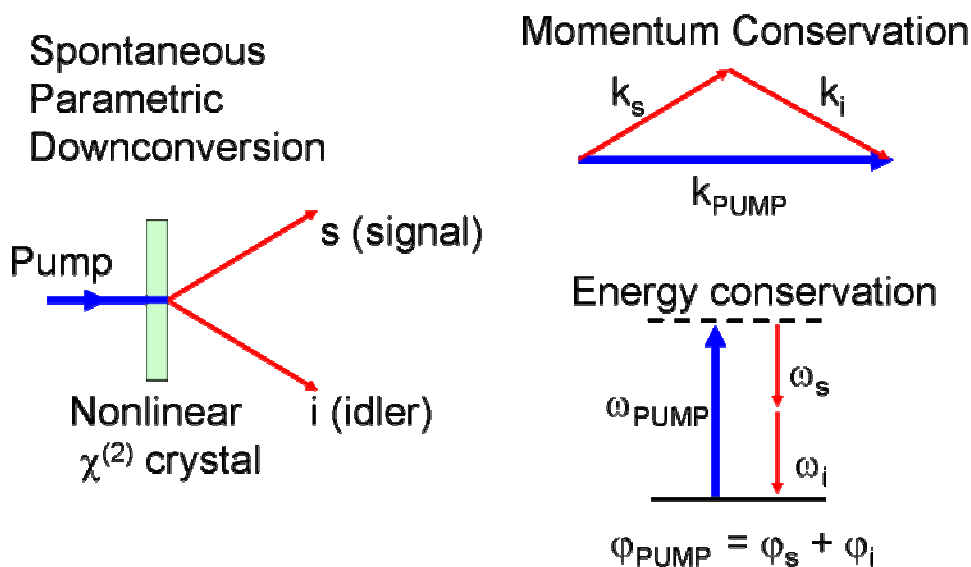
Kvantové provázání

je důsledek superpozice pro systém více částic. Vlastnosti těchto částic nejsou určeny jednotlivě, ale jejich vzájemnou lineární kombinací. Zjištěním vlastností jedné částice se zhroutí jejich superpozice a každé částici je přiřazena konkrétní vlastnost. Z toho vyplývá, že změřením vlastností jedné částice zjistíme i vlastnost té druhé.

Vzniká např. při průchodu laserového světla nelineárním krystalem. S malou pravděpodobností v krystalu vzniknou z původního fotonu dva fotony o nižší energii. Ze zákona zachování hybnosti vyplývá, že fotony se vyskytují na površích dvou kuželů a provázané fotony se nachází v jejich průsečících (jak ukazuje obr. 1).



obr. 1



obr. 2 – ukazuje vztah mezi původním laserovým paprskem a vzniklými paprsky tvořenými provázanými fotony

Pojmy

Kvantový bit, qubit – kvantová verze bitu (jednotky informace). Klasický bit je buď ve stavu $|0\rangle$ nebo $|1\rangle$. Qubit zahrnuje navíc všechny superpozice $a|0\rangle + b|1\rangle$ ($|a|^2$ je pravděpodobnost stavu $|0\rangle$, $|b|^2$ pravděpodobnost stavu $|1\rangle$). Konkrétní hodnotu $|0\rangle$ nebo $|1\rangle$ nabude teprve v okamžiku měření.

Bellovy stavy – 4 provázané stavy dvojice qubitů:

