

Kvantová fyzika

Pavel Cejnar

pavel.cejnar@mff.cuni.cz

Jiří Dolejší

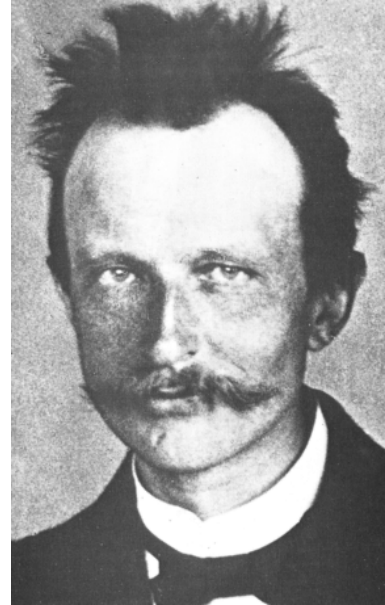
jiri.dolejsi@mff.cuni.cz

Ústav částicové a jaderné fyziky
Matematicko-fyzikální fakulta UK Praha



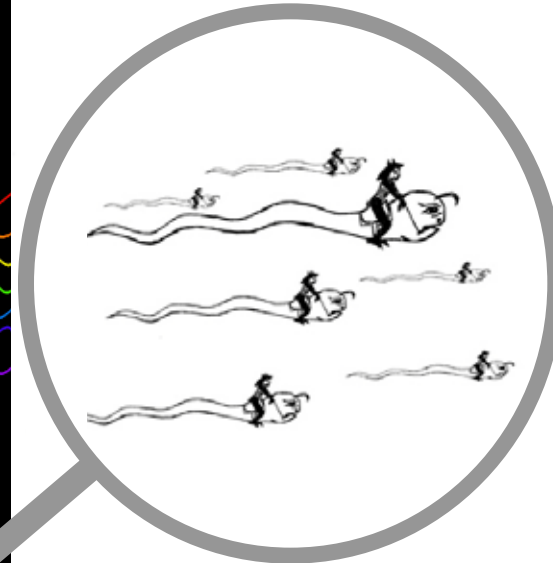
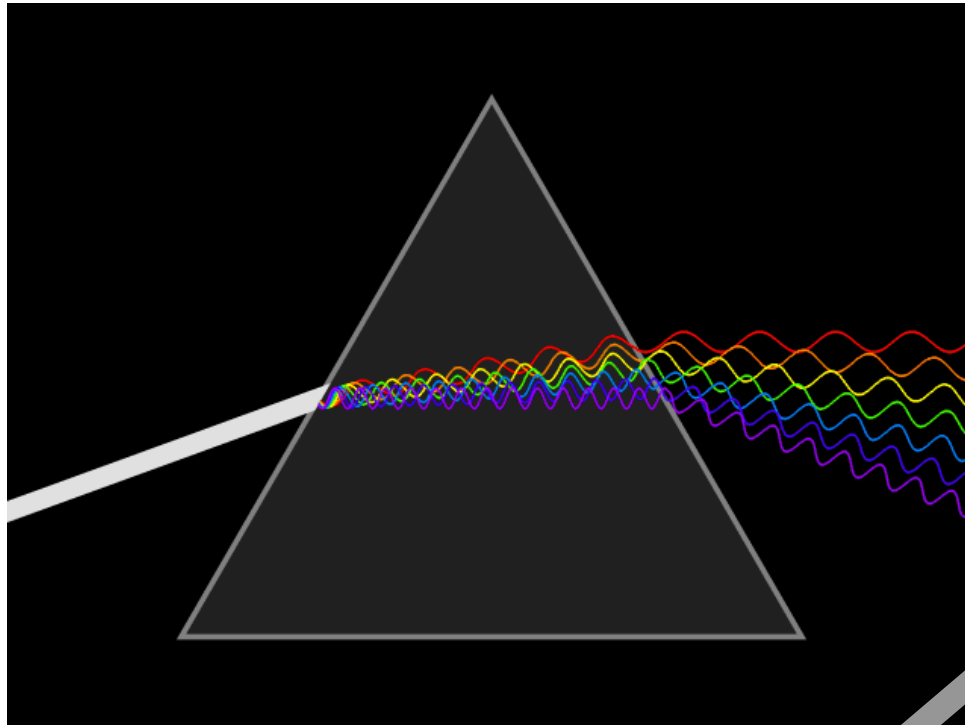
Světlo = vlny i částice!

19. století: **světlo = vlny elmg. pole.**
Rozpory s některými jevy => na poč. 20.
století návrat k částicové představě:
světlo = fotony (kvanta elmg. pole).



Max Planck (1858-1947) Albert Einstein (1879-1955)

$$h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$



$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

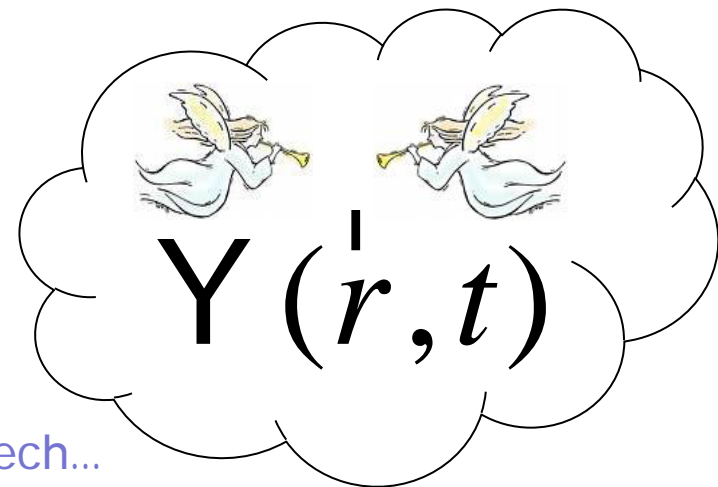
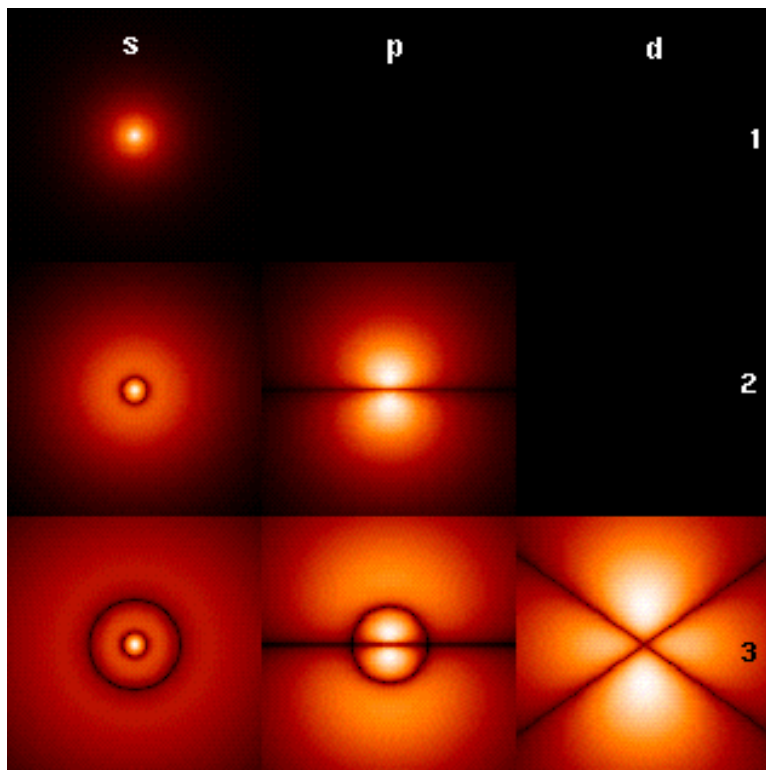
$$p = \frac{E}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

