



*Robopol 2020*

**BORN**

**Teória o priestore  
a čase**

**EDQ teória**



### Predslov

Dovoľte, aby som Vám predstavil EDQ – teóriu o priestore a čase.

Po dlhoročnom štúdiu, záujme o fyziku, vesmír, úvahách o fenoménoch našej existencie, som dospel k poznaniu, že je možné spojiť zdanlivo nespojiteľné, zdanlivo neuchopiteľné veci v pochopení vesmíru ako našej reality.

Táto kniha Vás prevedie všetkým - dôležitými zisteniami, teóriami, ktoré používame na pochopenie, či predpovedanie javov, ktoré pozorujeme v prírode, vo vesmíre.

Objasní a vysvetlí záhady, na ktoré dnes neexistujú odpovede. EDQ teória prepojí všetky dôležité súčasné fyzikálne a iné významné teórie do jednotného, kompaktného celku.

Táto kniha je o zrode EDQ. Najskôr vychádzala iba z filozofických konceptov, čriepkov jednotlivých stavajúcich teórii, aby sa nakoniec rozrástla a pokúsila sa vysvetliť pôvod a zrod nášho vesmíru, fyzikálnych zákonov, všetkého, čo je vôkol nás, vrátane nás samotných.

Jednotlivé časové a iné súvislosti pri zrode tejto teórie čitateľ nájde na blogu: [robopol.blogspot.com](http://robopol.blogspot.com), postupne sa teória bude rozrastať a prezentovať na [robopol.sk](http://robopol.sk).

Teória sa opiera o vedecké poznanie, o fakty, merania. Pri jej tvorbe som neustále zvažoval, čo vstúpi do tejto teórie ako postulát a prečo. Správnosť každej teórie, hypotézy, teda jej sila, je v správnych vstupoch a vnútornej konzistencii danej teórie.

**V samotnej knihe čitateľ nájde aj popis súčasných dôležitých teórii:** biologická evolúcia, teória chaosu, fraktály, komplexné systémy, teória relativity, štandardný model častíc - kvantová teória poľa, aj niektoré dôležité informácie z astrofyziky.

Čitateľom sa pokúsi, čo najzrozumiteľnejšie, čo najvýstižnejšie a čo najjednoduchšie vysvetliť záhady vesmíru, fyziky, života. **Čitateľ si odnesie originálny obsah, teóriu, ako aj rozšírené pochopenie vecí vôkol nás, dokonca aj pohľad na nás samotných.**

V žiadnom prípade netvrdím, že celá teória je konečná a 100% pravdivá. **Táto kniha je o zrodení teórie.** Účelom EDQ teórie a s ňou súvisiacich hypotéz je vniesť nápady, ktoré do seba zapadajú. Nie je mojím účelom exaktne dokazovať 100% pravdivosť všetkých tvrdení.

Ing. Róbert Polák

ROBOPOL





## OBSAH

|                                                      |           |
|------------------------------------------------------|-----------|
| Predslov .....                                       | 1         |
| <b>Úvod – Biologická evolúcia .....</b>              | <b>6</b>  |
| Neodarvinizmus .....                                 | 7         |
| Dôkazy pre evolúciu .....                            | 7         |
| Súčasný nápad ako ďalej .....                        | 8         |
| Zamrznutá evolúcia .....                             | 8         |
| Selekcia z hľadiska na stabilitu v čase .....        | 9         |
| Záver – Biologická evolúcia .....                    | 10        |
| <b>Úvod – Teória chaosu .....</b>                    | <b>12</b> |
| Atraktor .....                                       | 14        |
| Spätné väzby .....                                   | 15        |
| Bifurkácia .....                                     | 15        |
| Zdroje ku samoštúdiu: .....                          | 16        |
| Fraktály .....                                       | 17        |
| Juliové množiny .....                                | 19        |
| IFS fraktály .....                                   | 21        |
| Stochastické fraktály .....                          | 22        |
| 3D, 4D Fraktály .....                                | 22        |
| Zdroje pre samoštúdium: .....                        | 23        |
| Komplexné systémy, emergencia .....                  | 24        |
| Emergencia .....                                     | 25        |
| Ďalšie zdroje ku samoštúdiu: .....                   | 27        |
| Záver - Teória chaosu .....                          | 27        |
| <b>Úvod – Nekonečno, limita v matematike .....</b>   | <b>29</b> |
| Dichotómia (Zenonové apórie) .....                   | 30        |
| Limita a jej definícia .....                         | 31        |
| Čo vidíme v prírode .....                            | 34        |
| Záver – Nekonečno, limita v matematike .....         | 35        |
| <b>Úvod – Big question, prvé postuláty EDQ .....</b> | <b>37</b> |
| Redukcionizmus .....                                 | 37        |
| Big Question .....                                   | 37        |
| Zázrak stvorenia .....                               | 38        |
| Fázové prechody .....                                | 39        |
| Vedomie a podvedomie .....                           | 39        |
| Záver Big Question .....                             | 41        |
| Prvé postuláty EDQ .....                             | 42        |
| Záver – Big question, prvé postuláty EDQ .....       | 43        |
| <b>Úvod – Teória relativity .....</b>                | <b>45</b> |
| Špeciálna teória relativity .....                    | 45        |
| Postuláty ŠTR: .....                                 | 49        |
| Relativita súčasnosti .....                          | 49        |
| Relativistické skladanie rýchlostí .....             | 50        |
| Minkowského metrika .....                            | 50        |
| Paradox dvojčiek .....                               | 51        |
| Všeobecná teória relativity .....                    | 51        |
| Hmotnosť .....                                       | 52        |
| Princíp ekvivalencie .....                           | 52        |
| Lokálne, inerciálna sústava – LIS .....              | 53        |
| Pokrivená metrika .....                              | 53        |
| Geodetika .....                                      | 55        |
| Einsteinov gravitačný zákon .....                    | 56        |
| Schwarzschildová metrika .....                       | 57        |
| Kerova metrika .....                                 | 58        |
| Gravitačné vlny .....                                | 58        |
| Strhávanie časopriestoru rotujúcim telesom .....     | 58        |



|                                                     |            |
|-----------------------------------------------------|------------|
| Einstein – Rosenov most .....                       | 59         |
| Friedmanova metrika .....                           | 59         |
| Experimenty potvrdzujúce všeobecnú relativitu ..... | 60         |
| Zdroje pre samoštúdium .....                        | 60         |
| Záver – Teória relativity .....                     | 60         |
| <b>Úvod – Nápady k teórii relativity .....</b>      | <b>63</b>  |
| Paradox družíc .....                                | 63         |
| Paradox horizontu události .....                    | 64         |
| Niektoré, ďalšie nezrovnalosti .....                | 65         |
| Niektoré, základné nevyriešené otázky v TR .....    | 65         |
| Bod 3. ....                                         | 65         |
| Relativita pohybu .....                             | 66         |
| Bod. 2. ....                                        | 66         |
| Machová hypotéza .....                              | 66         |
| Bod.5 .....                                         | 67         |
| Bod. 1 .....                                        | 69         |
| Bod 4. ....                                         | 69         |
| Záver – Nápady k teórii relativity .....            | 70         |
| <b>Úvod - Kozmológia .....</b>                      | <b>72</b>  |
| Naša slnečná sústava .....                          | 72         |
| Hviezdy a hmloviny .....                            | 73         |
| Hustota a magnetické pole hviezd .....              | 74         |
| Posledné štádia hviezd .....                        | 74         |
| Hnedý trpaslík .....                                | 75         |
| Exoplanéty .....                                    | 75         |
| Čierne diery .....                                  | 76         |
| Metriky čiernych dier .....                         | 77         |
| Snímok prvej čiernej diery .....                    | 77         |
| Hawkingovo žiarenie .....                           | 77         |
| Meranie pohybu okolo Sagittáriu A .....             | 77         |
| Kozmológia .....                                    | 78         |
| Evolúcia vesmíru .....                              | 78         |
| Princípy v kozmológii .....                         | 79         |
| Pozorovateľný vesmír .....                          | 80         |
| Horúci počiatok (Big Bang) .....                    | 81         |
| Reliktné žiarenie .....                             | 81         |
| Temná hmota .....                                   | 82         |
| Temná energia .....                                 | 84         |
| Problémy štandardného, kozmologického modelu .....  | 84         |
| Záver - Kozmológia .....                            | 85         |
| <b>Úvod – EDQ teória a kozmológia .....</b>         | <b>87</b>  |
| Priestor a čas v EDQ teórii .....                   | 87         |
| Počiatok všetkého .....                             | 90         |
| Súčasná hypotéza vzniku vesmíru .....               | 90         |
| Analýza hypotéz .....                               | 91         |
| Ako z toho von? .....                               | 91         |
| Multivesmír .....                                   | 92         |
| EDQ hypotéza vzniku vesmíru .....                   | 93         |
| Model uzavretého, cyklického vesmíru .....          | 94         |
| Kvantová, Červia diera .....                        | 94         |
| Big Bang -Big Crash .....                           | 96         |
| Hypotéza temnej energie .....                       | 98         |
| Konštatnosť rýchlosti svetla .....                  | 98         |
| Záver - EDQ teória a kozmológia .....               | 99         |
| <b>Úvod - Kvantová fyzika .....</b>                 | <b>101</b> |
| Základné vlastnosti kvantového sveta .....          | 102        |
| Zrod kvantovej fyziky .....                         | 102        |



|                                                        |            |
|--------------------------------------------------------|------------|
| Žiarenie absolútne čierneho telesa .....               | 102        |
| Fotoelektrický jav .....                               | 103        |
| Comptonov jav .....                                    | 104        |
| Ohyb svetla, elektrónov na štrbine .....               | 104        |
| Model atómu .....                                      | 105        |
| Princíp neurčitosti .....                              | 106        |
| Interpretácia kvantovej teórie .....                   | 106        |
| Kodanská interpretácia .....                           | 106        |
| Mnohosvetová interpretácia .....                       | 107        |
| Holografická interpretácia .....                       | 107        |
| Interpretácia súvisiaca s vedomím .....                | 108        |
| Hranice kvantového sveta .....                         | 108        |
| Lagrangeova Funkcia, rovnice .....                     | 108        |
| Diracova symbolika, operátory v kvantovej teórii ..... | 110        |
| Priestor reálnych trojíc $\mathcal{R}^3$ .....         | 110        |
| E2 Operátory .....                                     | 111        |
| Vlastné stavy energie, Schrödingerová rovnica .....    | 112        |
| Diracova rovnica .....                                 | 113        |
| Spin častíc .....                                      | 114        |
| Bariéra, tunelový jav .....                            | 115        |
| Epr paradox .....                                      | 115        |
| Bellova nerovnosť .....                                | 116        |
| Štandardný model častíc .....                          | 117        |
| Rodové delenie častíc .....                            | 119        |
| Delenie podľa štatistického chovania .....             | 119        |
| Zdroje ku samoštúdiu .....                             | 120        |
| Záver - Kvantová fyzika .....                          | 120        |
| <b>Úvod - Kvantová fyzika a EDQ teória .....</b>       | <b>122</b> |
| Vzdialenosť medzi objektami .....                      | 122        |
| Povaha fraktálov .....                                 | 123        |
| Kvantové struny .....                                  | 125        |
| EDQ a vlnovo - časticový dualizmus .....               | 127        |
| Experiment s elektrónmi .....                          | 127        |
| Úprava experimentu o svetelný zdroj .....              | 130        |
| Komplikované trajektórie .....                         | 131        |
| Iné možnosti .....                                     | 131        |
| Pohyb v makrosvete a mikrosvete .....                  | 132        |
| Spoločné vlastnosti pre makrosvet a mikrosvet .....    | 132        |
| Pohyb makro objektov .....                             | 133        |
| Interferencia rozloženia pravdepodobnosti dopadu ..... | 134        |
| EDQ - princíp neurčitosti .....                        | 136        |
| Analógia s prúdením kvapalín .....                     | 136        |
| Energia fotónu .....                                   | 137        |
| EDQ - tunelový jav .....                               | 137        |
| EDQ - kvantové previazanie .....                       | 138        |
| Myšlienkový experiment na prenos informácii .....      | 139        |
| Popis pokusu .....                                     | 139        |
| Ako poslať informáciu rýchlejšie .....                 | 140        |
| Naprieč času .....                                     | 141        |
| Predbežný záver .....                                  | 142        |
| Podstata kvantového previazania .....                  | 142        |
| Predpovede kvantových stavov .....                     | 143        |
| EDQ - interpretácia kvantovej fyziky .....             | 144        |
| Záver - EDQ a kvantová fyzika .....                    | 145        |



# Kapitola 1

## Biologická evolúcia



### Úvod – Biologická evolúcia

Biologická evolúcia je ako rozsvietená žiarovka v miestnosti. Pred zapnutím bola iba tma a viera.

Započalo to, ako myšlienka nadaného prírodovedca Charlesa Darwina. Ťažko povedať, kedy konkrétne to začalo, no zrod nápadu súvisí s cestou na lodi Beagle a skúmaním prírody. Výprava trvala päť rokov. Na ostrovoch Galapág si všimol, že vták nandu tvorí odlišné druhy v geograficky blízky teritóriách. Neskôr si to všimol aj pre korytnačky a pinky.



Obr.1 Darwinove pinky, zdroj internet.

Neskôr formuloval základy svojej teórie založenej na:

1. Variabilita jedincov toho istého druhu: mierne odlišnosti jedincov v populácii.
2. Prirodzený výber – jedince lepšie adaptované meniacemu sa prostrediu sa časom presadia a rozmnožia, menej prispôsobivé časom budú vytlačené.

Všimnime si tu naozaj dôležitú vec:

Celá teória tvorí dva body. Tieto dva body reprezentujú evolučný mechanizmus. Dva jednoduché body s opisom. **Pričom príspevok Darwina pre nasledujúce generácie je zásadný.**

Tento evolučný mechanizmus bol koncipovaný pre mikroevoúciu (evolučný proces prebiehajúci v rámci druhu) a makroevoúciu (proces, kde vznikajú nové druhy a evolúcia týchto druhov).

**Tento mechanizmus 1), 2) postuluje, že všetky živé organizmy sú postupne časom (milióny rokov) vytvorené v celej svojej rozmanitosti a komplexnosti.** Na prvý pohľad sa zdá, že toto nie je možné. Takýmto mechanizmom (teda náhody a prirodzeného výberu) vytvoriť takú obrovskú škálu živých organizmov. Kto pozná, resp. videl na obrázku zložitosť jedinej bunky (eukaryotickej bunky), tak si povie, že v tom musel byť aj nejaký zásah (vyššia moc, inteligentný design).

Tu je potrebné poznamenať ďalšiu dôležitú skutočnosť: Biologická evolúcia nepostihuje vznik života, prvotných protobuniek. Tejto záhade sa venuje samostatná disciplína, oblasť s názvom - **Abiogenéza**. Biologická evolúcia teda nadväzuje na abiogénzu, ktorá dodnes nevyriešila úplne vznik života. V zásade sú dve základné možnosti, život vznikol na našej planéte, alebo bol prostredníctvom komét a asteroidov na zem dopravený z vesmíru (panspermia).

Evolučná teória sa teda výlučne **venuje vzniku a zmenám druhov počas dlhého obdobia**, kde z jednoduchších foriem života sa postupne gradualisticky vytvorí všetko ostatné. Počas evolúcie života na planéte dochádza počas miliónov rokov k niekoľkým veľkým vymieraniam. Pre evolúciu



života, teda aj zmeny v rozmanitosti (vznik nových druhov) je práve vymieranie jedným z kľúčových faktorov. Vymieranie uvoľní životný priestor pre iné druhy.

### Neodarvinizmus

Postupom času, hlavne vďaka znalostiam genetiky sme pôvodnú teóriu Darwina obohatili a vznikla tzv. *Neodarvinovská teória*.

**Darwin položil základy evolučnej teórie, no neobjasnil niektoré aspekty hlbšie.** V 30. rokoch s novými poznatkami v oblasti genetiky a molekulárnej biológie došlo k zásadnému posunu vo vysvetlení variability jedincov tej istej populácie. Zistilo sa, že zdrojom variability organizmov sú **mutácie**. Tieto mutácie (zmeny na DNA) vznikajú chybným prepisom DNA, žiarením, vplyvom rôznych baktérií a vírusov (retrovírus). Táto zmena na DNA je bázou tzv. **genotypickej variability**, tá je potom základom **zmeny fenotypickej** (vzhľad, vlastnosti organizmov). Mutácie sú teda molekulárnym motorom zmien (prinášajú variabilitu jedincov), a sú výsledkom náhodných procesov na kvantovej úrovni.

Väčšina mutácií génov je pre organizmus škodlivá. Organizmus sa bráni svojím obranným mechanizmom proti nechceným zmenám. Prospešných mutácií pre organizmus je v nepomernej menšine voči negatívnym. Prospešné mutácie sú tie, ktoré by poskytli určitú výhodu pre život organizmu.

### Dôkazy pre evolúciu



Foto (c) Hans Arne Nakrem

Obr. 2 Fosílné nálezy, zdroj: internet.





- Fosílné nálezy prechodných foriem preskúmané paleontológmi, nálezy priradené v čase (geologické a fyzikálne merania).
- Dôkazy o príbuznosti molekulárnej biológii v sekvenciách DNA organizmov, biochémie.
- Rôzne dôkazy mikroevolúcie v prírode, ale aj v laboratórnych podmienkach (baktérií, vírusov atď.).