$$\Psi_1 = |0_1 0_2\rangle + |1_1 1_2\rangle$$

$$\Psi_2 = |0_1 0_2\rangle - |1_1 1_2\rangle$$

$$\Phi_1 = |0_1 1_2\rangle + |1_1 0_2\rangle$$

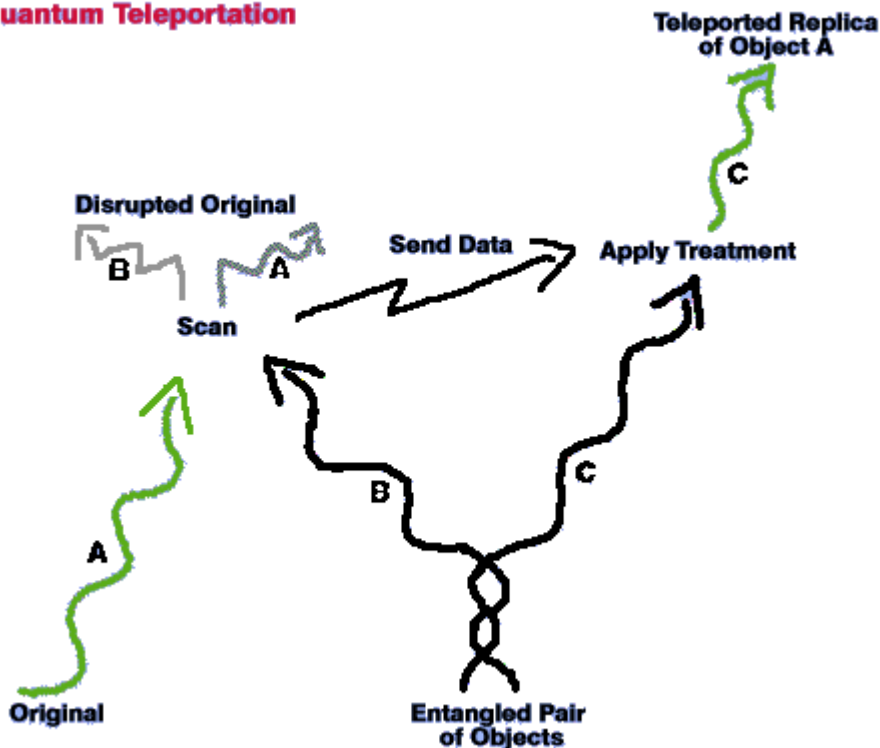
$$\Phi_2 = |0_1 1_2\rangle - |1_1 0_2\rangle$$

Kvantová teleportace

Když potřebujeme v klasické fyzice přenést částici z jednoho místa na druhé bez možnosti fyzického přesunu, mohli bychom si změřit vlastnosti dané částice a poslat získané informace do určeného místa. Zde bychom si mohli podle přenesených informací vytvořit kopii původní částice. V kvantové mechanice však o neznámé částici nevíme, ve kterém stavu se nachází a měřením bychom tento stav mohli pozměnit. Proto pokud nemáme možnost fyzického přesunu částice A, musíme ji teleportovat. K provedení teleportace potřebujeme pár provázaných částic B, C. Nejprve změříme, ve kterém z Bellovských stavů se částice A a B nachází. Tyto stavy existují 4, v současnosti je však nedokážeme experimentálně rozlišit všechny.

Výsledek měření Bellovského stavu pošleme (internetem) 2. pozorovateli, který má k dispozici částici C. Podle získané informace aplikuje na částici C určitou transformaci a získá částici, která má shodné vlastnosti s původní částicí A. Původní stav částice A se však změnil v důsledku měření, na konci tedy máme opět pouze jednu částici s původními vlastnostmi A a nedochází tak ke kopírování stavu částice, ale pouze k jeho přenosu.

Quantum Teleportation



obr. 3

Problémy:

Je velmi obtížné připravit provázané fotony a přenést je. Jednoduše dokážeme rozlišit pouze jeden Bellův stav, takže účinnost přenosu je 25%.

3 Shrnutí

Při studiu kvantových jevů jsme poznali spoustu odlišností od klasické fyziky, ze kterých mnohdy vyplývá zdánlivá nelogičnost kvantových jevů a běžná zkušenost mnohdy selhává. Zjistili jsme, že kvantová fyzika skýtá zajímavé možnosti praktického využití, avšak jejich technická realizace je velice obtížná.

Poděkování

Děkujeme rodičům za finanční podporu, FJFI ČVUT za poskytnutí technického zázemí a za vedení našeho miniprojektu, za ochotu, spolupráci a trpělivost Martinu Štefaňákovi.

Reference:

- [1] HEY, T. – WALTERS, P.: *Nový kvantový vesmír* Argo, 2005.
- [2] www.aldebaran.cz
- [3] www.tongue-twister.net
- [4] en.wikipedia.org
- [5] www.google.com