Elektrony = částice i vlny!



Důsledky vlnového pohledu na částice:

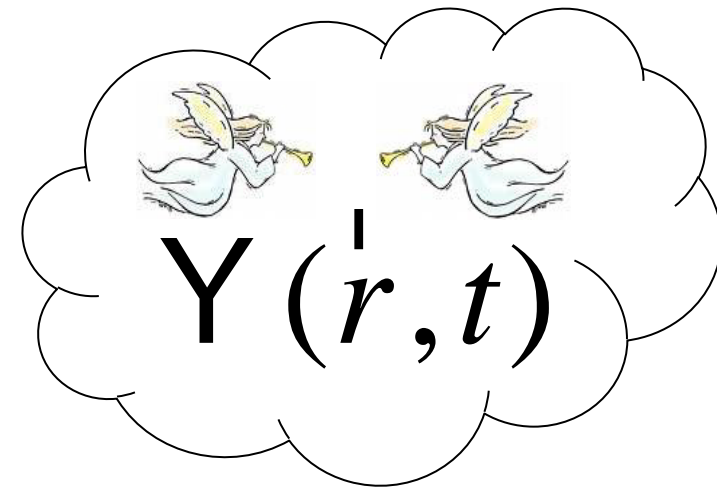
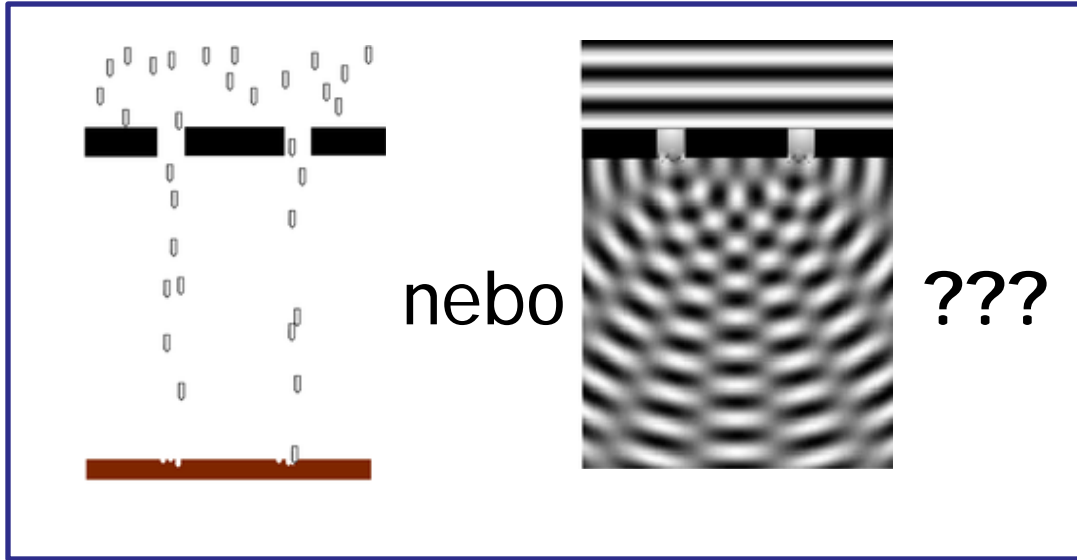
- kvantování energie v molekulách, atomech, jádrech...
- struktura, stabilita hmoty, děje ve hvězdách...
- mikroelektronika, supravodivost, lasery...



Erwin Schrödinger (1887-1961)

Elektrony = částice i vlny!