Evolučná teória vyvoláva dodnes kontroverzné súboje kreacionistov voči tejto teórii, náboženské akcie, animozitu.

### Súčasný nápad ako ďalej

Kľúčovú úlohu v biologickej evolúcii zohráva **práve prirodzený výber**. Prirodzený výber je intuitívny pojem, ktorý je dobre podchytený z našej bežnej skúsenosti. No tento prirodzený výber skrýva aj značne zaujímavé správanie.

Ide totiž o nelineárny systém. Zjednodušene povedané, systém nemá vždy rovnakú odozvu na vstup. To znamená, že nemá lineárny (rovnako, veľký) prírastok – úbytok.

Dá sa povedať, že drvivá väčšina nášho sveta (procesov v prírode) je práve nelineárna. Samozrejme, za čias Darwina nebolo jasné, čo presne tento systém obnáša, ako sa detailne správa (poznatky matematiky 20. storočia). Teória, ktorá popisuje takéto systémy sa volá - **Teória chaosu**. Tu ešte spomeniem, že túto spojitosť, aj keď preukázateľnú, biológovia nespomínajú. **Nezrovnalosti v teórii Darwina sa dajú vysvetliť správaním sa nelineárnych systémov** popisujúcich teóriu chaosu. O teórii chaosu bude nasledujúca kapitola.

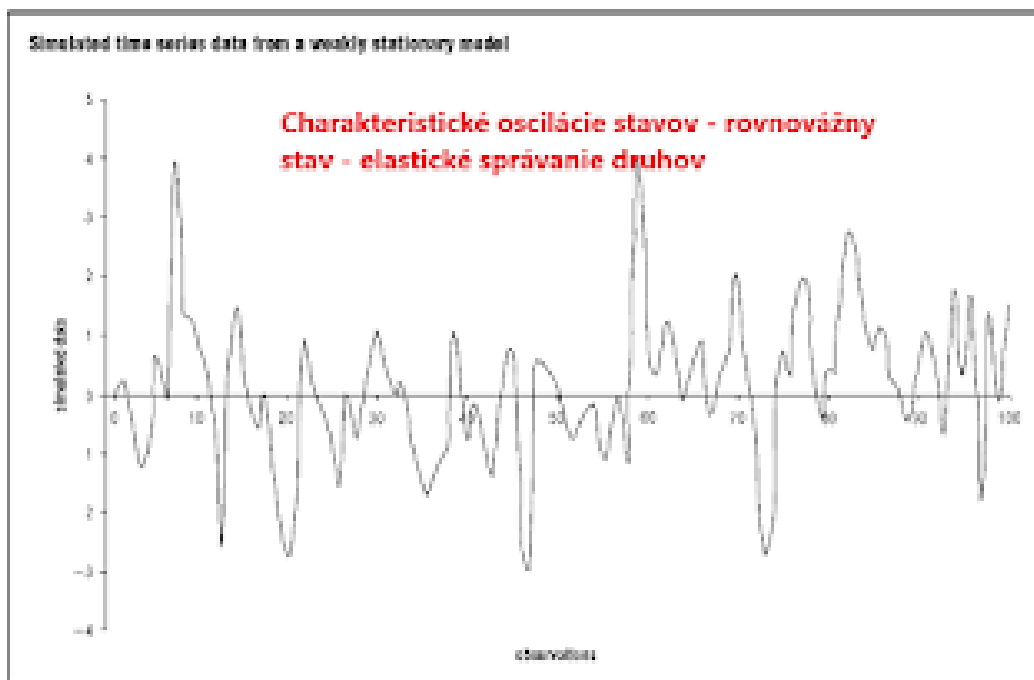
**Z teórie chaosu vyplýva, že rýchlosť zmien nie je konštantná po celý čas.** Príklad pre veľmi rýchlu zmenu ukazuje [Kambrická explózia druhov](#).

### ZAMRZNUTÁ EVOLÚCIA

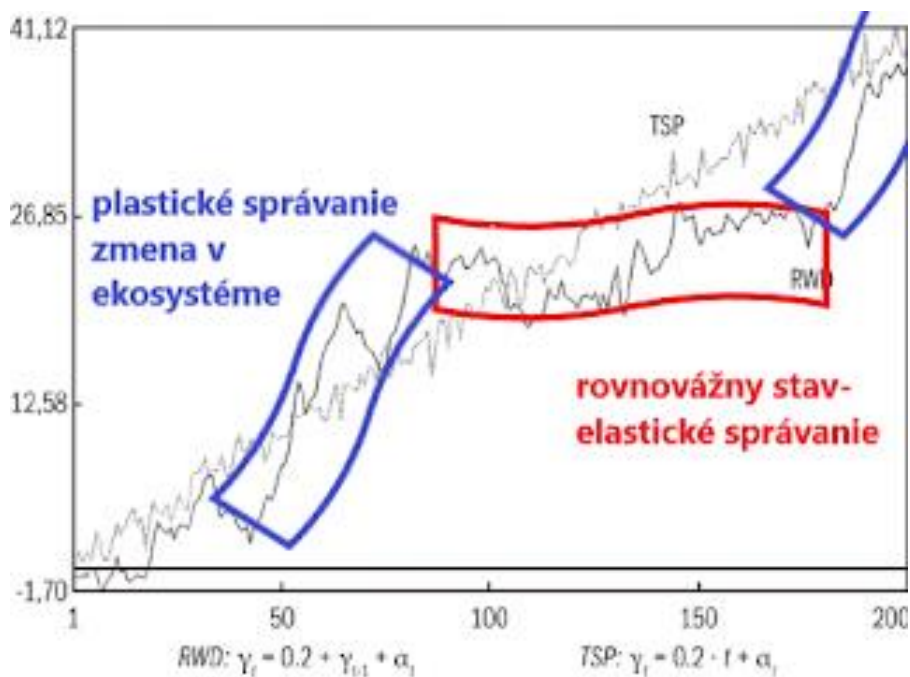
Tento pojem používa Prof. Flegr (evolučný biológ z ČR) v súvislosti so špecifickosťou prirodzeného výberu biologickej evolúcie. Na základe svojho výskumu koncipoval teóriu zamrznutej evolúcie. Malé zhrnutie kľúčových vlastností:

#### Plasticita a elasticita

To, čo nazýva pán Flegr plasticita a elasticita je **odvoditeľné zo správania komplexných systémov** (čo vzišlo z teórie chaosu, vid'. nasledujúca kapitola), v tých dvoch charakteristických javoch (správaní) vo všeobecnom chaotickom systéme, vid obr. 3, obr. 4.



Obr. 3 Príklad oscilačného správania, zdroj: vlastný obrázok.



Obr.4 Príklad oscilačného správania a trendového správania, zdroj: vlastný obrázok.

## SELEKCIA VZHLADOM NA STABILITU V ČASE

Táto selekcia je úplne prirodzená v takýchto komplexných systémoch, nakoľko to, **čo sa nedokáže prispôbiť vymiera**. Zostáva teda len to, čo dokázalo v čase prežiť. Je to teda súborom znakov, ktorý je v čase stabilný, aj na oscilačné stavy, aj na **fraktálne** (viď. nasledujúcu kapitolu) trendové oblasti, ktoré majú nejakú periódu v čase dlhšiu, a potom sa vracajú (napr. úseky glaciál, interglaciál- pojem z geológie). **Všeobecnejšie sa dá povedať, že veľmi**



prispôsobený druh (elastický), špecializovaný má menšie šance pri skokových zmenách na prežitie, ako má živočích na spôsob chiméry.

Podrobnosti čitateľ nájde v prednáške:

Poznámka: Rozoberá aj teóriu Prof. Richarda Dawkinsa – sebecký gén.

Video prednáška: <https://www.youtube.com/watch?v=o2D6oNX8QeA>

Novšia video prednáška: <https://www.youtube.com/watch?v=fVYoIB7vIHg>

## Záver – Biologická evolúcia

Malé zhrnutie biologickej evolúcie bolo potrebné pri formulovaní univerzálnejšej teórie v súvislosti s EDQ teóriou priestoru a času. ***Tak, ako prebieha evolúcia na úrovni biologickej, prebieha na všetkých možných úrovniach.*** Príkladom je kultúrna evolúcia, no a nakoniec sa to dotýka evolúcie celého vesmíru. Vesmír a to vieme z pozorovaní, ***podlieha evolúcii v čase.*** EDQ teória má teda evolúciu ako základnú vlastnosť komplexných systémov. Má ju teda priamo v názve EDQ - evolučná, diskrétna, kvantová teória priestoru a času. Tieto súvislosti budú jasnejšie po prečítaní všetkých súvisiacich kapitol knihy.



## **Kapitola 2**

# **Teória chaosu, fraktály, komplexné systémy, emergencia**





### Úvod – Teória chaosu

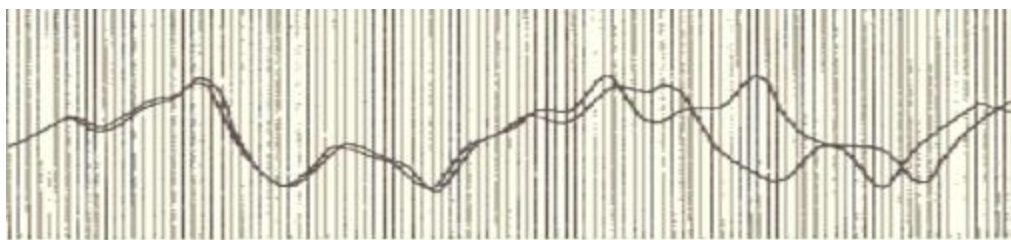
Dostávame sa k dôležitej teórii, ktorá vznikla v 20. storočí. Niekde okolo roku 1900 si H. Poincaré (matematik) všimol, že tri telesá pôsobiace na seba gravitačnou silou (presnejšie sa to volá problém troch telies) sa správajú za istých okolností zvlášť. Myslím tým, že za istých okolností bude tento vzájomný pohyb troch telies chaotický. Pre zjednodušenie a pochopenie toho, čo budeme pod týmto pojmom rozumieť, je to, že chaotický, budeme chápať ako nepredvídateľný – (teda taký, ktorý nemá nejakú ustálenú periódu pohybu, vzor.)

***Teória chaosu sa teda zaoberá chovaním nelineárnych, dynamických systémov.***

V polovici 20. storočia sa teória chaosu začala napredovať a spolu súvisí s rozvojom prvej výpočtovej techniky (elektronických počítačov). Bolo tomu tak preto, že počítače mohli pomôcť pri simulácii zaujímavých, nelineárnych javov robiť iterácie a výpočty oveľa rýchlejšie ako ľudia.

Jeden z prvých počítačov ENIAC bol použitý pri jednoduchom modelovaní predpovede počasia. Medzi prvých, ktorý prvé počítače použil na predpovedanie počasia, bol E. Lorentz.

Došiel k zaujímavým záverom. Zistil, že ak výpočty začne z inej pozície, napríklad zadal vstupné údaje na začiatku výpočtu, výpočet prebehol na nejaký úsek. Ak však chcel ušetriť čas, aby mohol pokračovať s výpočtom na dlhší úsek, zadal vstupné údaje napr. zo stredu (platné na tri desatinné miesta vytlačené tlačiarňou) predchádzajúceho výpočtu (pričom v pamäti počítača bežali údaje na šesť desatinných miest) a zistil, že výpočet (graficky priebeh) sa mu po istom pomerne malom čase odklonil.



Obr. 5 Lorentzov graf, zdroj: internet.

Zistil teda dôležitú vec, citlivosť na vstupné parametre výpočtu, predpovede takéhoto systému spôsobí po čase úplne iný vývoj. To sa dnes volá - **Motýlí efekt**.

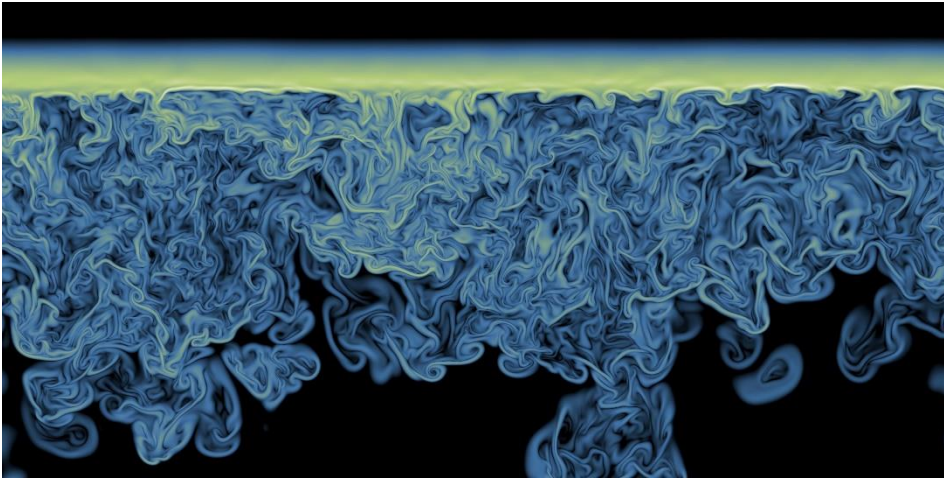
Základné vlastnosti nelineárnych dynamických systémov:

- Systém je v klude.
- Stále expandujúci systém.
- Periodický pohyb.
- Kvázi – periodický pohyb.
- Chaotický pohyb.

Pre potreby EDQ teórie budú najdôležitejšie posledné tri systémy.

Pre predstavu, ktoré systémy vykazujú chaotické správanie je uvedené na nasledujúcich obrázkoch:





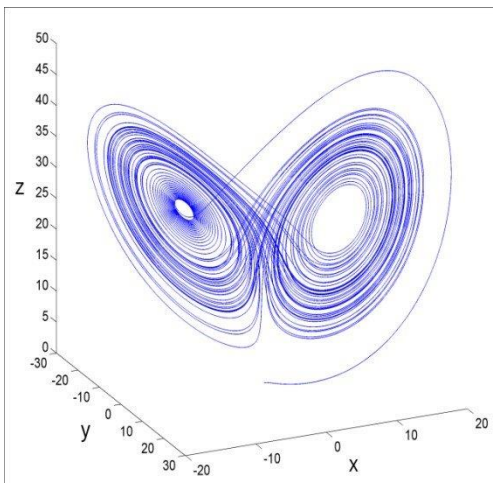
Obr. 9 Príklad turbulencie tekutiny, zdroj: internet.

Najčastejší a najdostupnejší úkaz chaotického správania sú **turbulencie kvapalín, vzduchu**, to je dostatočný, bežný príklad na chaotické správanie sa v prírode.

### ATRAKTOR

Ak by sme chceli graficky interpretovať správanie sa dynamických systémov, potom by sme to urobili ako zobrazenie vo fázovom priestore. Nechcem čitateľa zmiasť matematickým formalizmom. Tak to vysvetlím voľnejšie, tak aby mal jasnú predstavu o čo ide.

Máme tri smery,  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Pre každý smer zadefinujeme, že budeme vynášať hodnoty - nejakú stavovú premennú. Ak to budeme vynášať s postupujúcim časom dostaneme krivku, tak ako je znázornená na obr. č. 10.



Obr. 10 Lorentzov atraktor, zdroj: internet.

Pri vynášaní údajov s postupujúcim časom by sme videli vykresľovanú krivku v podobe osmičky, pričom každá nasledujúca osmička by bola troška inej veľkosti. To je predvídateľné.



K chaotickému správaniu dôjde až vtedy, ak sa zmení kreslenie tých osmičiek v nepredvídateľnom postupe, kde sa budú striedať osmičky s pohybom do kruhu. Tieto krivky sa však nikdy nepretnú. Tento atraktor sa používa pre vývoj dynamiky atmosféry.

Je viac druhov atraktorov, pre zaujímavosť:

- Rösslerov atraktor.
- Hénonov Atraktor.
- King Dream atraktor.
- Iné podivné, chaotické atraktory.

**Najzaujímavejšie pre nás sú tzv. podivné atraktory.** Medzi podivné atraktory patrí už spomenutý Lorentzov atraktor, Rösslerov atraktor, Hénonov atraktor.

**Zaujímavé sú práve tým, že vykazujú rovnaké vlastnosti ako fraktály. Neskôr sa čitateľ dozvie, že z pohľadu EDQ teórie sú fraktály veľmi podstatnou zložkou:**

- **Ako spojiť teóriu chaosu s evolúciou, abiogenezou a dnešnými fyzikálnymi teóriami.**

**Podivný atraktor a fraktály sú v EDQ teórie nesporne jednou z najdôležitejších konštrukcií, pre vysvetlenie ďalších súvislostí.**

### SPÄTNÉ VÄZBY

Túto vlastnosť každý dobre pozná. Jedná sa o spätné väzby, napr. z mikrofónu na reproduktore. Ďalšou známou takou väzbou je zachytávané svetlo kamerou z monitora a privádzané znova na vstup monitora. Všeobecne by sme mohli takúto väzbu zapísať v matematickom tvare, ide však o komplexnú rovinu, kde sa uplatňujú komplexné čísla:

$$X_{n+1}=X_n^2+C$$

Pričom  $X_n$  – je premenná vo väzbe.

Poznámka: táto rovnica popisuje aj Manldebrotovú množinu.

$c$ - je komplexná hodnota, ktorá súvisí s drobnou odchýlkou snímaného signálu. Pokiaľ sa hodnota len o málo zmení, môže to viesť na nepredvídateľné správanie sa.

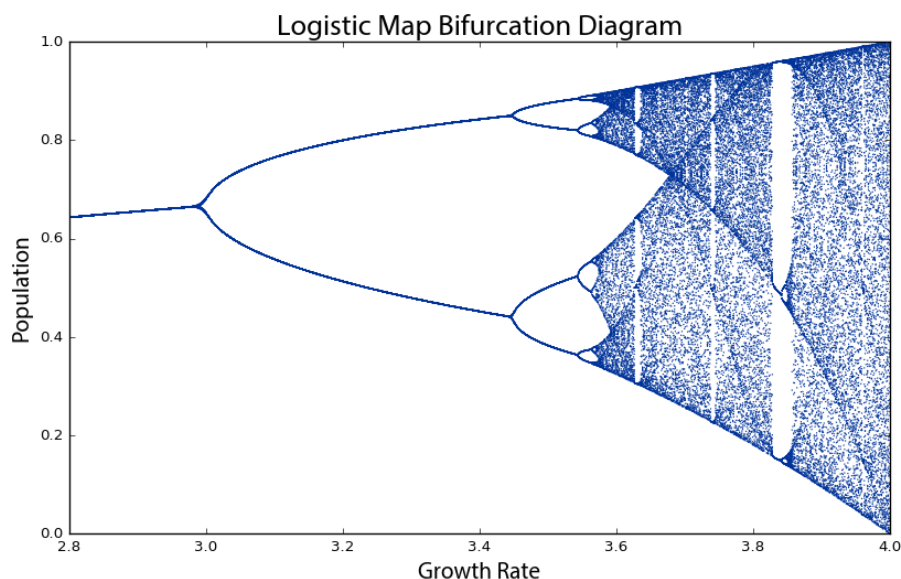
Pri takto snímanom svetle a prenášaným znova na monitor sa **vytvoria dynamické, meniace sa obrazy**. Takýto systém je náchylný na počiatočné podmienky, ktoré môžu dramaticky zmeniť tieto vzorce.

### BIFURKÁCIA

Ďalším zaujímavým fenoménom, ktorý popisuje teória chaosu je bifurkácia systémov. Bifurkácia je teda jav, kde pri malej zmene riadiaceho parametra dôjde k náhlej a výraznej zmene vnútorného stavu systému.



Pre štúdiom tohto javu sa používajú bifurkačné diagramy, vid'. obrázok č.11.



Obr. 11 Bifurkácia, zdroj: internet.

### Príklad:

Kvapkanie vody z vodovodu je dobrý príklad na to, čo to bifurkácia je za fenomén. Zoberme si, že pomaličky otáčame kohútikom, pri skoro zatiahnutom kohútiku vidíme pravidelne spadnúť, po určitom čase jednu kvapku, ak troška pootočíme, uvidíme za ten istý čas dve kvapky, následne štyri kvapky atď. Tomuto javu sa hovorí tzv. **zdvojnásobovanie periódy**. **V istom momente, ale nastane bifurkácia. To znamená, že systém prejde do chaotického chovania.** Kvapky padajú v rôznych skupinkách nepravidelne. Na obr. 11 to predstavuje tú modrú plochu, ktorá je výsledkom veľkej množiny stavov. Tento jav sa uplatňuje v rôznych pokusoch s rôznymi veličinami, napr. elektrický okruh.

Existuje niekoľko základných bifurkácií:

- Lokálna bifurkácia : flip bifurcation, fold bifurcation, transcritical bifurcation, atď.
- Globálna bifurkácia : homoclinic bifurcation, heteroclinic bifurcation, infinite – period bifurcation, blue sky catastrophe.

### **ZDROJE KU SAMOŠTÚDIU:**

Problematiku teórie chaosu nie je možné v tejto knihe popísať do podrobnosti, čitateľ si môže pozrieť nejaké prednášky, napr.:

Chaos a redukcionizmus: <https://www.youtube.com/watch?v=njf8jwEGRo> (Stanford university)

Alebo staršie video o teórii chaosu v CZ jazyku:

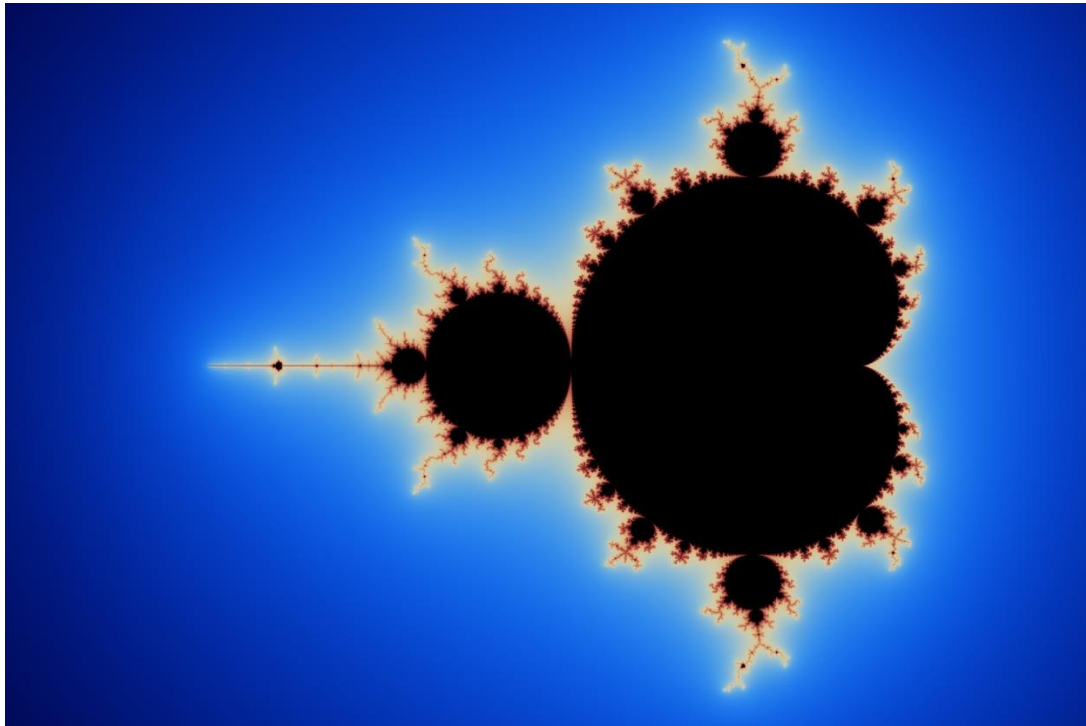
<https://www.youtube.com/watch?v=mwGu2JKVr7A>





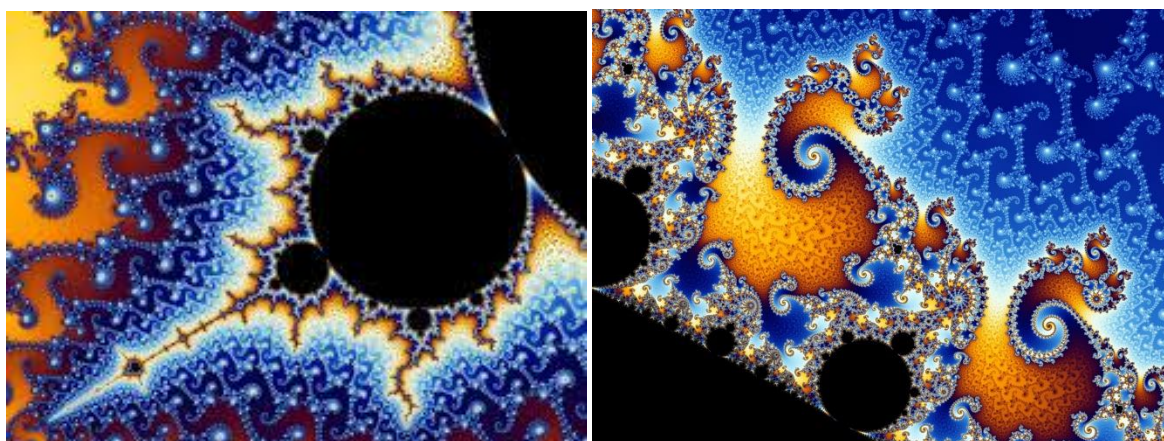
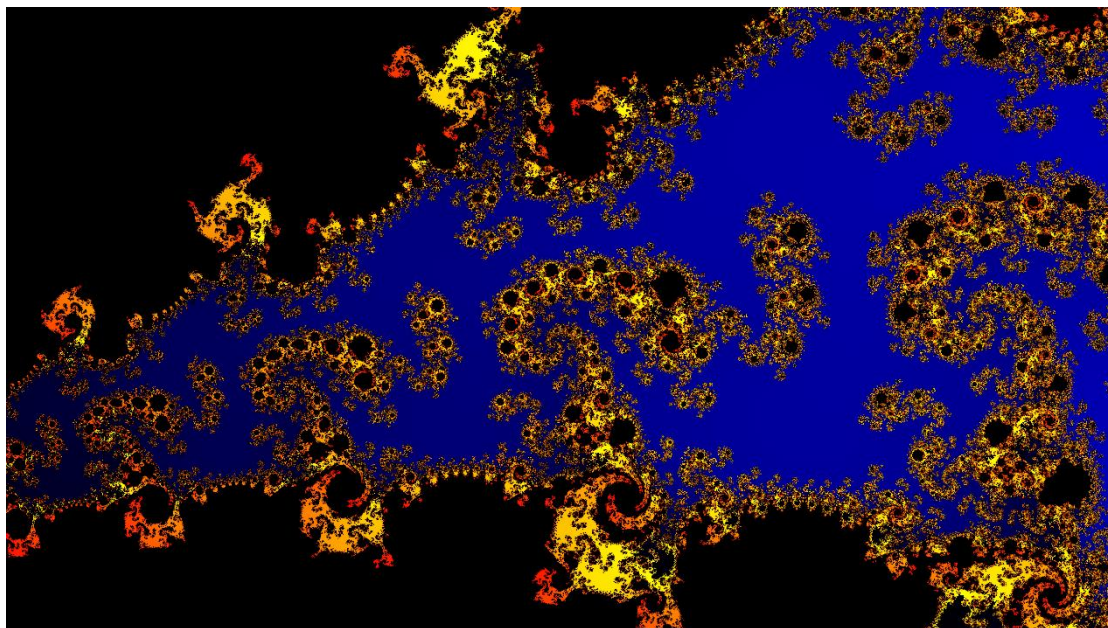
## Fraktály

Za objaviteľa matematických fraktálov nemožno považovať nikoho iného ako Benoida Mandelbrota. Je po ňom nazvaná Mandelbrotova množina, ktorá je fraktálom a naozaj veľmi pôvabným. Mandelbrotova množina je určená predpisom :  $Z_{n+1}=Z_n^2+C$ . Táto rovnica je definovaná v komplexnej rovine (os x predstavuje reálnu zložku čísiel, os y predstavuje imaginárnu zložku čísiel). Táto rovnica je úplne zhodná s rovnicou spätnej väzby. Pre pochopenie tejto rovnice je nutné sa oboznámiť s komplexnými číslami a ich zobrazením.



Obr. 12 Mandelbrotova množina v komplexnej rovine, zdroj: internet.

Pre zaujímavosť - takýto fraktál je možné približovať „do nekonečna“. Pri zobrazení detailu z tejto množiny dostaneme niečo takéto, viac farebne odlišené, aby fraktál vynikol.



Obr.13 Detail Mandelbrotovej množiny, možné nekonečné približovanie, zdroj: internet.

Pútavé, že?

No, to nie je všetko. Nie je to len nejaký pekný vzor, za Mandelbrotovou množinou je schované oveľa viac, ako sa javí. Tá záhada je ukrytá v tej rovnici. Na prvý pohľad to je jednoduchá rovnica. Musíme síce uvažovať v komplexnej rovine čísiel, no okrem toho, že sa jedná o komplexné čísla je v tej rovnici ukrytý **chaos aj poriadok**. Za istých parametrov rovnice dostaneme tento nádherný fraktál s nekonečným delením, no ak parametre budú o niečo iné, **rovnica bude divergovať**. V tejto rovnici je ukrytý **MATEMATICKÝ CHAOS, ALE AJ PORIADOK REPREZENTUJÚCI FRAKTÁLOM**.

No najskôr pekne od začiatku, čo je teda ten fraktál?

**Fraktál je z latinského slova Fractus znamená rozbitý.** Fraktál je geometricky útvar zložený z jednoduchých motívov (fraktálnych elementov). Takáto definícia je však skôr vhodná pre IFS (Iterated Function Systems) fraktály.



### Mandelbrotova definícia:

Skôr matematická formulácia znie : Fraktál je množina, ktorej Hausdorffova dimenzia je väčšia ako dimenzia topologická.

Táto definícia hovorí, že fraktál je taký útvar, ktorého dimenzia je neceločíselná (existujú aj výnimky).

### Fraktály môžeme definovať v týchto základných vlastnostiach:

- Sebakodobnosť – znamená to, že ak pozorujeme fraktál v akejkoľvek mierke, rozlíšení, pozorujeme stále sa opakujúci, určitý charakteristický tvar. Ktorákoľvek časť fraktálnej štruktúry je identická so základným fraktálnym vzorom.
- Sebakríbnosť – je určité zobecnenie sebakodobnosti. Ktorákoľvek časť fraktálnej štruktúry je podobná základnému fraktálnemu vzoru, nie je však identická. Táto vlastnosť sa prejavuje najmä v prírode, napr. stromy, oblaky, rôzne prírodné útvary a pod.
- Invariantnosť voči zmene merítka – znamená to, že pri zväčšovaní merítka dostaneme rovnaký, podobný obraz fraktálnej štruktúry.
- Fraktálna dimenzia – tzv. Hausdorffova dimenzia  $D_H$ : Dĺžka obvodu fraktálnej štruktúry je  $K=N \cdot s^{D_H}$ , merítka  $s=1/N$ ,  $N$ - počet úsečiek nutných k aproximácii. Pokiaľ dosadíme za  $K=1$ , potom môžeme vyjadriť  $D_H = \log(N)/\log(1/s)$ .
- Fraktál je nekonečne členitý útvar, pokiaľ budeme uvažovať o vykreslení fraktálu v detailoch smerujúcich k nekonečnu.

### Typy fraktálov:

- Dynamické systémy s fraktálnou štruktúrou.
- Systémy iterovaných funkcií: IFS fraktály.
- Stochastické fraktály: Nepravidelné fraktály.
- L – systémy.
- Multifraktály.

Tak základné delenie a vlastnosti boli popísané, na chvíľu sa ešte vrátim Mandelbrotovej množine, ktorá je daná predpisom:

$$Z_{n+1} = Z_n^2 + C$$

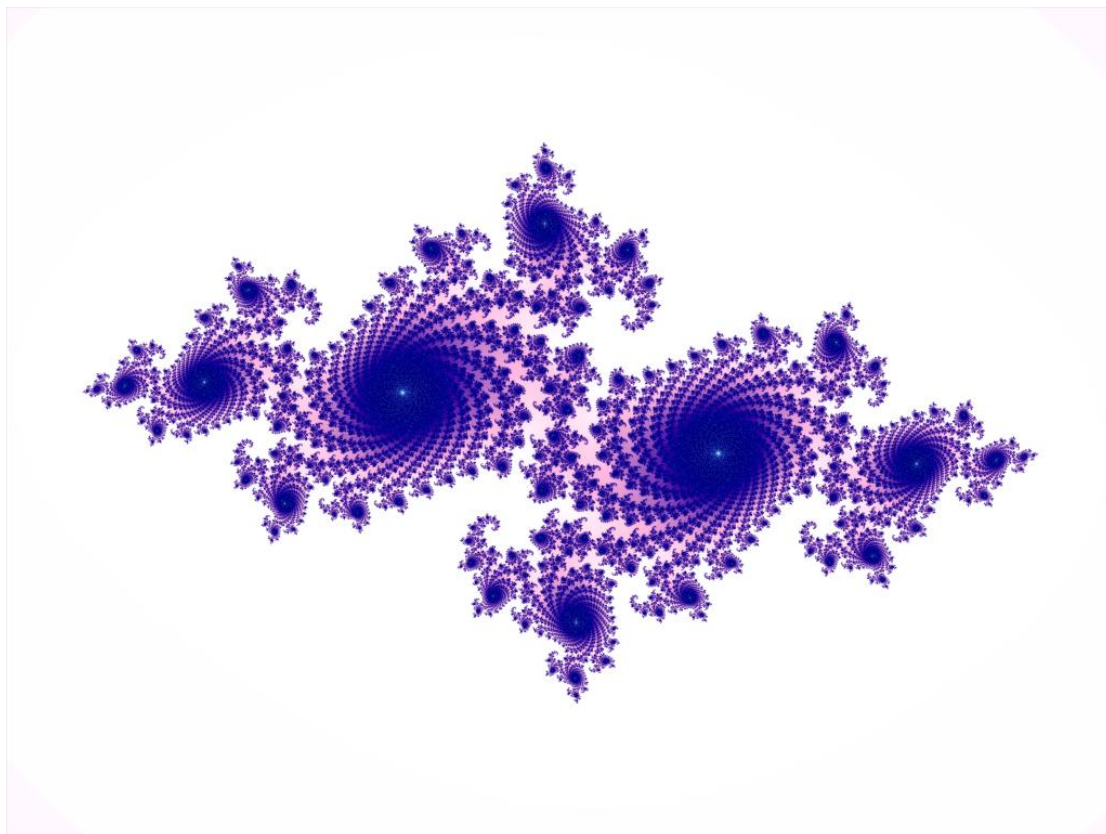
Pre Mandelbrotovú množinu platí, že  $Z_0 = 0$ , pre každý počítaný bod sa mení konštanta „C“. No a potom hľadal, pre ktoré  $Z_{n+1}$  táto množina komplexných čísel nediverguje.