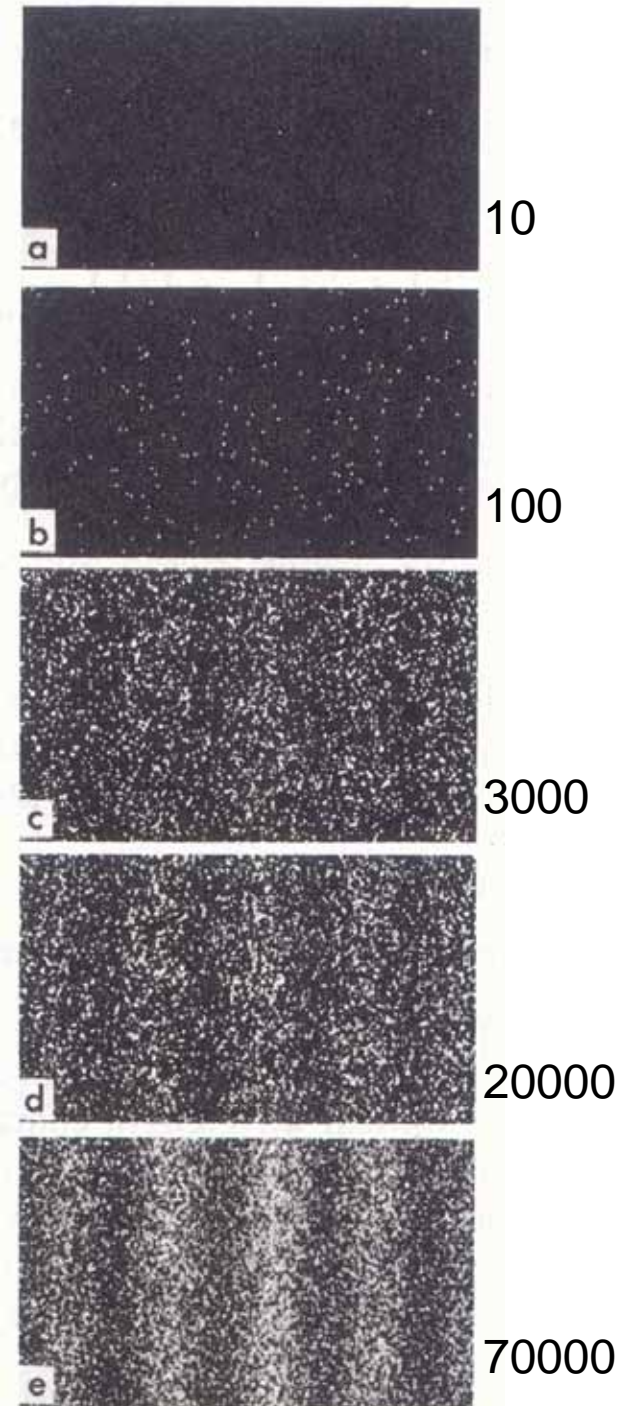
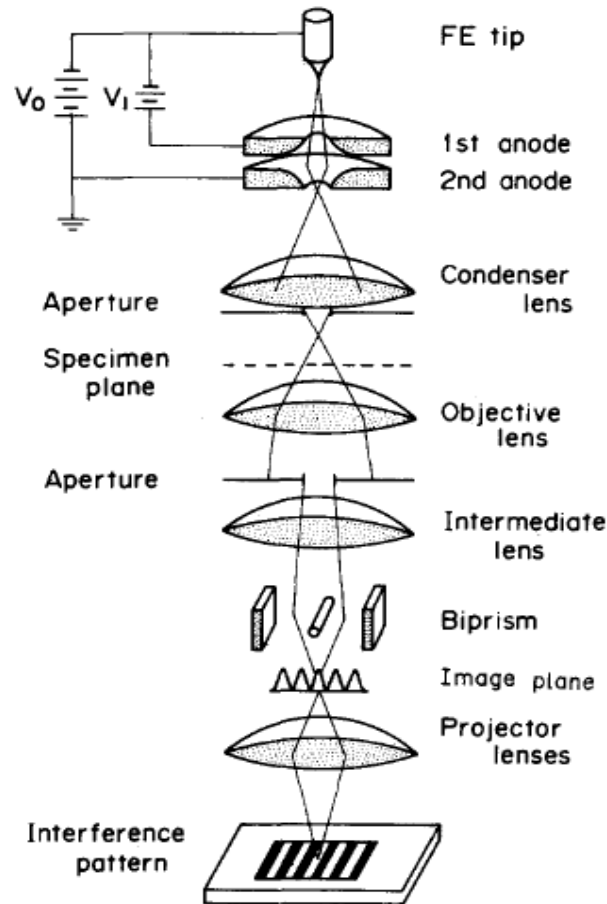
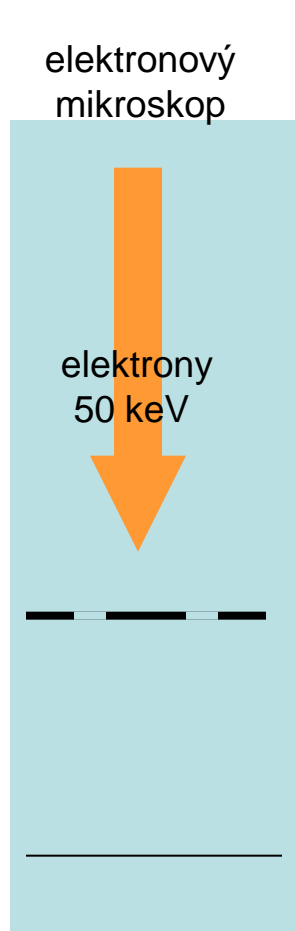
dvouštěřbinový experiment



Erwin Schrödinger (1887-1961)

Elektrony = částice i vlny!