## JULIOVÉ MNOŽINY

Sú dané tým istým predpisom ako u Mandelbrotovej množiny, no podmienky sú iné:

- Komplexná hodnota „C“ je zvolená ľubovoľne, no pre výpočet ostáva konštantná.
- Juliove množiny sú definované ako množiny všetkých komplexných čísel  $Z_0$ , pre ktoré postupnosť  $Z_n$  nediverguje.





Obr. 14 Juliová množina, graficky ofarbená pre vyniknutie, zdroj :internet.



### IFS FRAKTÁLY

IFS fraktály sú najpočetnejšia skupina fraktálov. IFS fraktály predstavujú jednu z často používaných aplikácií procedurálneho modelovania telies (napr. stromov a rastlín). Tvoria dôležitú skupinu lineárnych deterministických fraktálov používaných napr. pri fraktálnej komprimácii obrázkov. Na ukážku zopár IFS fraktálov:



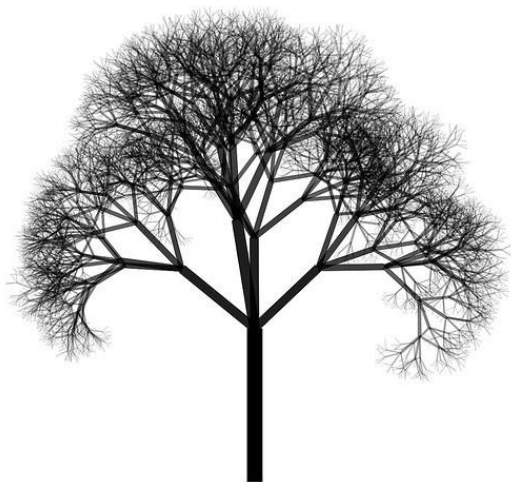
Obr. 15 Sierpinského fraktál, zdroj: internet.



Obr.16 Papradie- fraktál, zdroj: internet.



Obr. 17 Kochová vložka, zdroj : internet.



Obr.18 Strom – fraktál, zdroj: internet.

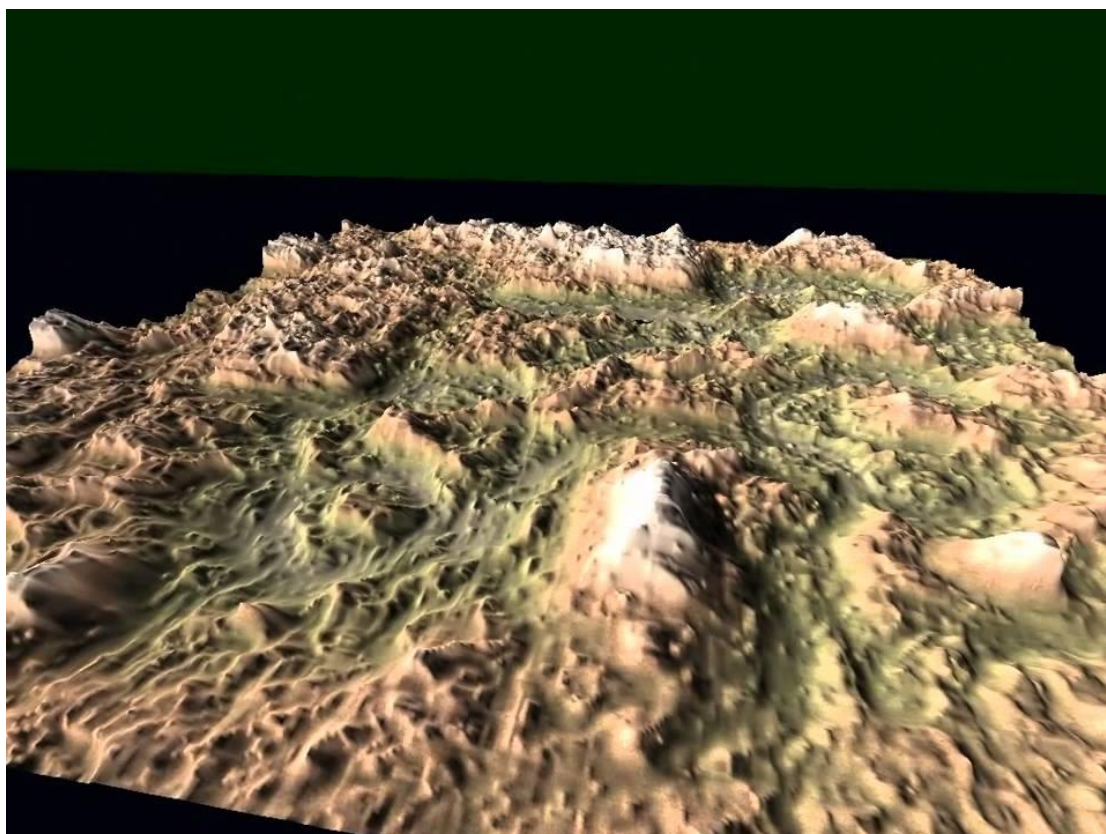




## STOCHASTICKÉ FRAKTÁLY

Medzi nie patrí napr.:

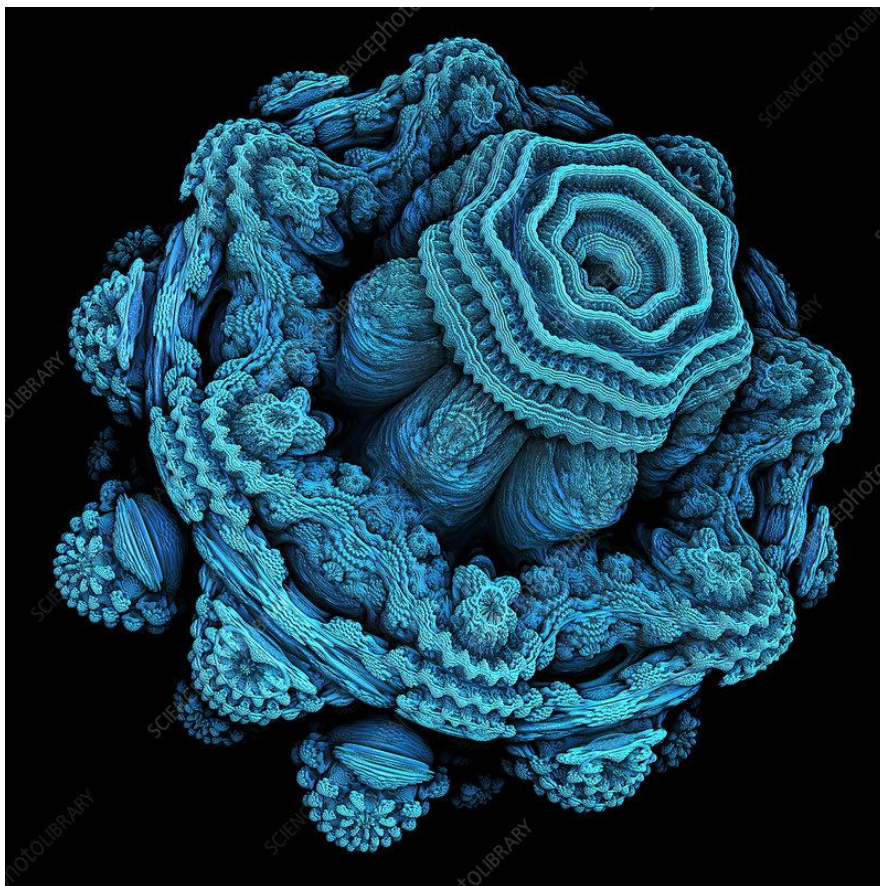
1. Fraktálny Brownov pohyb na ploche, v priestore.
2. Spektrálna syntéza.
3. Difúzne ohraničená agregácia.
4. Metóda posúvania stredného bodu.
5. Iné.



Obr. 19 Simulácia povrchu, zdroj: internet.

## 3D, 4D FRAKTÁLY

Pre ilustráciu 3D fraktál vytvorený, najznámejší je asi Mandelbulb, vid'. obr.20.



Obr.20 Mandelbulb 3D fraktál, zdroj : internet.

#### ZDROJE PRE SAMOŠTÚDIUM:

Táto téma je naozaj rozsiahla, popis rôznych fraktálov a ich aplikácia, nejaké video prednášky nájdete k fraktálom:

<https://www.youtube.com/watch?v=sSjXrB3oCW4> (Stanfort university)

<https://www.youtube.com/watch?v=AfMQtiAJdRU> (v CZ jazyku)



### Komplexné systémy, emergencia

Dostávame sa k najnovším poznatkom súčasnej vedy o dynamických systémoch, ktoré priamo nadväzujú na tóriu chaosu a fraktály.

Zadefinujeme si, čo je komplexný systém:

Komplexný systém je taký dynamický systém (mení sa s časom), ktorý obsahuje **veľké množstvo interagujúcich komponentov** vzájomne prepojených do štruktúrovaných celkov (nie však nutne), ktoré vykazujú prevažne nelineárne chovanie. Dominantnou vlastnosťou takýchto systémov je emergencia.

Príklady komplexných systémov:

1. Biologické systémy: napr. mravenisko, spoločenstvo včiel, všetky živé organizmy, bunky, neurónové siete, teda dá sa povedať, že všetok život na planéte. Môžeme ich spoločne označovať všetky živé komplexné systémy.
2. Prírodné neživé systémy: podnebie, geologické pochody, vývoj klímy (v súvislosti s klimatickou zmenou). Tieto neživé procesy sa odohrávajú v celom vesmíre, všetky planéty, hviezdy, galaxie, kopy galaxií sú obrovské komplexné systémy.
3. Systémy súvisiace s ľudskou aktivitou: ekonómia, internet, sociálne štruktúry, v podstate sa dá povedať, že všetky zložitejšie aktivity, ktoré vzájomne interagujú, môžeme nazvať komplexné systémy.

Z predchádzajúcich bodov je teda všetko zložitejšie, organizované (no nutne nemusí byť) komplexným systémom. Tieto systémy vždy vykazujú veľkú množinu komponentov, ktoré tento komplexný systém tvoria. Takéto systémy tvoria vlastne väčšinu nám dobre známych systémov, spoločenstiev.



Obr. 21 Komplexný systém planéty, zdroj: internet.





Komplexné systémy popisujú z rôznych strán všetky vedné disciplíny. **Tieto systémy sú vrcholom dlhotrvajúcej evolúcie celého vesmíru.** Ich zrod započal veľmi dávno, ešte pred vznikom prvých hviezd.

S nástupom teórie chaosu, fraktálov, máme ďalší nástroj na skúmanie týchto systémov z iného zorného uhla ako doposiaľ.



Obr.22 Galaxia ako komplexný systém vyššej úrovne, zdroj: internet.

Nejdem tu rozpisovať rôzne delenia. Z popisu je jasné, že takéto systémy tvoria väčšinu nám známeho vesmíru, kde je látka (fyzikálna látka: atómy, molekuly atď.). Môžeme ich deliť rôzne.

Dôležitá vlastnosť je to, že bývajú vnorené do ďalších komplexných systémov. Príklad: ľudské telo je komplexný systém zložený z ďalších samostatných komplexných systémov, ako je jediná bunka. Celý vesmír je jeden obrovský vnorený systém, ktorý vykazuje určitý stupeň samoorganizácie.

***Komplexné systémy budú vykazovať fraktálne aj chaotické správanie. Fraktály reprezentujú organizované štruktúry, chaotické správanie reprezentuje turbulencie v takýchto systémoch.***

### EMERGENCIA

Jednou z najdôležitejších vlastností, ktoré komplexné systémy obsahujú je **emergencia**. Podme túto vlastnosť zdefinovať:

Znamená **SPONTÁNNY** vznik makroskopických vlastností a štruktúr komplexných systémov, ktoré je veľmi ťažké, resp. nemožné odvodiť z vlastností ich základných komponentov/ zložiek.



Obr.23 Emergencia, zdroj: internet

***Kto tejto definícii porozumie, predostrie sa mu „zázračné vysvetlenie“ všetkých možných rozmanitostí nášho sveta, vesmíru.***

Príklad:

Vtáci v roji, alebo ryby v oceánoch držiace sa v skupinách, vykazujú emergetnú vlastnosť. Toto je naozaj jeden z najnázornejších príkladov, pomerne jednoduchých na pochopenie.

Vtáci, resp. tie ryby našli techniku ako v spoločenstve lepšie prežiť. Dodržiavajú dve základné pravidlá v takejto skupinke:

1. Dodržuj primeraný odstup vo svojej pozícii od najbližších susedov.
2. Prispôbuj svoju rýchlosť na najbližších susedov tak, aby si splnil 1. bod.

Vznikne však správanie sa celého roja, skupiny, ktoré ste už určite videli niekde na videu. Tento celkový dynamický obrazec vytvára naozaj pekné efekty na tej oblohe.



Obr.24 roj vtákov a emergetná vlastnosť toho roja, zdroj internet.

Emergenciu delíme na:

- Slabú emergenciu (Možno odvodiť z chovania základných komponentov).
- Silnú emergenciu (Nemožno odvodiť z chovania, vlastnosti svojich základných komponentov).





V prípade slabej emergencie ide o tzv. redukcionizmus. To je znova na ďalšiu kapitolu. Pre úplnú jednoduchosť ide o to, že či dokážeme raz prírodu, svet popísať zo základných komponentov, zo základných prírodných zákonov odvodiť všetko ostatné.

V prípade silnej emergencie takto jednoducho nedokážeme popísať náš svet, vesmír.

Na tému redukcionizmus a emergencia je dobrá prednáška, vid'. zdroje ku samoštúdiu na konci kapitoly.

### ĎALŠIE ZDROJE KU SAMOŠTÚDIU:

Problematiku komplexných systémov, emergencie nie je možné v tejto knihe popísať do podrobnosti. Čitateľ si môže pozrieť nejaké prednášky, napr.:

<https://www.youtube.com/watch?v=QOeNQqzd6gA> (Redukcionizmus a emergencia v CZ jazyku)

[https://www.youtube.com/watch?v=o\\_ZuWbX-CyE](https://www.youtube.com/watch?v=o_ZuWbX-CyE) (Emergence and complexity, Stanford university)

## Záver - Teória chaosu

Táto kapitola bola obsiahlejšia, ale bolo nutné ju prebrať vzhľadom na nasledujúce spojitosti EDQ teórie o priestore a čase. Táto vedná oblasť je pomerne mladá a dynamicky sa rozvíja. **Prínos teórie chaosu je nesporná vo všetkých vedných disciplínach.** Teória chaosu, fraktály, komplexné systémy si našli svoje uplatnenie aj v praktickom živote ľudí. Z tejto kapitoly plyní, že dynamické systémy obsahujú v sebe aj chaotické správanie, no naopak aj fraktály, ktoré vyjadrujú usporiadanosť (poriadok). Všetko to vyúsťuje do organizovanosti a správania sa komplexných systémov, ktoré skúmame. V nasledujúcich kapitolách tie najdôležitejšie vlastnosti zhrnieme do postulátov. No najskôr preberieme tému nekonečna a limity v matematike. Následne zdefinujeme počiatočné vlastnosti EDQ teórie do všeobecných postulátov.



# Kapitola 3

## Nekonečno, limita v matematike



### Úvod – Nekonečno, limita v matematike

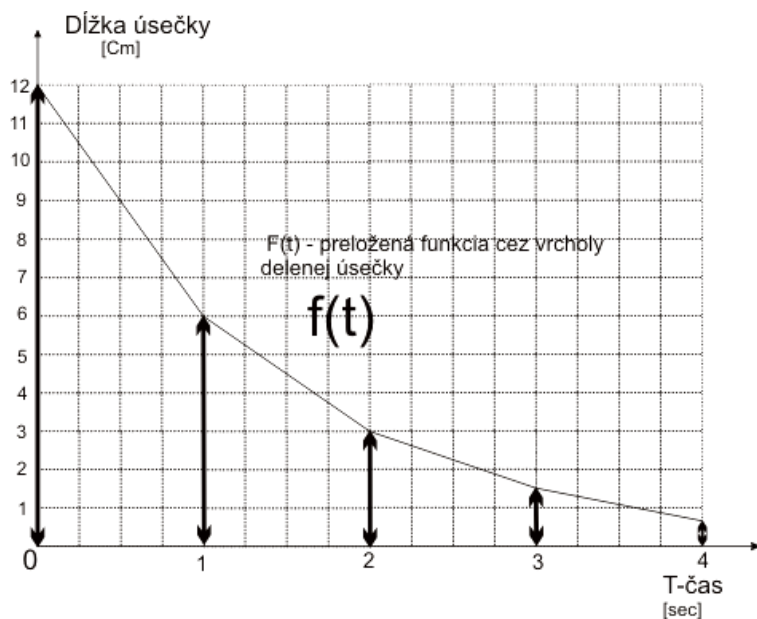
Príbeh o hľadaní poznania sveta človekom sa začal niekedy dávno v priestore a čase. Od samotného začiatku, až po dnes, to bola napínavá, až strastiplná cesta, plná nástrah a omylov. Hľadanie čriepkov a ich skladanie do skladačky poznania bola a je najťažšia úloha, pred ktorú sa človek postavil. Hnacím motorom vyriešiť túto neľahkú úlohu, je pre mnohých neutíchajúca zvedavosť, spokojnosť z dosiahnutia svojho cieľa a v neposlednom rade, zlepšenie kvality života človeka. Človek sa rozbehol na všetky smery, ktoré sa mu otvorili, aby začal zbierať poznanie zo všetkých kútov, ktoré našiel. Postupne začal sumarizovať svoje zistenia a hľadať spojitosti, aby postavil prvú teóriu. Radosť z úspechu je pravdepodobne najkrajší dar, ktorý sa stal odmenou za vynaloženú energiu, odriekanie a problémy. No bádanie a hľadanie sa stalo pre mnohých nočnou morou, bezvýchodiskovou situáciou, až posadnutosťou. No aj neúspechy posúvajú človeka bližšie k poznaniu.