dvouštěrbínový experiment

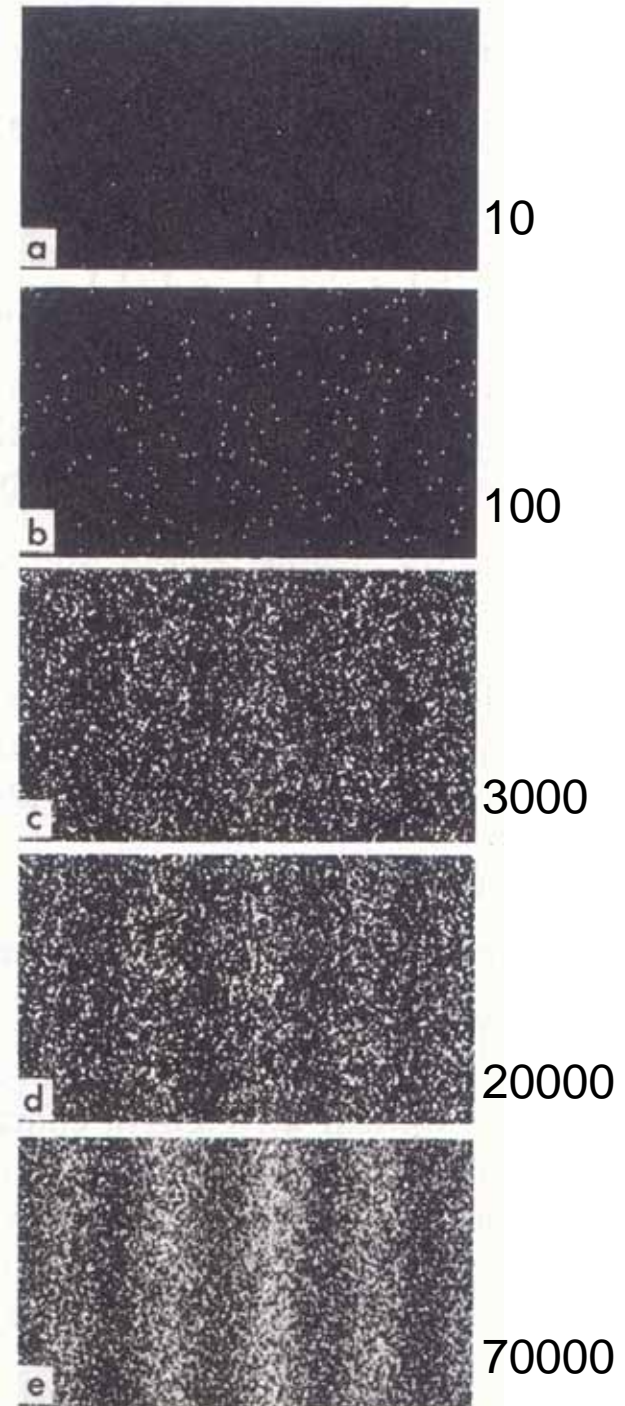
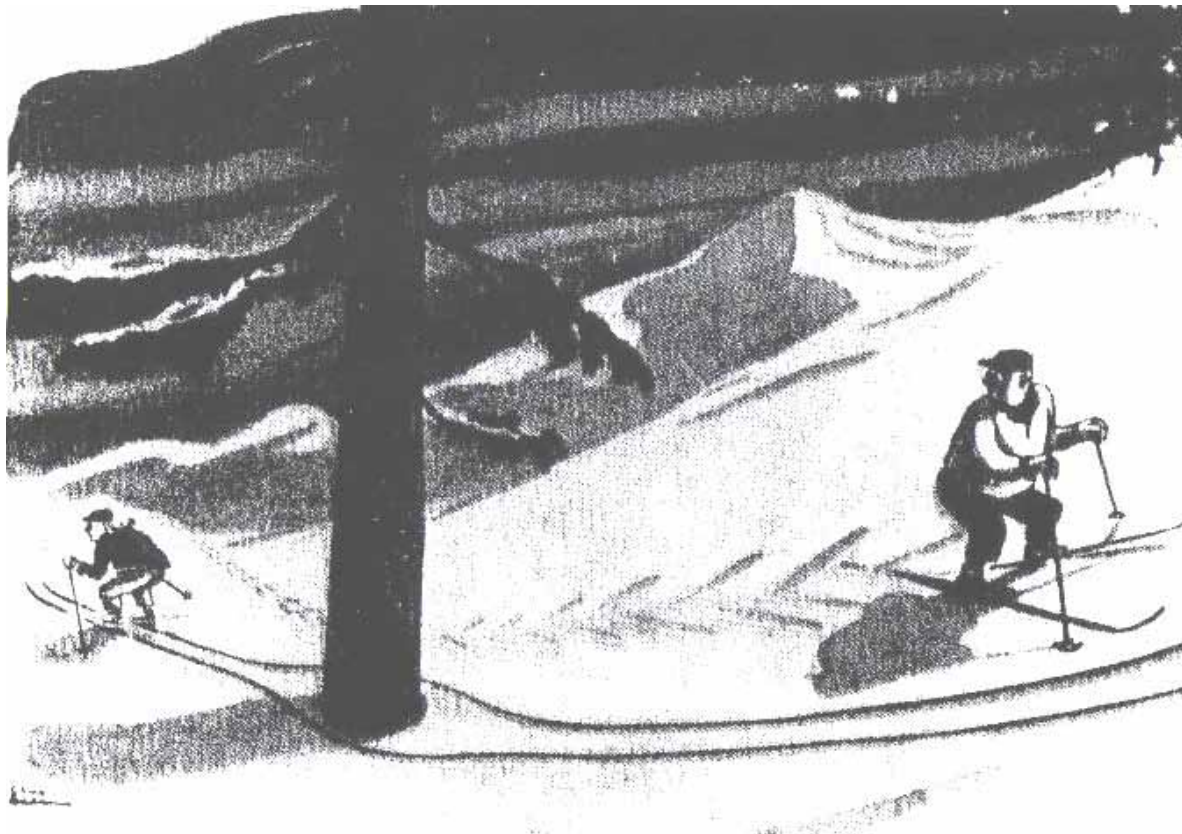


Elektrony = částice i vlny!

dvouštěrbinový experiment

Elektrony procházejí přístrojem jednotlivě.

=> Každý elektron interferuje sám se sebou!



Elektrony = částice i vlny!