Problémy s nekonečnom sa objavujú už u starých Grékov. Jeden z tých slávnych, ktorý na problémy nekonečna upozornil, bol slávny Zenón z Eley. Po ňom sú nazvané Zenónové apórie. Tieto paradoxy sa týkajú pohybu: Achilles a korytnačka, letiaci šíp.

No najskôr si zadefinujme, čo pod pojmom nekonečno rozumieme. ***Nekonečno je to, čo nemá medze, buď ako presahujúce akúkoľvek kvantitu (aktuálne nekonečno napr. v teórii množín), alebo ako potenciálne nekonečno – smerujúce k takému stavu.***

Príklad nekonečného delenia:

Tento problém už trápil filozofov pri objavení myšlienky nekončiaceho delenia predmetu. Problém nespôsoboval, že by teoreticky nebolo možné si predstaviť proces delenia na menšie a menšie celky. Problém spôsobovala nula, limitný výsledok nekonečného delenia. Predstavme si, že by sme delili úsečku danej dĺžky vždy na polovicu, potom  $\frac{1}{2}$  na  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{8}$ ,  $\frac{1}{16}$ , a tak ďalej. Vieme si predstaviť, že sa úsečka zmenšuje vždy na  $\frac{1}{2}$  predchádzajúcej úsečky. Pokiaľ proces delenia neukončíme, tak sa bude úsečka zmenšovať na stále menšie úsečky. Pokiaľ povieme, že budeme úsečku deliť do nekonečna, limitne sa blížíme k nule. Na druhej strane je možné si predstaviť, že v akomkoľvek čase delenia, okrem nekonečna, máme stále nejakú maličkú úsečku, ktorú je možné predeliť na polovicu. ***Matematika v nekonečne prestáva dávať predstaviteľné výsledky. Tento výsledok je dosiahnutý cez pojem limita v matematike.*** Táto kapitola obsahuje aj matematické vzťahy a pojmy, predpokladám, že ak ich čitateľ chce pochopiť je potrebné si pozrieť tieto pojmy.



Obr. 25 Nekonečné delenie úsečky, zdroj: vlastný obrázok.

Matematicky to môžeme všeobecne zapísať ako limitu:

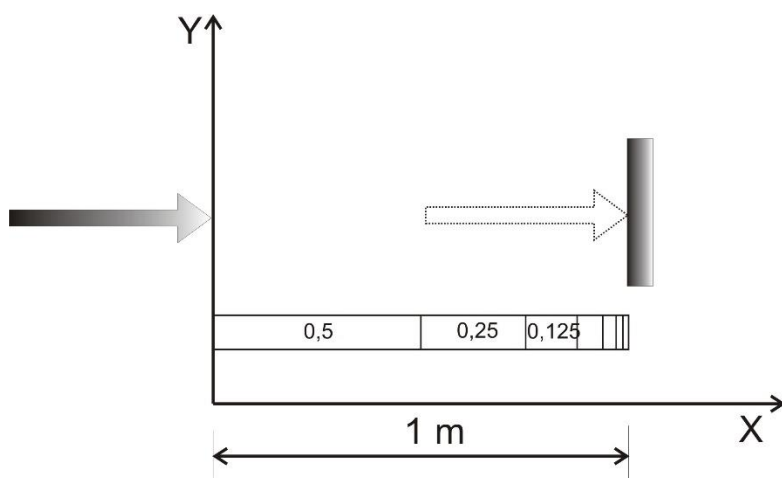
$$\lim_{t \rightarrow \infty} f(t) = 0$$

$f(t)$  – je funkcia preložená cez vrcholy delenej úsečky,  $t$  – je čas smerujúci k nekonečnu.

## DICHOTÓMIA (ZENONOVÉ APÓRIE)

Tento problém sa dá sformulovať nasledovne:

Majme letiaci šíp k terču. Šíp je vzdialený jeden meter od terča. Po vystrelení šípu má najskôr prejsť polovicu celkovej dráhy, čo je 0,5 m. Potom má prejsť znova polovicu zostávajúcej dráhy, teda  $\frac{1}{2} \cdot 0,5 = 0,25$  m. Tento postup opakujeme do nekonečna. Otázka teda znie: Dosiahne za takýchto podmienok šíp terč?



Obr. 26 Letiaci šíp k terču z príkladu, zdroj: vlastný obrázok.

Matematicky to zapíšeme ako nekonečný rad:





$L=1/2+1/4+1/8+1/16+1/32\dots$  to je nekonečný, geometrický rad.

Postupnosť sa matematicky zapisuje:

$$\left\{\frac{1}{2^n}\right\}_{n=1}^{n=\infty}$$

V matematike vieme spočítavať takéto nekonečné rady. Súčet geometrického, nekonečného radu je všeobecne:

$$S(n) = \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{1}{2^n}$$

Všeobecne sa dá zapísať geometrický rad:

$$S(n) = \sum_{n=0}^{n=\infty} a^n, \quad \text{pričom } |a| < 1$$

Súčet tohto radu je limita. Ak nekonečný rad smeruje ku konkrétnemu, reálnemu číslu, hovoríme, že **rad je konvergentný**. Pokiaľ súčet nekonečného radu speje k +-nekonečno, hovoríme, že **rad diverguje**.

Podmienka konverencie radu:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} S(n) = k, \quad \text{pričom } k \neq \pm \infty$$

Súčet takéhoto radu je teda (už odvodený):

$$S(n) = \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{1}{2^n} = a_1 \frac{q^n - 1}{q - 1} = \frac{1}{2} \frac{\frac{1}{2^n} - 1}{\frac{1}{2} - 1} = 1 - \frac{1}{2^n}$$

$$a_1 = \frac{1}{2}, q = \frac{1}{2}$$

Ďalej musíme vyrátať limitu tohto vzťahu:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} S(n) = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{1}{2^n}\right) = \lim_{n \rightarrow \infty} (1) - \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{2^n}\right) = 1 - 0 = 1$$

**Výsledok s použitím limity je teda ten, že šíp v nekonečne, dorazí do terča.**

### LIMITA A JEJ DEFINÍCIA

Skôr ako napíšem definície limity, je dôležité vedieť, že celý infinitezimálny počet je vybudovaný na limitách. **Teda je to základ diferenciálneho a integrálneho počtu**, ktorý položil matematický základ celej fyziky. Jeho autorom je samozrejme slávny Newton a Leibniz.

**Definícia 1.** Heineho definícia limity funkcie:

Nech je funkcia  $f$  definovaná pre všetky  $x \notin a$  z niektorého okolia bodu  $a$ . Hovoríme, že funkcia  $f$  má v bode  $a$  limitu číslo  $b$ , ak pre každú postupnosť  $\{x_n\}$  spĺňajúcu podmienky:



$$x_n \in D(f); x_n \neq a, \lim x_n = a$$

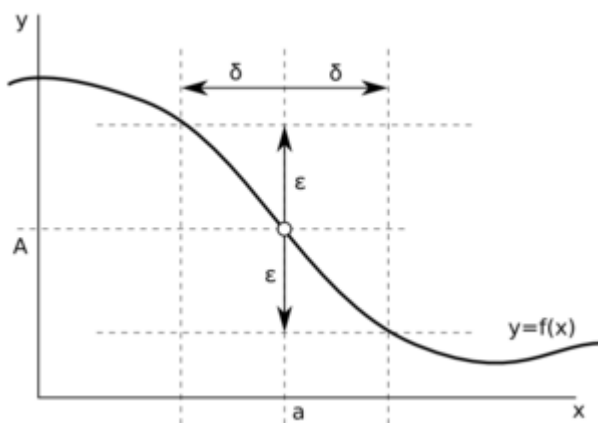
má odpovedajúcu postupnosť funkčných hodnôt  $\{f(x_n)\}$  limitu  $b$ . Ak funkcia  $f$  v bode  $a$  má limitu rovnú  $b$ , píšeme:

$$\lim_{x \rightarrow a} f(x) = b \Leftrightarrow \left[ \lim_{n \rightarrow \infty} x_n = a, x_n \in D(f), x_n \neq a \Rightarrow \lim_{n \rightarrow \infty} f(x_n) = b \right]$$

**Definícia 2.** Cauchyho definícia limity funkcie

Nech je funkcia  $f$  definovaná pre všetky  $x \neq a$  z niektorého okolia bodu  $a$ . Hovoríme, že funkcia  $f$  má v bode  $a$  limitu číslo  $b$ , ak ku každému okoliu  $O_\varepsilon(b)$  existuje také okolie  $O_\delta(a)$ ,  $x \neq a$  je  $f(x) \in O_\varepsilon(b)$ . Túto podmienku formulujeme:

$$\lim_{x \rightarrow a} f(x) = b \Leftrightarrow [\forall \varepsilon > 0, \exists \delta > 0, \forall x: 0 < |x - a| < \delta \Rightarrow |f(x) - b| < \varepsilon]$$



Obr. 27 Limita a jej okolie, zdroj: internet.

Vráťme sa k nášmu príkladu so šípom a terčom. Naša postupnosť:

$$\left\{ \frac{1}{2^n} \right\}_{n=1}^{n=\infty}$$

Pre akékoľvek prirodzené číslo  $n$  bude spĺňať postupnosť podmienku nenulového pravého a ľavého okolia postupnosti vyjadrenú v tvare:

$$\frac{1}{2^{(n_0-1)}} > \frac{1}{2^{n_0}} > \frac{1}{2^{(n_0+1)}}$$

$n_0$  – ľubovoľné prirodzené číslo

Postupnosť našej delenej úsečky, či letiaceho šípu je:

$$S(n) = \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{1}{2^n} = S(1) + S(2) + \dots S(n) + \dots S(\infty)$$

Súčet tohto radu je:



$$S(n) = \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{1}{2^n} = 1 - \frac{1}{2^n}$$

$$1 = 1 - \frac{1}{2^n}$$

$$\frac{1}{2^n} = 0$$

Pre presný výsledok rovný „1“ musíme spočítať nekonečný počet členov postupnosti. Limitne sa výsledok blíži k „1“. Pre akékoľvek  $n$ - prirodzené číslo, výsledok nikdy nebude rovný 1. Z uvedených vzťahov sa dostávame do tzv. **rozšírenej grupy čísiel**, kde platia nasledujúce pravidlá:

$$a + \infty = +\infty + a = +\infty \quad ak \ a \neq -\infty$$

$$a - \infty = -\infty + a = -\infty \quad ak \ a \neq +\infty$$

$$a \times \pm\infty = \pm\infty \times a = \pm\infty \quad ak \ a > 0$$

$$a \times \pm\infty = \pm\infty \times a = \pm\infty \quad ak \ a < 0$$

$$a / \pm\infty = 0 \quad ak \ -\infty < a < +\infty$$

$$\pm\infty / a = \pm\infty \quad ak \ 0 < a < +\infty$$

$$\pm\infty / a = \pm\infty \quad ak \ -\infty < a < 0$$

V tomto zmysle dostaneme:

$$\frac{1}{2^n} = \frac{1}{2^\infty} = \frac{1}{\infty} = 0 = \frac{a}{\infty}$$

Z uvedených platných definícií je:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left( \frac{1}{2^n} \right) = \frac{a}{\infty} = 0$$

Ďalej nie je v rozšírenej grupe čísiel definované:

$$0 \times \infty = \text{nedefinované}$$

Pretože platí:

$$\frac{a_1}{\infty} + \frac{a_2}{\infty} + \frac{a_3}{\infty} + \frac{a_4}{\infty} + \frac{a_i}{\infty} + \dots = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{a_i}{\infty}$$

$$a_1 = a_2 = a_3 = a_4 = a_i = a_\infty = a$$

$$0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + \dots = 0$$

$$0 \neq a$$

Zoberme si príklad:



$$a \times \frac{2^\infty}{2^\infty} = a \times 1,$$

$$\frac{a}{2^\infty} \times 2^\infty = 0 \times \infty = \text{neurčito} = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{a_i}{\infty}$$

Operácie súčinu a podielu sú zjavne úplne nekompatibilné. Ak si zoberieme, že chceme úsečku dĺžky „a“ podeliť na nekonečne malé časti, a potom sčítať tieto nekonečne malé úsečky, dostaneme v sume:

$$0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + \dots = 0$$

teda nie "a"

Matematika šikovne našla spôsob, ako obísť túto skutočnosť tým, že:

$$0 \times \infty = \text{nedefinované}$$

## ČO VIDÍME V PRÍRODE

No to je práve zaujímavé, keď chceme zaostrovať na čo najmenšie objekty v našom svete, **prídeme k obmedzeniu**. Obmedzenie sa volá Heisenbergov princíp neurčitosti. Príroda má v sebe tento zákon obsiahnutý a nie je možné zmenšovať elementy ďalej, príroda zastavuje Zenónové apórie na kvantách. Kvantová mechanika je vlastne diskretná, používa však dva prístupy (maticový - Heisenbergov, aj spojitú vlnovú funkciu - Schrödingerovu).

V kvantovej mechaniky by bolo možné obísť Zenónové paradoxy takto:

Definujeme najkratšiu dĺžku, najkratší čas ako Planckové jednotky:

$\lambda_h$  – Plancková dĺžka

$t_h$  – Planckov čas

Potom platí:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_h(i) \times t_h(i) = n \times \lambda_h \times t_h = L$$

$$\lambda_h(1) = \lambda_h(2) = \lambda_h(i) = \lambda_h(n)$$

$$t_h(1) = t_h(2) = t_h(i) = t_h(n)$$

Šíp by dorazil za čas:

$$\sum_{i=1}^n t_h(i) = n \times t_h = t$$

Prekonal celkovú dĺžku:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_h(i) = n \times \lambda_h = L$$



### ZÁVER – NEKONEČNO, LIMITA V MATEMATIKE

Predstavme si, že delíme nejaký objekt (všetky jeho časti) a mali by sme limitne dostať v podstate nulovú veľkosť elementu. To je totiž výsledok limity takejto postupnosti. Teda hmota by sa stratila tým, že ju budeme nekonečne deliť. To je paradox. **Matematika takto nevie, nesmie deliť. Pretože matematika je iba šikovný nástroj.** Šíp v reálnom svete dorazí terč, príroda, vesmír nepoužíva infinitezimálny počet, príroda nepozná vzťah  $a/\infty=0$ , ani nepozná nekonečno ako konečný výsledok, stav. Nekonečno je možné nahradiť  $n$ = vysoké číslo, ktoré bude postačovať pre požadujúcu presnosť. **Tento fakt sa objaví v postulátoch EDQ teórie o priestore a čase, pretože predpoklady s nekonečnom vedú k sporom.** Nebolo mojím zámerom čitateľov zmiasť s matematikou, no bolo potrebné konkrétne prebrať, prečo je potrebné brať nekonečno s rezervou pri popise prírody.





# **Kapitola 4**

## **Big Question, prvé postuláty**

### **EDQ**



### Úvod – Big question, prvé postuláty EDQ

Po troch kapitolách sa dostávame k zadefinovaniu prvých postulátov EDQ teórie. Prebrali sme veľmi stručne dôležité teórie tak, aby bolo možné sformulovať všeobecné postuláty EDQ teórie. Postupujúcim časom budeme postuláty mierne upravovať, meniť vzhľadom na ďalšie dôležité teórie vo fyzike. V budúcich kapitolách preberieme všeobecnú teóriu relativity a kvantovú fyziku v nadväznosti na EDQ.

Vo fyzike, ktorá ma za úlohu nájsť teóriu všetkého, sa teória chaosu neobjavuje ako nosný prvok. Myslím si, že je to chyba. Náš popis (vedné disciplíny) je naozaj tak trocha z každého smeru, no prienik nie je vytvorený.

Prebrali sme v podstate teórie, ktoré by postačovali na základnú schému, ktorá sa fyzikálne len doplní. Fyzika len upresní určité detaily tejto teórie (viď neskoršie kapitoly).

Základom EDQ sa stane teória chaosu (vrátane komplexných systémov). Táto teória dokáže vysvetliť **evolúciu hmoty a látky** všeobecne.

### REDUKCIONIZMUS

Celé smerovanie vedy je v tom, či dokážeme nájsť tie základne elementy, základné vlastnosti z ktorých sa dá odvodiť všetko ostatné. No samozrejme toto ešte nevieme, no črtajú sa isté možnosti, ako k tomu vlastne pristupovať. Vo fyzike, ktorá tvorí základ všetkých prírodných vied, nedokážeme úspešne zlúčiť všeobecnú teóriu relativity s kvantovou fyzikou, nemáme vytvorenú tzv. kvantovú gravitáciu, teda teóriu, ktorá by zjednotila tieto teórie do nejakej hlbšej teórie. V **teórii superstrún** sa podaril prienik, no za cenu ďalších dimenzii priestoru, ktoré sme nenašli.