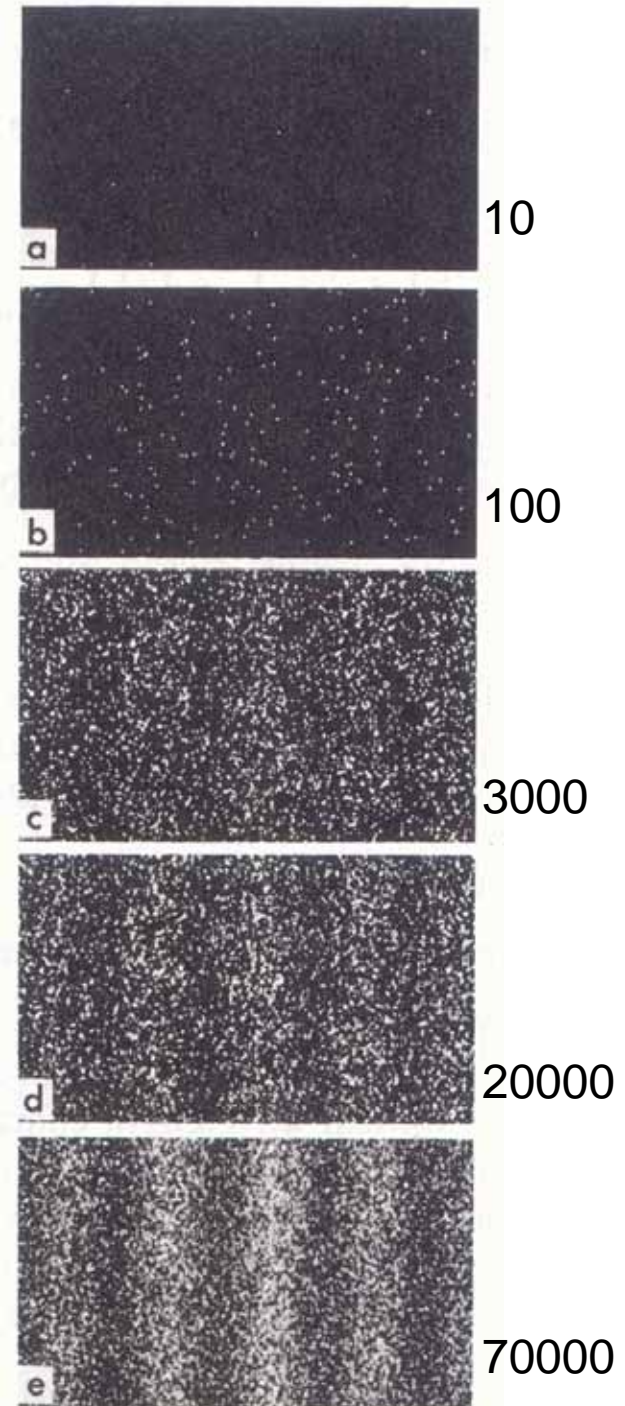
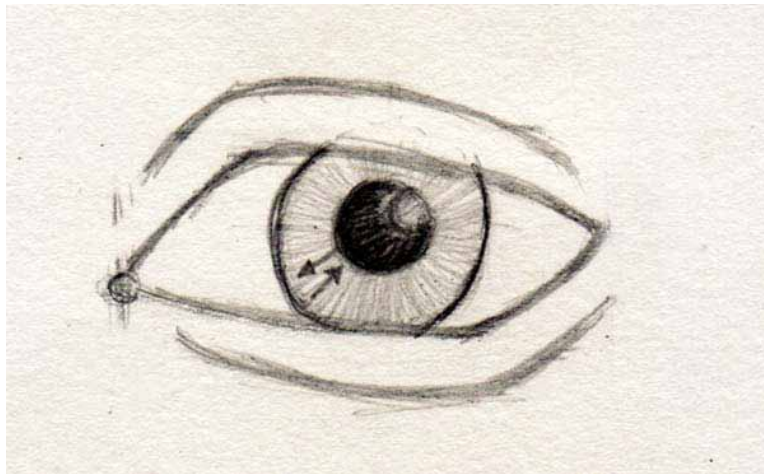
dvouštěrbinový experiment

Elektrony procházejí přístrojem jednotlivě.

=> Každý elektron interferuje sám se sebou!

Pokud sledujeme, kterou ze štěrbin jednotlivé elektrony prošly, obrazec zmizí.

=> Měření ovlivňuje vlnové/částicové chování!



Elektrony = částice i vlny!

dvoušěrbinový experiment

Elektrony procházejí přístrojem jednotlivě.

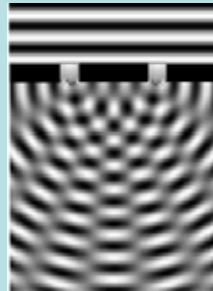
=> Každý elektron interferuje sám se sebou!

Pokud sledujeme, kterou ze šěrbin jednotlivé elektrony prošly, obrazec zmizí.

=> Měření ovlivňuje vlnové/částicové chování!

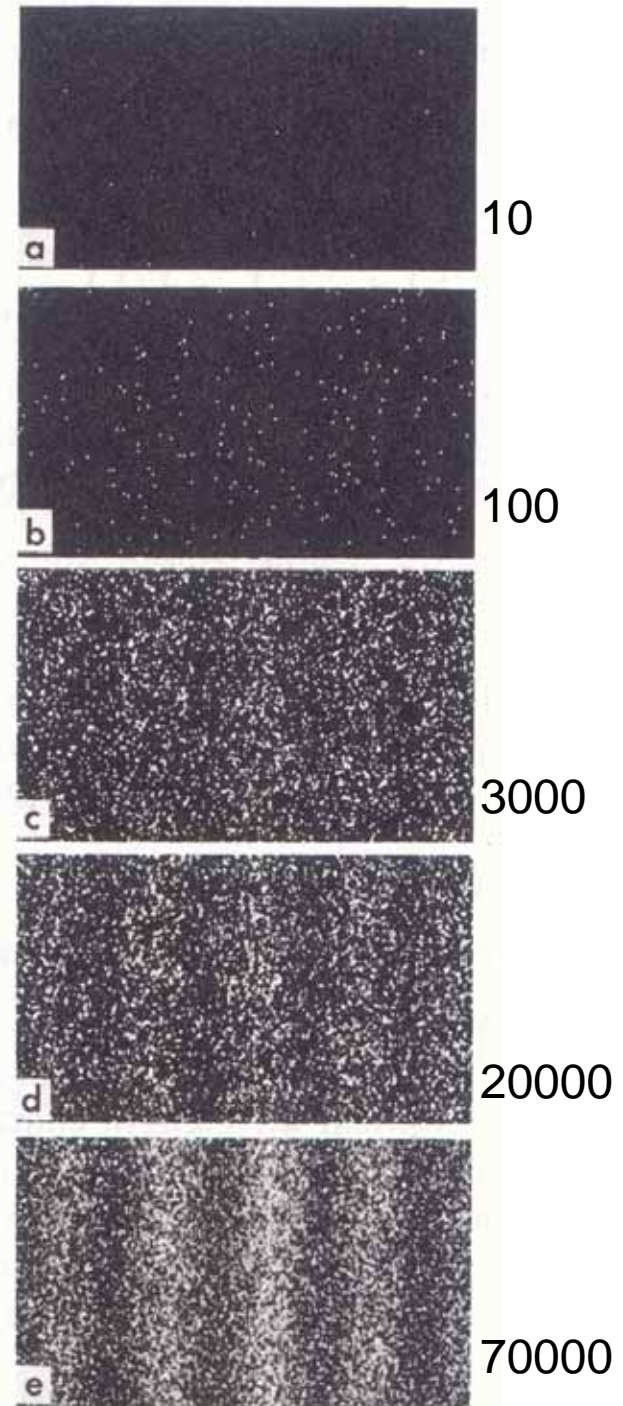
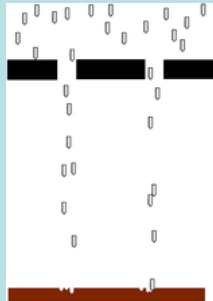
(i) Elektron prochází oběma šěrbinami zároveň.

vlnová funkce $\Psi(\vec{r}, t)$



(ii) Měření lokalizuje elektron v jednom místě.

„kolaps“ vlnové funkce

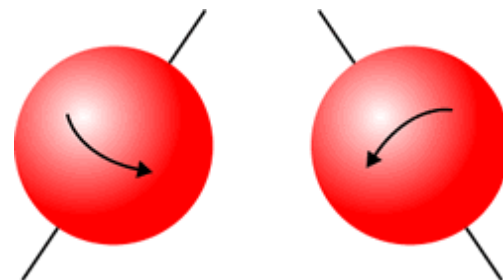


Kvantově provázané částice

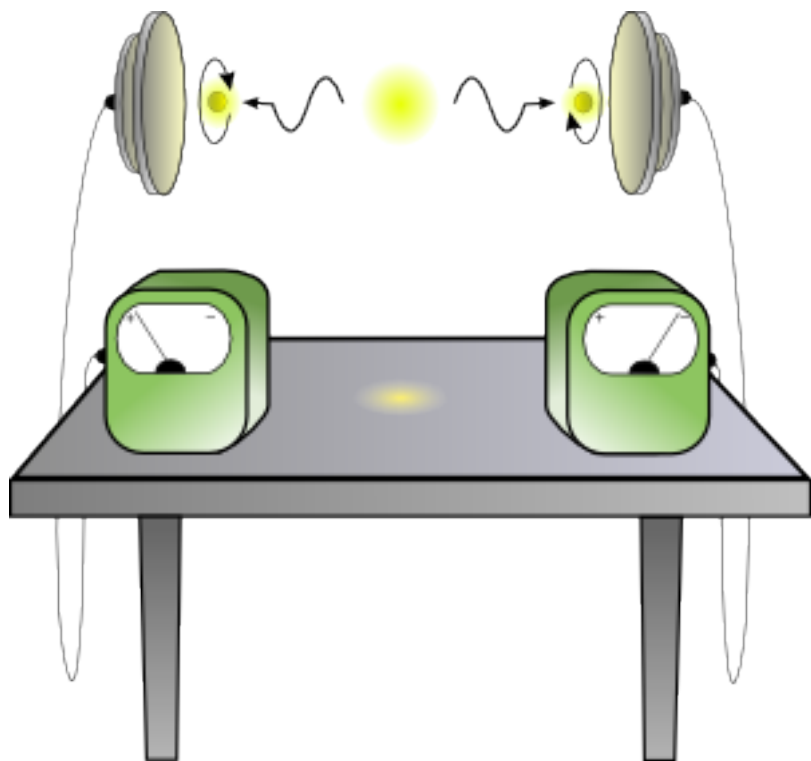
Dvojice kvantových částic se spiny popsanými vlnovou funkcí

$$Y = Y \begin{pmatrix} - \\ - \end{pmatrix} + Y \begin{pmatrix} - \\ - \end{pmatrix}$$

tj. buď $(\uparrow \leftrightarrow \downarrow)$, nebo $(\downarrow \leftrightarrow \uparrow)$

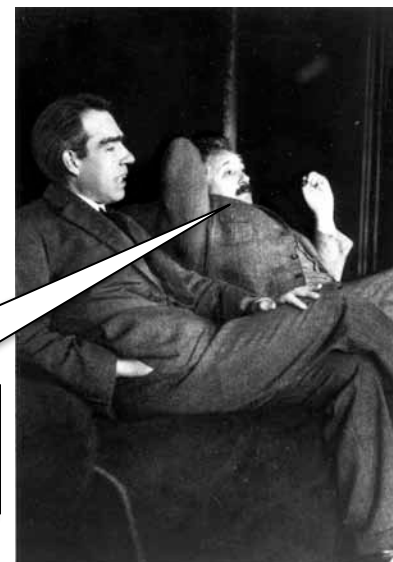


Spin - vlastní „točivost“ částice. Např. pro elektron může vzhledem k dané ose mít jen dvě orientace: „nahoru“ nebo „dolů“.