Na druhej strane nemáme vyriešenú ani biologickú evolúciu a abiogézu, či popis a pochopenie komplexných systémov.

Z teórie chaosu a komplexných systémov vieme, že určité vlastnosti vznikajú ako dôsledok slabej a silnej emergencie. ***Toto je veľmi podstatné, pretože nie je možné všetko odvodiť z nejakých základných fyzikálnych teórii priamo. To znamená, že aj sebelepšia fyzikálna teória (napr. superstrunová teória) nedokáže bez nadväznosti a zistení z teórie chaosu, komplexných systémov úspešne vysvetliť a popísať vesmír ako celok.***

***To zásadné, prečo to priamo nepôjde, je práve tá emergencia. Emergenciou totiž vznikajú nové vlastnosti, ktoré nie je možné jednoducho priamo odvodiť z počiatočného systému.***

### BIG QUESTION

Na blogu [robopol.blogspot.com](http://robopol.blogspot.com) vznikali prvé myšlienky ako to celé do seba pospájať. Odštartovalo to sériou článkov Big Question (I, II, III, IV). Táto kapitola je sumarizovanie týchto myšlienok.

Základná otázka znela nasledovne:

***Ako to teda celé vzniklo a vyformovalo celý vesmír v čase?***

1. Majme základný počiatočný jednoduchý systém/ vesmír.
2. Tento systém/ vesmír je zložený zo základných nedeliteľných elementov.



3. Majme dynamický nelineárny systém (týchto elementov), ktorý sa vyvíja v čase.
4. Tento dynamický systém bude podliehať popisu teórie chaosu a komplexných systémov.
5. Fraktál (prírodné fraktály, entity: atómy, molekuly, atď.) spontánne vznikajú. Nikto ich nekreuje. Látka je teda prírodný fraktál, ktorý spontánne vznikne v takomto dynamickom, nelineárnom systéme. Vyjadruje určitú usporiadanosť, organizovanosť.
6. Emergencia prírodných fraktálov a chaosu, turbulencií vytvára zložitejšie komplexné systémy. Emergenciu je možné chápať ako interakciu fraktálov s chaosom.
7. Dôsledok toho je, že človek nie je výnimočne vytvorený, teda inak napr. Bohom. Človeka možno považovať za komplexný systém rôznych úrovní.
8. Vývoj dynamického systému, vývoj komplexných systémov sa **nazýva všeobecná evolúcia**.
9. Prvá, nutná podmienka evolúcie komplexných systémov je stabilita fraktálnej štruktúry v čase, druhá, nutná podmienka je variabilita komplexných systémov ako dôsledok interakcie fraktálov s chaosom.
10. Prirodzený výber je potom všeobecné uplatnenie a zachovanie komplexných systémov v čase, vzhľadom na konkurenciu.

Všimnime si v jednotlivých bodoch sa nám vytvorila **kostra všeobecnej evolúcie**, pričom tá biologická je len jedna z mnohých.

Články Big Question upozornili na fakt, že človeka a nie len jeho, možno vysvetliť s teóriou chaosu a komplexných systémov, pokiaľ použijeme fraktály všeobecnejšie. **Fraktály, tu už nie sú len matematické objekty, fraktály sú reálne objekty samotného vesmíru. Fraktály vytvárajú zložité štruktúry nazývané komplexné systémy.**

Matematické fraktály majú tú istú podstatu ako prírodné fraktály. **Podstatou akýchkoľvek fraktálov je usporiadanosť, vzory, schémy. Fraktály sú opakom chaosu, tej časti, ktorú nazývame vo fyzike - entropia. Fraktály možno chápať aj ako premenlivé vzory s postupujúcim časom. Napríklad melódia je zložená z fraktálov (tóny), ktoré v slede za sebou (plynutím času) ju určujú, definujú.**

### ZÁZRAK STVORENIA

**Spontánny vznik znamená, že v chaotickom systéme náhodne vzniká správna konfigurácia (vznik fraktálu - usporiadanosti), ktorá sa ďalej kopíruje samostatne.** Tým, že v chaose vznikajú rôzne usporiadania (možno to pripodobniť jednoduchej skladačke, ktorá sa sama zloží tým, že sa vyskúšajú všetky možnosti, ktoré v čase generuje chaotický systém), nie je nutné, aby celý systém prešiel do fraktálnej podoby, postačuje, že jeho malá lokálna časť je fraktálna a stabilná v čase. **To je zázrak stvorenia.**



## FÁZOVÉ PRECHODY



naviazali elektróny a svetlo sa oddelilo od látky. Vesmír zasvietil, skončila sa temná éra.

Obr. 28 Evolúcia vesmíru, zdroj : internet.

## VEDOMIE A PODVEDOMIE

*Vedomie je sieť neurónov, ktorá slúžila a slúži na riešenie konfliktných úloh programov podvedomia, akýsi manažér továrne (mozog), samozrejme má aj iné úlohy – vytvára kultúrnu evolúciu celej spoločnosti.* Podvedomie je tiež sieť neurónov, evolučne stámilióny rokov sa meniacej. Túto oblasť nazývame najstaršou oblasťou, jedná sa o stredný mozog, mozgový kmeň. Podrobnejšie sa tým zaoberajú neurovedy. Tieto staré, atavistické centrá dominujú pri našom konaní. Naše konanie je väčšinou podvedomé. Podvedomie spravuje nesmierne množstvo činnosti, aby sme žili (od tlkotu srdca, po pohyb svalov, až po imunitný systém atď.). Ľudia sú presvedčení, že si vedomie rozkážu, no len malá oblasť života ľudí spadá **do kategórie vedomých rozhodnutí**. To, čo chceme, nie je výsledkom len nášho vedomia, ale vo väčšine prípadov nášho

Vo fyzike sa pod tým rozumie zmena skupenstva (napr. z kvapalného na pevné skupenstvo). Z pohľadu chaotických systémov, systém sa dostal do stavu, kedy prechádza z časti na prírodné, fraktálne štruktúry. To je dané tým, že bolo odobraté teplo zo systému a molekuly naviazali stabilné väzby v čase. Dodaním tepla, teda kinetickej energie molekulám, sa väzby pretrhajú a dochádza k chaotickému chovaniu (turbulenciám a podobne).

V priebehu evolúcie vesmíru došlo k viacerým fázovým prechodom, napr. kvark- gluonová plazma prešla ku vzniku jadier atómov. Ďalší je prechod z plazmatického stavu do stavu, kedy atómy



podvedomia, nad ktorým nemáme takmer žiadnu moc. Slobodná vôľa je vlastne ilúzia súvisiaca s nevedomosťou toho, prečo a ako funguje mozog.



Obr. 29 Dawkins vs. Donie Darko film, zdroj: internet.

Tieto myšlienky nie sú na prvý krát pre veľkú väčšinu ľudí akceptovateľné. No myslím si, že je **dôležité dospieť k pravde pre jednotlivca, ale aj pre celé spoločenstvo ľudí**. Odjakživa žijeme v myšlienke, že náš život má nejaký zmysel daný Bohom.

### Definícia vedomia v zmysle EDQ:

Vedomie je neurónová sieť istej časti mozgu, **ktorá má za účel riešiť zložité problémy z výsledkov podvedomých procesov**, iných komplexných sietí. Možno to je pripodobniť na manažéra určitých okruhov. No neskôr začala táto sieť v kooperácii podvedomých neurónových sietí vytvárať kultúrnu evolúciu spoločenstva ľudí. **Tento fenomén abstraktného myslenia je do veľkej miery výsledkom náhody a silnej emergencie**. Kultúrna evolúcia nám dala nesmiernu výhodu nad zvieratami. Ľudia získali výhodu vedomosti a technológie a vyčlenili sa v ekosystéme.

Neskôr som ale našiel podobnú úvahu britského filozofa Levesa, teóriu (Morgan a Samuel Alexander) o emergencii vedomia. Detaily nepoznám, no to sa veľmi často stáva, že človek objaví to, čo už niekoho v minulosti napadlo.

**Mne sa to javí ako veľmi pravdepodobné, že vedomie, no nie len vedomie, sa nijak nevymyká v porovnaní s iným zložitým emergetným systémom**. Samozrejme ľudské vedomie má neuveriteľný kreatívny, abstraktný aspekt.

**Vedomie človeka úzko súvisí s Defaultnou sieťou**. Poznáme niekoľko takýchto dôležitých sietí napr. **Salientná sieť, Centrálna exekučná sieť**. **Salientná sieť je prepínačom, medzi defaultnou sieťou a centrálnou exekučnou**. **Teda prepínač medzi vedomím a podvedomím**.

### Neurónové siete:

**V zmysle EDQ teórie by vysvetlenie bolo také, že to, čo sa deje v tých sieťach je HLADANIE VZORU (fraktálu), aj premenlivého fraktálu v čase, ktorý vyhovuje najlepšie riešeniu daného problému. V skutočnosti to preto funguje, lebo toto sa deje pri umelých, ale aj biologických, neurónových sieťach.**





***Tým chcem povedať, že akýkoľvek zložitý problém je možno rozložiť do grafickej, či matematickej abstrakcie geometrii fraktálov- vzorov (pokiaľ systém nevykazuje len chaos).***

Týchto fraktálov je celá kopa (vzorov tých sietí). Fraktály sú dokonca poprepájané a v meniacich úlohách sa dynamicky prispôbia. ***Ten obrazec, fraktál je jednoznačne určený v konfiguráciách jednotlivých váhových koeficientov neurónových spojov.***

Všeobecná inteligencia – definícia v zmysle EDQ:

***Všeobecná inteligencia je schopnosť neurónových sietí riešiť všeobecný problém aj v čase sa meniaci, pokiaľ existuje všeobecný fraktál (dynamický vzor), ktorý reprezentuje kvázi stabilnú štruktúru v čase a vyhovuje ako riešenie problému. Každý problém, udalosť sa dá zobrazit' do tejto premenlivej grafickej interpretácie. Pokiaľ táto štruktúra vykazuje fraktálnu povahu, sieť dokáže nájsť tento fraktál. To je základná pointa, základný stavebný kameň EDQ teórie. Celý svet sa dá rozbiť do takejto povahy kvantových strún, vytvárajúcich sa fraktálov v chaose.***

Viac informácií nájdete v článku o umelej inteligencii, aj odkazy na prednášky z psychiatrie, či neurovedy:

<https://robopol.sk/blog/umel%C3%A1-inteligencia-svet-v-ohrozen%C3%AD>

### ZÁVER BIG QUESTION

Dnes som presvedčený (okrem dôkazov v prospech tejto teórie), že ***jedine takto to dáva význam***, význam našej existencie, nie len našej. Boh by nerobil vesmír pre ľudí, pre zábavu, ani preto, aby sme Boha objavili. Aj keď táto teória nepotrebuje Boha samotného na to, aby došlo k evolúcii od nejakého počiatočného jednoduchého systému. Osobne si myslím, že pokiaľ Boh neexistuje, tak evolúcia by ho teoreticky mohla vytvoriť. Pokiaľ vyššie entity prežijú vo vesmíre, môžu k takejto "dokonalosti" dospieť. Toto sa mi javí ako krajšia myšlienka.

Čo z toho celého teda plynie?

Okrem toho, že zistíme a pochopíme, ako sa to mohlo vyvinúť samo bez pričinenia vyššej formy, entity (Boha). Dostane sa nám konečne odpovede o tomto mystériu, ako je sám vesmír. Toto zistenie časom ľudí privedie k zodpovednosti za svoje existencie, za to, čo robíme a prečo ...

Ľudia sa môžu prebudiť z "pekných ilúzií" do reality a konečne začať žiť, uvedomiť si svoju zaslepenosť, krátkosť svojej existencie, jej zmysel. Ten zmysel si raz začneme tvoriť sami svojím uvedomením si toho, kde sme, čo sme, čo môžeme byť. Pretože bez toho niet žiadneho skutočného života, žiť v klamstvách je len sen a nie skutočný život, premárniť svoj život sa dá rôzne.

Tak, ako to je v skutočnosti, je krajšie a lepšie ako akákoľvek fikcia ľudí. Tým, že je život naozaj niekedy krutý a nehostinný, je len na nás, ako oceníme to teplo v krbe uprostred zimy. Ten kto neokúsi druhú stranu mince, nemôže si vážiť poriadne ničoho.



### PRVÉ POSTULÁTY EDQ

Na záver tejto kapitoly zrekapitulujeme zásadné myšlienky do prvých postulátov EDQ teórie. V názve sú tri písmená E – evolučný, D – diskretný, Q – z angličtiny kvantový.

Prvé postuláty EDQ teórie:

1. *Postulujeme dynamický, nelineárny systém zložený zo základných nedeliteľných elementov reality. Postulujeme, že tieto základné elementy sú kvantové struny (neskôr vysvetlím, prečo práve kvantové struny).*
2. *Postulujeme ďalej, že tento dynamický systém sa vyvíja v čase v smere šípky času: od jednoduchého systému v čase tesne po zrode vesmíru, po zložité komplexné systémy v našej súčasnosti, neskôr v budúcnosti.*
3. *Pričom takýto dynamický systém podlieha teórii chaosu a teórii fraktálov, až po komplexné systémy.*
4. *Fraktál (prírodné fraktály, entity: atómy, molekuly, atď.) spontánne vznikajú. Látka v EDQ teórii je teda postulovaná ako prírodný fraktál, ktorý spontánne vznikne v takomto dynamickom, nelineárnom systéme kvantových strún. Vyjadruje určitú usporiadanosť, organizovanosť (základných elementov reality) v čase.*
5. *Emergencia takéhoto dynamického systému vytvára nové objekty (napr. nové prírodné fraktály) a nové vlastnosti, ktoré je veľmi ťažké odvodiť zo základných vlastností kvantových strún, alebo priamo nemožné odvodiť z počiatkových vlastností kvantových strún.*

Dodatky:

1. Emergenciu je možné chápať ako interakciu fraktálov s chaosom. Pričom pojem fraktál a chaos je v zmysle stavajúcich teórii.
2. Pojem kvantové struny bude definovaný a objasnený v neskorších kapitolách tejto knihy.

Definícia všeobecnej evolúcie:

1. *Definuje evolúciu ako vývoj dynamického, nelineárneho systému v čase, pričom tento systém je zložený z diskretných elementov reality.*
2. *Variabilita Fraktálov (napr. prírodných fraktálov: atómov, molekúl, kryštálov, pre kultúrnu evolúciu - je to variabilita fraktálov : fraktály sú tu samotné informácie)*
3. *Variabilita fraktálov vzniká spontánnou kreáciou v takomto dynamickom systéme, interakciou fraktálov s chaosom. Kreácia je realizácia konkrétneho stavu, vytvorenie fraktálu ako usporiadania z množiny všetkých možností dostupného usporiadania, teda kvantitatívne v zmysle teórie pravdepodobnosti.*
4. *V takomto dynamickom systéme vznikajú komplexné systémy, ako dôsledok prvých troch bodov a emergencie takého systému.*
5. *Prirodzený výber: Prirodzený výber je potom všeobecne uplatnenie a zachovanie fraktálov a komplexných systémov v čase vzhľadom na konkurenciu. Adaptovanejšie fraktály a komplexné systémy sa časom presadia v interakcii .*



### ZÁVER – BIG QUESTION, PRVÉ POSTULÁTY EDQ

Prešli sme prvé úvahy so sumarizáciou predchádzajúcich kapitol, čo vyústilo do konkrétnych prvých postulátov EDQ teórie o priestore a čase. Nateraz sme zadefinovali zložku evolučného a diskrétného mechanizmu. Dúfam, že čitateľ nezažil „šok“. Tieto úvahy sú samozrejme veľmi odlišné **od presvedčenia väčšiny ľudí**. Snažím sa k tomu predkladať fakty, spojitosti, nie je mojim úmyslom meniť niekoho názory, presvedčenia.



# Kapitola 5

## Teória relativity

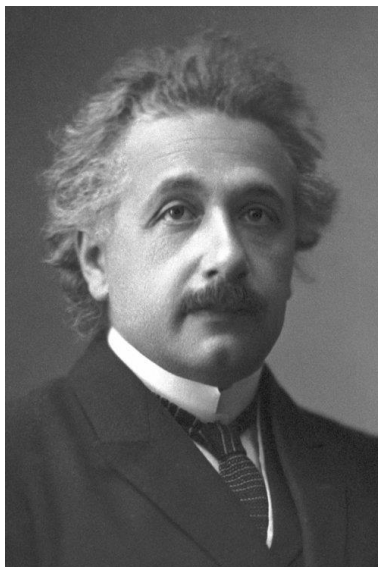


### Úvod – Teória relativity

Dostávame sa k najvýznamnejším fyzikálnym teóriám súčasnosti, medzi ktoré patrí teória relativity a kvantová teória poľa. V tejto kapitole preberieme teóriu relativity od Alberta Einsteina. Túto teóriu vypracoval najproduktívnejší fyzik 20. storočia. Teória relativity sa skladá z dvoch celkov:

1. Špeciálna teória relativity – ŠTR.
2. Všeobecná teória relativity – VTR.