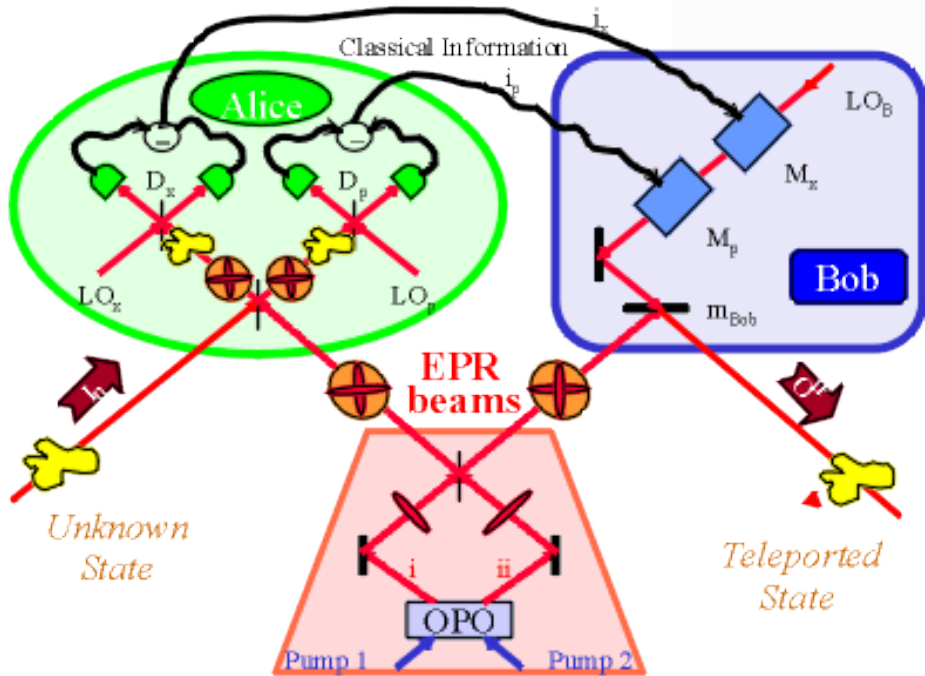
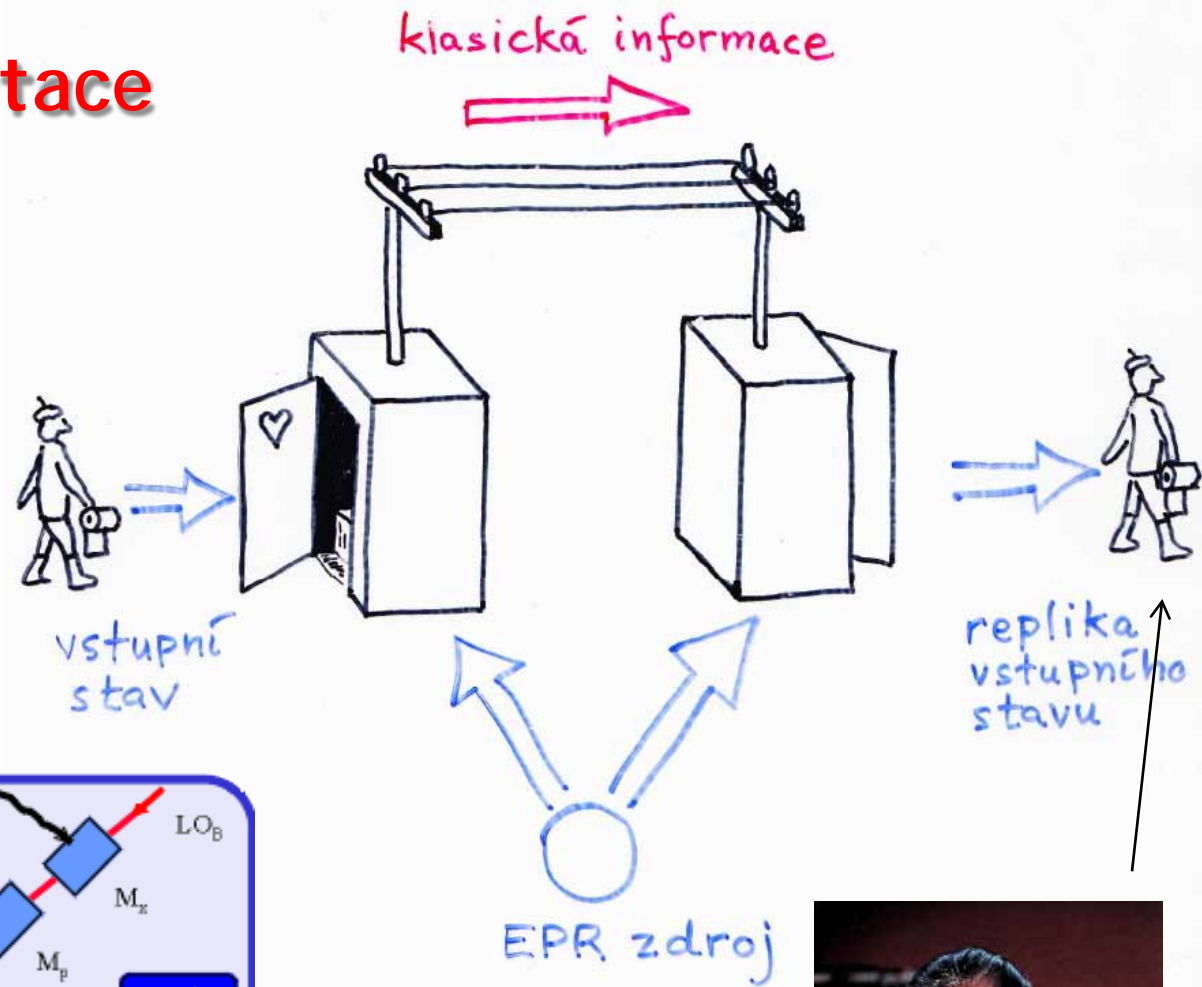
Ψ neurčuje vlastnosti každé z obou částic jednoznačně. Teprve měření na jedné z částic určí vlastnosti druhé částice.

Strašidelné působení na dálku!



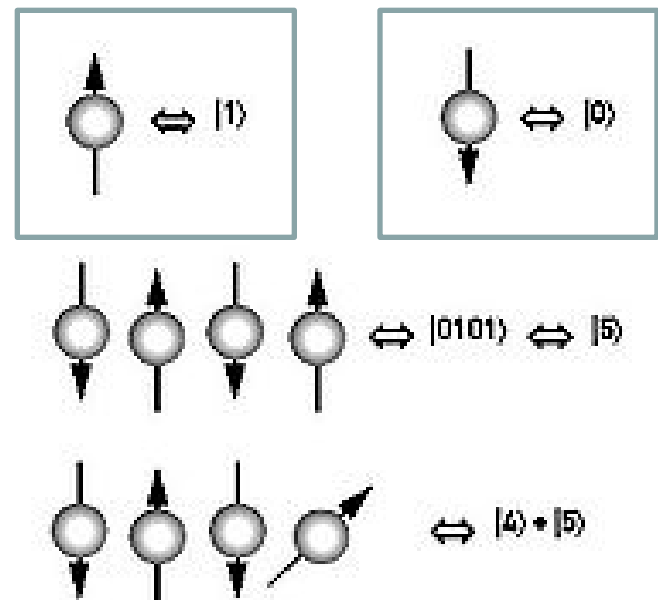
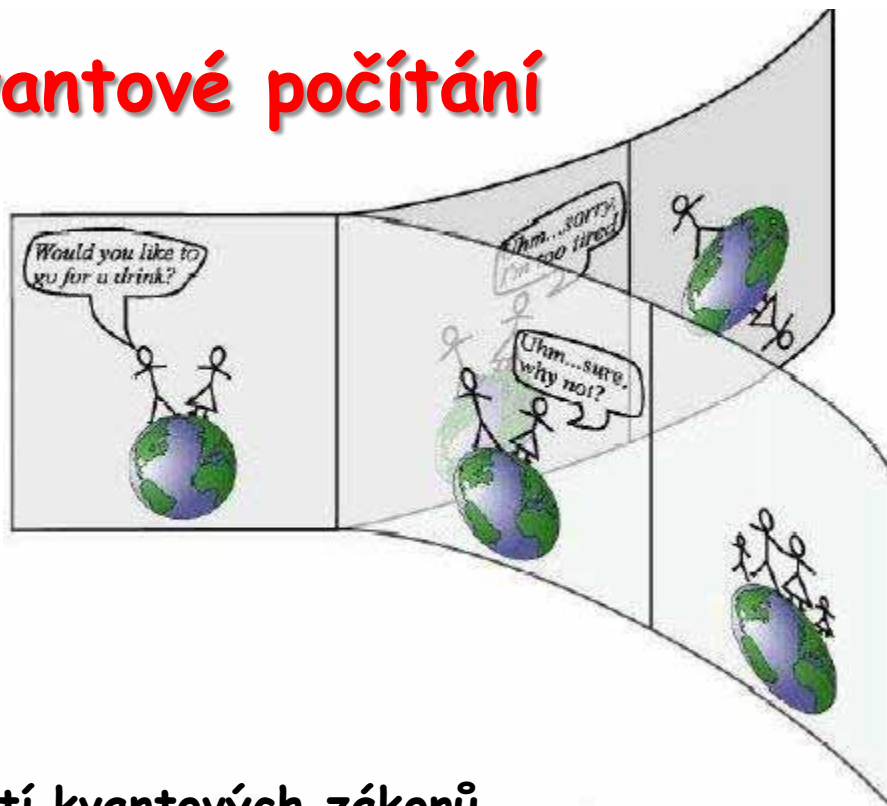
Kvantová teleportace

- Přenesení kvantové vlnové funkce (její spinové části) z jedné částice na druhou
- Vyžaduje současný přenos „klasické“ i „kvantové“ informace, není při tom překročena rychlost světla.



Captain James T. Kirk

Kvantové počítání



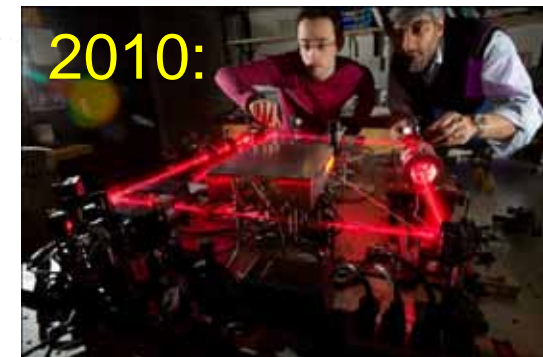
Využití kvantových zákonů

k urychlení výpočtů: **kvantové algoritmy**

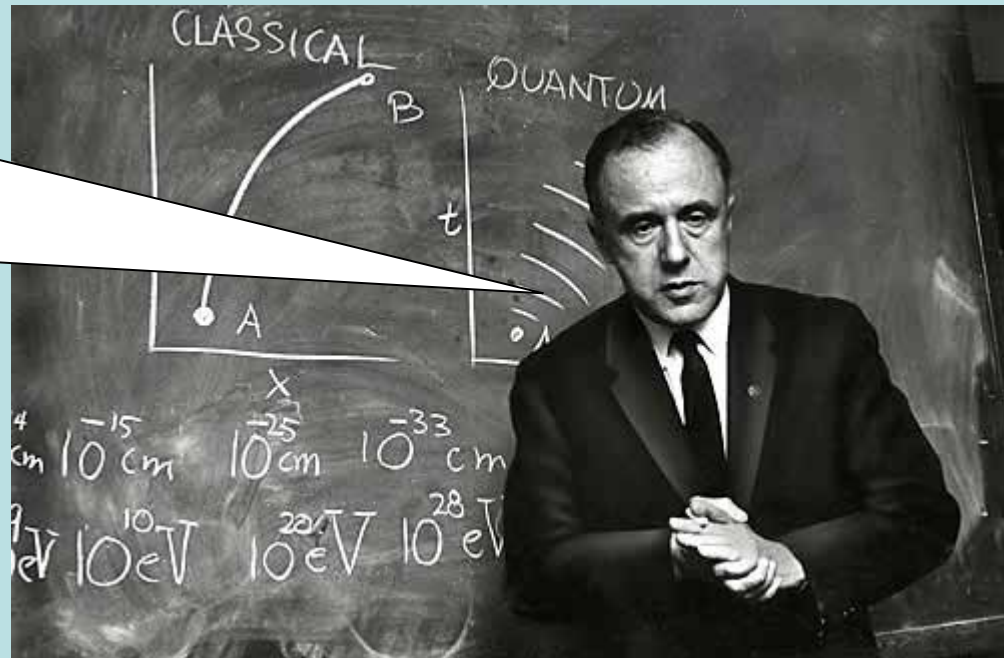
(např. Shorův faktorizační algoritmus – rozdělení zadaného velkého čísla na součin dvou prvočísel)

Proč jsou kvantové počítače výkonnější?

- **kvantový paralelismus** (vlnová funkce počítače může naráz obsahovat všechny možné vstupy)
- **kvantová provázanost** (možnost sdružení jednotlivých vstupů s příslušnými výsledky výpočtu)



To, co nazýváme „realita“ se skládá z propracované papírové konstrukce představ a teorií upevněné mezi několika železnými pilíři pozorování.



John Archibald Wheeler (1911-2008)

Hra dvaceti otázek:

Jeden účastník hry je poslán ven z místnosti, ostatní se domluví na nějakém slově, dotyčný se vrátí a začne se ptát: 'Je to živé?' 'Ne.' 'Je to na Zemi?' 'Ano.' Otázky jdou od jednoho k druhému, dokud slovo není uhodnuto. Nakonec se zeptáte, jestli to slovo je 'mrak'. 'Ano,' zní odpověď a všichni se smějí. Vysvětlují, že se dohodli nedomlouvat dopředu žádné slovo. Každý mohl na jakoukoliv vaši otázku odpovědět 'ano' i 'ne', jak se mu chtělo. Nicméně když odpověděl, musel mít na mysli nějaké konkrétní slovo slučitelné s odpověďmi na všechny předchozí otázky.....

Cestovatel a automobil:

„Setkat se s kvantovým světem je cítit se jako cestovatel z daleké země, který poprvé v životě vidí automobil. Ta věc má zjevně dávat nějaký užitek, a to podstatný, jenže jaký? Člověk může otevřít dveře, stáhnout a vytáhnout okénko, zapnout a vypnout světla a snad i protočit startér, to všechno bez znalosti hlavního smyslu. Svět kvant je ten automobil. Používáme ho v tranzistoru k řízení strojů, v molekule k přípravě anestetika, v supravodiči k vytvoření magnetu. Je možné, že celou dobu postrádáme to hlavní, totiž roli kvantových principů v konstrukci vesmíru?“

Budoucnost patří provázanosti !