Vznik teórie relativity sa datuje v roku 1905 publikovaným článkom Alberta Einsteina o špeciálnej teórii relativity. Špeciálna teória nahrádza, opravuje Newtonové predstavy o priestore a čase (Newtonovu fyziku). ŠTR zjednocuje klasickú mechaniku s teóriou o elektromagnetizme (Maxwellové rovnice). Pre malé rýchlosti ŠTR limitne prechádza do klasickej Newtonovej mechaniky. Ľudovo povedané efekty ŠTR sa prejavajú, až pri vyšších rýchlostiach blížiacim sa k rýchlosti svetla vo vákuu.



Obr. 29 Albert Einstein, zdroj: internet.

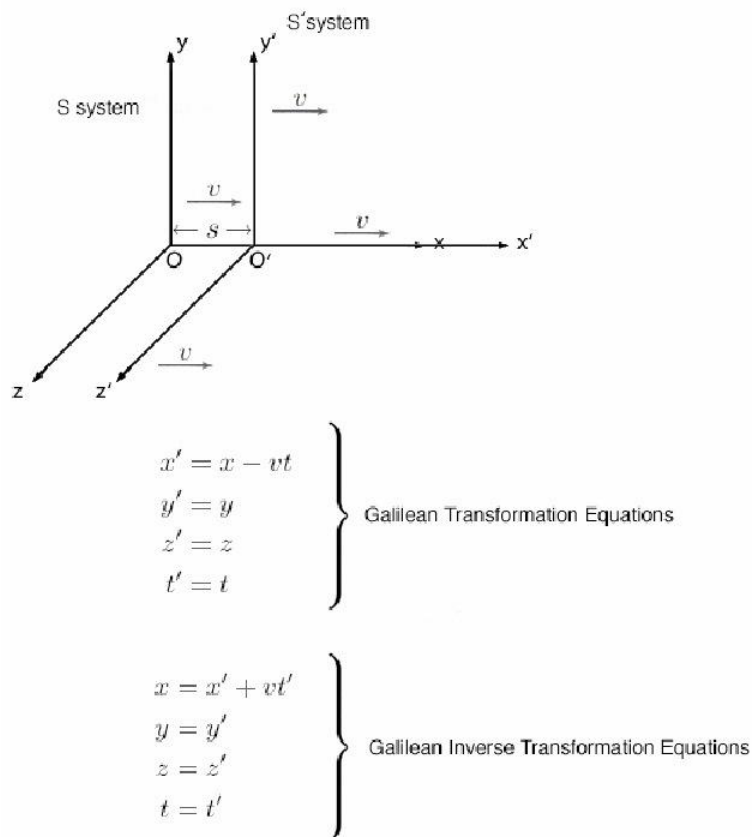
V roku 1916, po viac ako 10 rokoch Einstein formuluje Všeobecnú teóriu relativity. VTR zahŕňa aj popis gravitácie. ŠTR tak rozširuje do všeobecnejšej teórie, kde je zahrnutá aj gravitácia, gravitačné pôsobenie. To bolo majstrovským kúskom samotného A. Einsteina. VTR je náročná teória, aj z hľadiska matematiky, aj z hľadiska predstavivosti.

### ŠPECIÁLNA TEÓRIA RELATIVITY

Na začiatku 19. storočia v zmysle zjednocujúcich Maxwellových rovníc pre elektromagnetizmus sa zistilo, že elektromagnetické vlny (viditeľné svetlo, rádiové vlny, atď.) sa šíria vždy konštantou rýchlosťou nezávisle na rýchlosti zdroja elektromagnetických vln - (ELM). To znamená, že sa nepripočítava rýchlosť ELM vln s rýchlosťou zdroja vln. To ďalej poukazuje na to, že neplatí Galileová transformácia pohybu.

Galileo transformácia:





Obr. 30 Galileo transformácia pohybu medzi sústavami, zdroj: internet.

Táto transformácia je nám bežne známa zo života, to je bežné skladanie rýchlostí. No toto neplatí pre šírenie ELM vln. Lorentz našiel rovnice, ktoré vyhovujú Maxwellovým rovniciam pre pohyb ELM vln v tvare:

$$\left. \begin{aligned} x' &= \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \\ y' &= y \\ z' &= z \\ t' &= \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \end{aligned} \right\}$$

Obr.31 Lorentzová transformácia, zdroj: internet.

Vzťažná sústava:

Každej vzťažnej sústave zodpovedá vhodná pravouhlá súradnicová sústava, ako je zakreslené na obr. 30. Takúto vzťažnú súradnicovú sústavu nazývame karteziánska sústava.



V teórii relativity vystupujú z fyzikálneho hľadiska dva typy sústav:

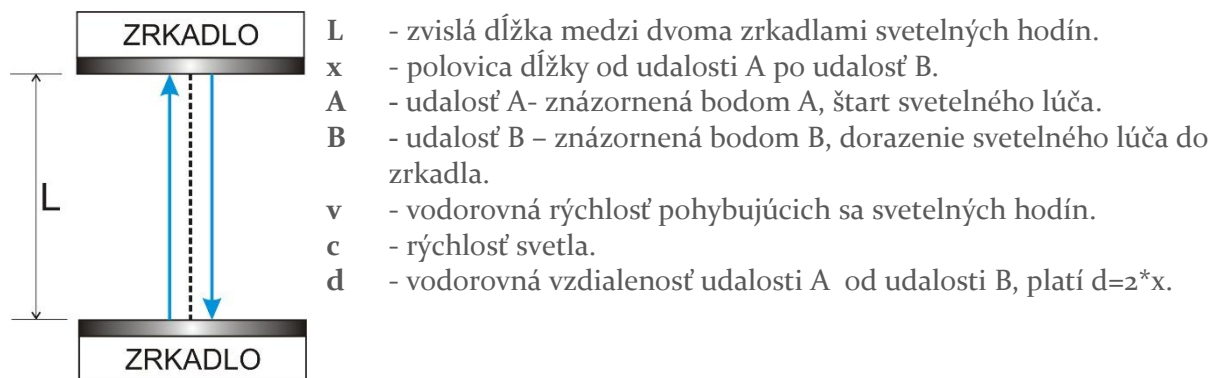
- Inerciálna vzťažná sústava: To je taká sústava, ktorá stojí alebo sa pohybuje rovnomerným priamočiarym pohybom. V takejto sústave nepociťujeme zotrvačné účinky. V takejto sústave platí 1. Newtonov zákon.
- Neinerciálna sústava: To je taká sústava, kde naopak pociťujeme zotrvačné účinky. V takejto sústave neplatí 1. Newtonov zákon, ani 3. Newtonov zákon. Takáto sústava sa nepohybuje rovnomerne (nenulové zrýchlenie, spomalenie).

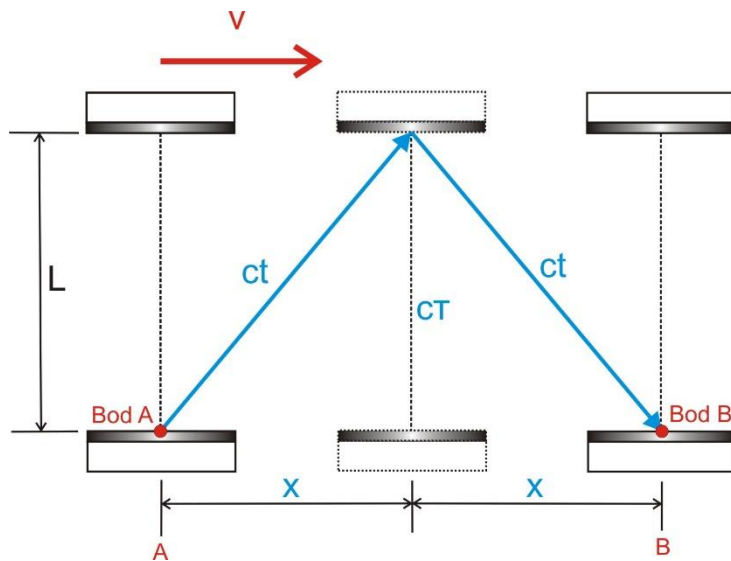
**Všimnime si dôležitú skutočnosť. Pri Lorentzovej transformácii z dôvodu zachovania konštantnej rýchlosti svetla „ $c$ “ na ľubovoľnú vzťažnú sústavu, dochádza k dilatácii času a kontrakcii dĺžok.**

**V jednoduchosti povedané, čas už neplynie v každej sústave rovnako. Vzdialenosti sú z rôznych vzťažných sústav nerovnaké.**

### Svetelné hodiny - odvodenie relativistických efektov

Relativistické efekty (dilatácia času, kontrakcia dĺžok) sa dajú odvodiť veľmi jednoducho z Pytagorovej vety, v prípade svetelných hodín. Pozorujeme svetelné hodiny v pohybe zo sústavy „ $S$ “ na sústavu „ $S'$ “ v zmysle obr. 31. Svetelné hodiny (teda sústava „ $S'$ “) sa pohybujú rýchlosťou „ $v$ “ na sústavu „ $S$ “. Dráha svetelného lúča (pozorovaná zo sústavy „ $S$ “) je potom rovná dráhe súčtu, po preponách trojuholníka obr.31.





S- je sústava pozorovateľa.  
 S' - je sústava pohybujúcich sa svetelných hodín. Sústava „S'“ sa pohybuje rýchlosťou  $v$ , voči sústave „S“.  
 $t$  - čas meraný v sústave pozorovateľa, označme sústavu pozorovateľa „S“.  
 $\tau$  - čas meraný v sústave pohybujúcich sa svetelných hodín, označme sústavu „S'“.  
 $2 * \Delta t$  - je časový úsek v sústave „S“ od udalosti A po udalosť B.  
 $2 * \Delta \tau$  - je časový úsek v sústave S' „ od udalosti A po udalosť B.

Obr. 32 Schéma svetelných hodín, zdroj: vlastný obrázok.

Odvozenie:

$$(c \Delta t)^2 = x^2 + L^2$$

$$(c \Delta t)^2 = x^2 + (c \Delta \tau)^2 \quad / -x^2$$

$$(c \Delta t)^2 - x^2 = (c \Delta \tau)^2 \quad - \text{toto nazývame priestoročasový interval.}$$

**Priestoročasový interval je invariant. To znamená, že pre ľubovoľného pozorovateľa zo svojej vzťažnej sústavy platí tento vzťah.**

Upravme vzťah ďalej tak, aby sme dostali vzťah pre dilatáciu času:

$$(c \Delta t)^2 - x^2 = (c \Delta \tau)^2$$

$$(c \Delta t)^2 - (v \Delta t)^2 = (c \Delta \tau)^2$$

$$c^2 \Delta t^2 - v^2 \Delta t^2 = c^2 \Delta \tau^2$$

$$\Delta \tau = \frac{\sqrt{c^2 - v^2} \Delta t}{c}$$

$$\Delta \tau = \Delta t \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

**Posledný vzťah vyjadruje časovú dilatáciu sústavy S' voči sústave S.**

V literatúre sa faktor spomalenia označuje:

$$\text{gamma} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Kontrakcia dĺžok potom analogicky je skrátaná vzdialenosť v dôsledku dilatácie času.

Z pohybujúcej sa sústavy S' na S je vzdialenosť:



$$L' = L \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$L$  – je vlastná vzdialenosť meraná v sústave spojenej s nameranou dĺžkou, voči ktorej sa sústava nepohybuje.

$L'$  – je kontrakcia dĺžky meraná zo sústavy, voči ktorej sa vlastná vzdialenosť pohybuje rýchlosťou „ $v$ “.

**Veľmi zjednodušene povedané. Kontrakcia dĺžky nastane práve vtedy, keď vlastné dĺžky objektov (trať, letiaca tyč atď.) pozorujeme z pohybujúcej sa sústavy.**

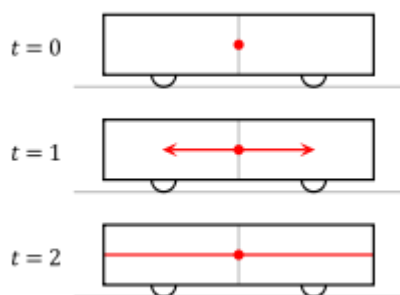
### Postuláty ŠTR:

- Prvý postulát : princíp relativity – všetky fyzikálne zákony musia byť vo všetkých inerciálnych sústavách invariantne vyjadrené. Všetky inerciálne sústavy sú rovnocenné. V každej takej inerciálnej sústave fyzikálne zákony budú prebiehať rovnako.
- Druhý postulát: Rýchlosť svetla vo vákuu „ $c$ “ je vo všetkých inerciálnych sústavách rovnaká, nezávisí na rýchlosti sústav voči letiacemu svetelnému lúču. Rýchlosť svetla sa nepripočítava s rýchlosťou sústav, rýchlosť vo vákuu je stále „ $c$ “.

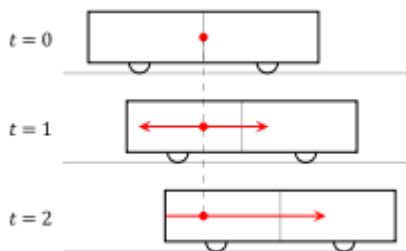
### Relativita súčasnosti

Okrem relativistických efektov (dilatácia času a kontrakcia dĺžok) dôsledkom konštantnosti ELM žiarenia na akéhokoľvek inerciálneho pozorovateľa, sústavu je **relativita súčasnosti**. **To znamená, že súčasnosť nie je absolútna vo vesmíre, ale relatívna. Udalosti budú prebiehať inak, v inom poradí. Môže za to posun línie súčasnosti.**

Relativitu súčasnosti dobre ilustruje vlak, kde zo stredu na obe strany vlaku pošleme laserový signál. Pokiaľ pozorujeme stojací vlak, tak na obidve steny vlaku dopadá signál súčasne, viď. obr. 33.



Obr. 33 Svetelný signál vysielaný zo stredu vlaku na obidve strany vlaku, zdroj : internet.



Obr.34 Svetelný signál vysielaný zo stredu vlaku na zadné steny vlaku v pohybe rýchlosťou „v“, zdroj: internet.

Situácia sa však zmení, ak budeme pozeráť na pohybujúci sa vlak rýchlosťou „v“ voči trati. Svetelný signál letiaci zo stredu na zadné steny vlaku nedorazí súčasne. **Tomu sa hovorí relativita súčasnosti. Pre pozorovateľa pri trati existuje posun súčasnosti medzi prednou a zadnou stenou vagóna.** Pre pozorovateľa v pohybujúcom sa vlaku k relativite súčasnosti zadnej a prednej steny nedochádza.

## Relativistické skladanie rýchlostí

Majme sústavu „S‘“, ktorá sa pohybuje rýchlosťou „v“ voči sústave „S“. Majme napríklad náboj vystrelený z pušky v sústave „S‘“, ktorý sa pohybuje rýchlosťou „u“ voči sústave „S‘“. Vzhľadom na sústavu „S“ sa pohybuje náboj rýchlosťou „u“. Potom v zmysle Lorentzovej transformácie platí nasledovné skladanie rýchlostí:

$$u = \frac{u' + v}{1 + \frac{u'v}{c^2}}$$

## Minkowského metrika

Za podmienky konštantnosti svetla v inerciálnych sústavách platí:

$$\frac{dl}{dt} = c$$

Pričom dl a dt sú infinitezimálne (blížiace sa k nule) hodnoty, resp. tento vzťah hovorí o derivácii vzdialenosti, podľa času. Derivácia prejdenej vzdialenosti za čas je rýchlosť. Pokiaľ čitateľ nepozná derivácie a integrály, je potrebné sa s nimi aspoň v základoch zoznámiť, ak chce porozumieť aj matematickej stránke.

Prepíšeme rovnicu do tvaru, kde podľa Pytagorovej vety o súradnicových vzdialenostiach platí:

$$c dt = \sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2} \quad // \text{umocníme túto rovnicu, aj pravú, aj ľavú časť rovnice.}$$

$$c^2 dt^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2$$

Upravíme rovnicu tak, aby na pravej strane bola nula:

$$dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2 dt^2 = 0$$

Dostaneme tzv. **Minkowského metrikum časopriestoru**, resp. priestoročasu (jedná sa o Euklidovu metriku, nezakrivenú, plochú). V tejto rovnici vidíme, že priestoročasový,





časopriestorový interval je rovný nule, to platí ale iba pre svetlo. Všeobecne sa teda dá zapísať na tvar:

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2 dt^2$$

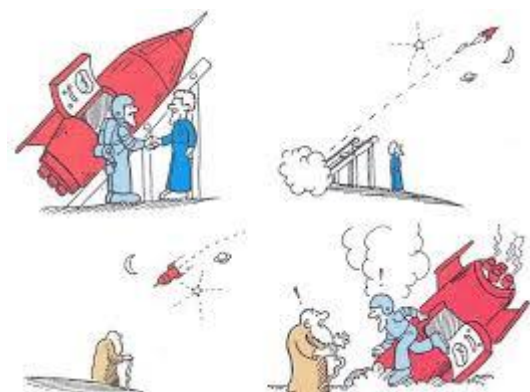
$ds^2$  je interval a **vyjadruje časopriestorovú vzdialenosť**. To znamená, že táto hodnota je vždy, pre každú inerciálnu sústavu rovnaká. Z každej inerciálnej sústavy, medzi udalosťami A, B bude **časopriestorový interval rovnaký, tzv. invariantný**. Z rovníc vidíme aj to, ako je vzdialenosť prepojená s časom, prečo sa teda v teórii relativity hovorí o časopriestore, resp. priestoročase.

Platí aj, že interval je rovný:

$-c^2 d\tau^2 = ds^2$ , z toho plynie, že aj **vlastný čas  $\tau$  je invariant**. Pre svetlo je  $\tau$  rovný nule (čas neplynie), teda pre svetlo všetky udalosti z minulosti, prítomnosti, aj budúcnosti splynú v jedno.

### Paradox dvojčiek

Volá sa to síce paradox dvojčiek, ale nejde o žiaden paradox.



Obr. 35 Schematický obrázok dvojčiek, zdroj: internet.

Jedno z dvojčiek sa vydá kozmickou raketou ďaleko do vesmíru, kde najskôr bude zrýchľovať, potom získa nejakú rýchlosť, niekde vo vesmíre sa otočí a vráti sa späť. Pristane zase doma. Pri výpočte rozdielnych časov znova z inerciálnej sústavy (pozorovateľa zo Zeme, so zanedbaním chodu času na gravitačný potenciál), kde letí dvojča vo vesmíre je popis úplne jednoduchý. Postačuje sa pozerieť ako tikajú svetelné hodiny cestujúcej dvojčiek vzhľadom na jej rýchlosť. Iba tento faktor z pohľadu inerciálnej sústavy mení chod času (v zmysle vzťahov pre dilatáciu času). No rozbor z pohľadu cestujúcej dvojčiek (neinerciálna sústava) je komplikovanejší a musíme použiť vzťahy zo všeobecnej teórie relativity.

Paradox teda nenastáva, pretože cestujúce dvojča pociťuje zotrvačné účinky, nie je to teda inerciálna sústava. **ŠTR popisuje udalosti iba z inerciálnych sústav.**

### VŠEOBECNÁ TEÓRIA RELATIVITY

Einstein si uvedomil, že tento popis (špeciálna relativita) je len z inerciálnych sústav, no máme aj neinerciálne sústavy (tie, kde pociťujeme zotrvačné sily). Hlavným postulátom pre všeobecnú relativitu sa stal princíp ekvivalencie. Čo to je princíp ekvivalencie? Einstein urobil úvahu o tom, že gravitačná sila je tá istá zotrvačná sila, ktorú pociťujeme, keď napr. auto zrýchľuje a nás táto sila tlačí do sedačky. Teda urobil predpoklad, že gravitačné účinky sú rovnaké ako zotrvačné



účinky síl (pri brzdení, akcelerácii). Tento postulát sa preveril s veľkou presnosťou (Eötvösov pokus a iné).

### Hmotnosť

Hmotnosť telesa môžeme definovať, buď podľa jeho zotrvačných účinkov, alebo podľa jeho gravitačných účinkov.

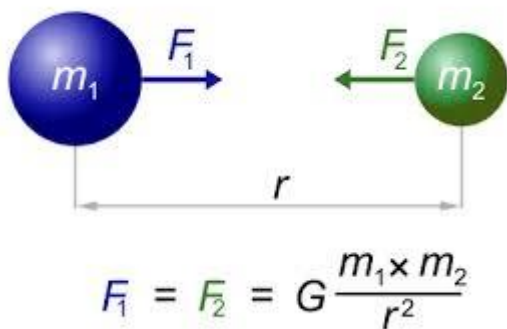
**Zotrvačná hmotnosť je fyzikálna veličina, ktorá vyjadruje schopnosť telies zotrvať svoj pohybový stav (klúd alebo rovnomerný priamočiary pohyb).**

Z toho teda plynie, že objekty s veľkou zotrvačnou hmotnosťou je náročné uviesť do pohybu, alebo zastaviť. Predmety s malou zotrvačnou hmotnosťou (napr. lopta) je nenáročné zastaviť, či im udeliť rýchlosť.

**Gravitačná hmotnosť je fyzikálna veličina, ktorá vyjadruje schopnosť telies sa vzájomne priťahovať.**

### Princíp ekvivalencie

V zmysle Newtonovho gravitačného zákona platí:



Obr. 36 Newtonov zákon o príťažlivosti telies, zdroj: internet.

Zoberme si malé teleso hmotnosti  $m(s)$ , ktoré padá voľným pádom v gravitačnom poli Zeme. Poďme dať do súvisu zotrvačnú hmotnosť s gravitačnou hmotnosťou pre pohybovú rovnicu:

$$m_s \frac{d^2x}{dt^2} = -G \frac{m_g M_g}{r^2} \frac{x}{r}, \text{ pričom}$$

$\frac{d^2x}{dt^2}$  je tzv. druhá derivácia vzdialenosti od ťažiska Zeme, čo je rovné gravitačnému zrýchleniu. To je ľavá strana rovnice (Newtonov zákon sily). Pravá strana rovnice vyjadruje Newtonov gravitačný zákon, teda veľkosť sily.  $G$  – je gravitačná konštanta,  $M_g$  je gravitačná hmotnosť zeme,  $x$  je vzdialenosť padajúceho objektu.

Pokiaľ položíme  $m_s = m_g$ , potom sa nám pohybová rovnica vykráti a voľný pád padajúceho objektu  $m_s$  nebude závisieť na hmotnosti. To znamená, že veľké aj malé telesá o rôznych hmotnostiach budú padať rovnako rýchlo. To viedlo na princíp ekvivalencie zotrvačnej a gravitačnej hmotnosti.



Pre potvrdenie princípu ekvivalencie bolo urobených niekoľko experimentov. Prvý presnejší experiment vykonal Eötvös s relatívnou presnosťou  $5 \cdot 10^{-9}$ . Neskôr s torznými váhami (berýlium /hliník, berýlium/titán)  $3 \cdot 10^{-14}$ . Celkovo je viac meraní napr. s laserom.

**Princíp ekvivalencie sa stal východiskovým postulátom všeobecnej teórie relativity.**

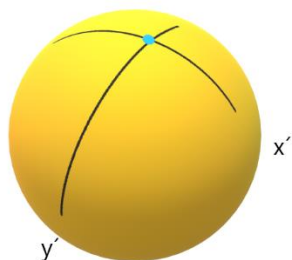
### Lokálne, inerciálna sústava – LIS

Takúto sústavu možno demonštrovať na voľne padajúcom výťahu. Predstavme si, že sa utrhneme lano výťahu a my zažijeme na moment voľný pád (teda stav bez tiaže). **Gravitácia náhle zmizne.**

V skutočnosti, ale náš výťah musí byť dostatočne malý, pretože intenzita gravitačného poľa závisí od vzdialenosti k centru planéty. Nohy teda pociťujú o niečo väčšiu gravitačnú intenzitu ako hlava. **Toto sa prejaví ako slapová sila.** No v maličknej kabíne, v homogénnom gravitačnom poli je tento rozdiel síl nesmierne malý. Toto by sme pocítili v blízkosti horizontu udalosti čiernej diery (pri ČD hviezdneho pôvodu). V blízkosti horizontu udalosti ČD by boli slapové sily aj na malé rozdiely vzdialenosti veľké. Preto sa zavádza pojem LIS. **LIS je lokálne inerciálna sústava**, ktorá je infinitezimálna, teda veľkosť takej sústavy speje k nulovej veľkosti. Potom môžeme prehlásiť LIS za sústavu, kde platí znova ŠTR.

### Pokrivená metrika

Vo všeobecnej relativite je samotný priestor pokrivený, pokrivená je aj kombinácia priestoru a času - pokrivený časopriestor, priestoročas. No najskôr si vysvetlíme, čo to je pokrivená metrika. Dobrý príklad je metrika na guľovej ploche. Predstavme si, že máme mravca a ten žije na povrchu guľovej plochy. Nepozná tretí rozmer „z“. Preložíme si pre mravca základný súradnicový systém  $x'$ ,  $y'$ , v zmysle obrázku 38.



Obr. 38 Súradnicový systém na povrchu gule, zdroj: vlastný obrázok.

Pre pravouhlý, karteziánsky systém  $x, y, z$  - vedený cez stred gule s polomerom  $r$  platí nasledujúci vzťah (z pohľadu na celú guľu aj so súradnicou „z“):

Vzťah odvodený z Pytagorovej vety:

$$x^2 + y^2 + z^2 = R^2, \text{ z toho separujeme „z“, potom } z = \sqrt{R^2 - x^2 - y^2}$$

Z obrázku je vidieť, že povrch **gule je pokrivený- neeuklidovský**.

Urobme diferenciál tejto rovnice. To znamená celú rovnicu zderivujeme.



$2xdx + 2ydy + 2zdz = 0$  //vykrátíme  $z$  a prevedieme rovnicu, kde bude na ľavej strane diferenciál  $dz$ .

$$dz = -\frac{xdx + ydy}{z}$$

dosadíme za „ $z$ “ do rovnice:

$$dz = -\frac{xdx + ydy}{\sqrt{R^2 - x^2 - y^2}}$$

Vyjadrili sme „ $z$ “ a diferenciál „ $dz$ “ pre potreby nasledujúceho výpočtu. Vyjadrime si element vzdialenosti „ $dl$ “ pre uvažovaného mravca na povrchu gule so súradníc  $x, y, z$ .

$$dx^2 + dy^2 + dz^2 = dl^2 \text{ // dosadíme za „}dz\text{“}$$

$$dx^2 + dy^2 + \frac{(xdx + ydy)^2}{R^2 - x^2 - y^2} = dl^2$$

Pre polárne súradnice bude vyzerat' vzťah nasledovne:

$$r^2 d\varphi^2 + \left(1 + \frac{r^2}{R^2 - r^2}\right) dr^2 = dl^2 = \frac{1}{1 - \frac{r^2}{R^2}} dr^2 + r^2 d\varphi^2$$

Výsledná metrika je teda:

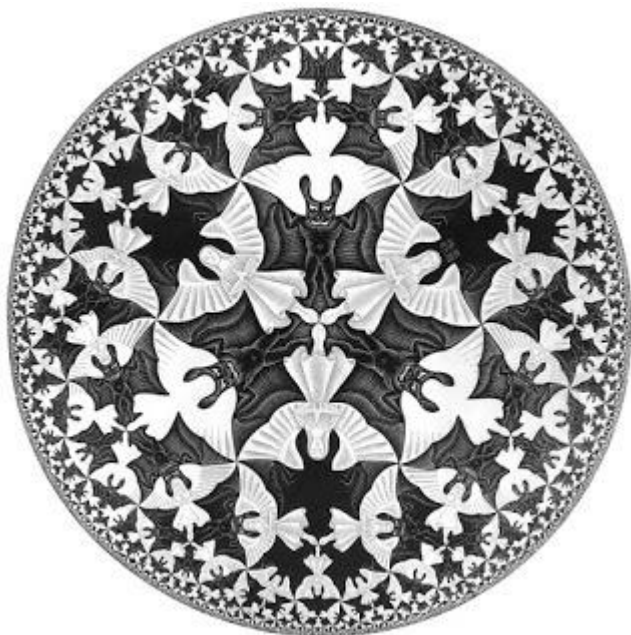
$$dl^2 = \frac{1}{1 - \frac{r^2}{R^2}} dr^2 + r^2 d\varphi^2$$

Pričom zavedieme metrický koeficient  $g_{rr} = \frac{1}{1 - \frac{r^2}{R^2}}$  a metrický koeficient  $g_{\varphi\varphi} = r^2$ .

Pre zaujímavosť, ak by sme mali valcovú plochu, tak na povrchu valca by sme nemali pokrivenú metriku. Zachovávali by sa aj dĺžky, aj uhly. Na to je jednoduché vysvetlenie, že nakreslíme trojuholník na list, rovný list papiera, potom ho skrútime do valcovej plochy, znova aj stočený trojuholník je ten istý, identický.

Krivosť metriky sa dá vypočítať zo vzťahu pre Gaussovú krivosť, potom máme kladnú, zápornú, alebo nulovú krivosť. **Nulová krivosť je nám dobre známa, tej sa hovorí plochá metrika.**

Zápornú krivosť má tzv. hyperbolická geometria (tú ma napr. sedlo na koňa). Pre ilustráciu hyperbolickej geometrie predstavuje Poincarého kruh na obr. 39.



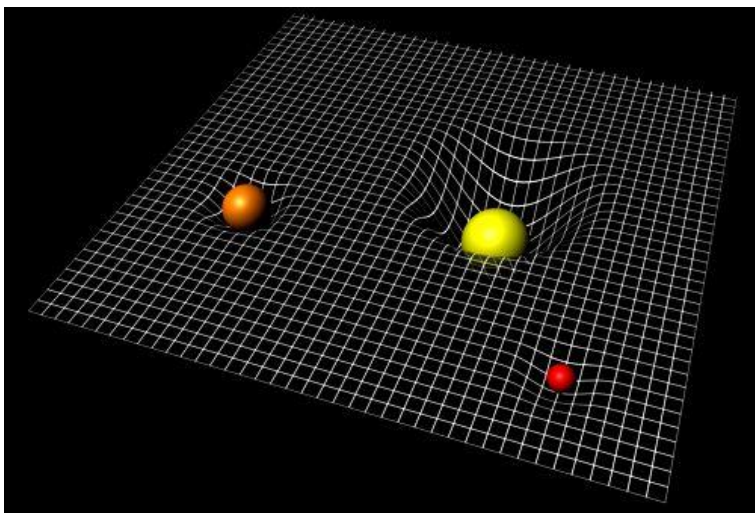
Obr.39 Escher vizualizácia hyperbolickej geometrie, zdroj: internet.

Všeobecná teória relativity je popísaná zložitým, matematickým aparátom, kde bez znalosti tenzorov, štvorvektorov, derivácií, integrálov, vektorov, vektorových a skalárnych súčinov, matíc a ďalších matematických konštrukcií, nie je možné detailne porozumieť, preto to budem uvádzať len s odkazmi na iné zdroje k samoštúdiu. Nebudem to môcť prezentovať do detailov.

### Geodetika

***Telesa sa pohybujú po najrovnejších možných dráhach v zakrivenom časopriestore. Časopriestor zakrivujú v svojom okolí samotné telesá. To je základný princíp všeobecnej teórie relativity.***

Tieto dve vety sú z hľadiska princípov všeobecnej relativity veľmi dôležité. Zakrivenie časopriestoru nie je možné zobrazíť v nejakom obrázku. Časopriestor je štvorrozmerný. Z tohto dôvodu sa používa zobrazenie zakrivenia časopriestoru na dvojrozmernú plochu, kde jedna os je priestorová (napr.  $x$ ) a jedna je časová (napr.  $y$ ). Pričom priestor ich má tri ( $x, y, z$ ). To sa nazýva diagram vnorenia, vid'. obr.40.



Obr. 40 Zakrivenie časopriestoru od hmotných objektov, zdroj: internet.

Telesa sa teda nepohybujú po krivkách, pretože pôsobí gravitačná sila. Telesa sa pohybujú po krivkách, pretože samotné telesa pokrívili vo svojom okolí priestor aj čas. Teda všeobecná relativita je vlastne geometrická interpretácia gravitácie pokriveným časom a priestorom, teda jej kombináciu - pokrivený časopriestor. Práve preto hovoríme vo všeobecnej relativite o metrikách.

***Priestor a čas stratili absolútne postavenie (v Newtonovej mechanike tieto veličiny sú absolútne) a tieto veličiny sú z hľadiska popisu zo zvolených sústav (inerciálnych, či neinerciálnych) relatívne, pružné. Dá sa povedať, že telesá sú spolutvorcami priestoru a času. V teórii relativity neexistuje preferovaná súradnicová sústava.***

### Einsteinov gravitačný zákon

Na jednom starom Bolívijskom vlaku je takáto maľovka Einsteinovej rovnice, viď. obr.41.



Obr. 41 Einsteinova rovnica na Bolívijskom vlaku, zdroj: internet.





Na prvý pohľad vyzerá rovnica jednoducho. No to je iba prvý dojem. Principiálne je však možné ju jednoducho opísať. **Na ľavej strane rovnice to veľké  $R$  opisuje pokrivenie priestoru a času, čo v matematickej reprezentácii vyjadruje metrický tenzor (metriku).** Tenzor je zovšeobecnením pojmu vektor. Tenzor má viaceré zložky, ktoré je možné zapísať ako maticu. Pre objasnenie týchto pojmov je potrebné si tieto pojmy pozrieť z nejakých dostupných zdrojov, napr. na internete.

Na pravej strane rovnice sú nejaké konštanty a veľké  $T$ , čo predstavuje tenzor energie a hybnosti. Tenzor energie, hybnosti závisí od rozloženia hmoty vo vesmíre. **Tenzor energie a hybnosti (ľudovo povedané rozloženie hmoty v priestore) určuje metriku priestoru a času - časopriestoru.**

### Schwarzschildová metrika

Podme sa pozrieť na základný tvar metriky časopriestoru pre okolie guľovo symetrických telies (teda guľ), ktoré nemajú žiadnu rotáciu. **V jednoduchosť nás zaujíma, ako je pokrivený priestor a čas v okolí planét a hviezd, bez ich rotácie.**

Toto riešenie bolo objavené v tom istom roku 1916 (publikovaná všeobecná relativita Einsteinom) K. Schwarzschildom. Môžeme ju odvodiť z Einsteinovho gravitačného zákona, kde metrika má všeobecný, diagonálny tvar (platí pre nerotujúce telesá):

$$ds^2 = -c^2\alpha(\tau, \rho)d\tau^2 + \beta(\tau, \rho)d\rho^2 + \gamma(\tau, \rho)[d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2]$$

Pričom posledný člen (v hranatej zátvorke) je člen Minkowského plochej metriky zapísaný pre polárne súradnice.

Odvođením dostaneme výslednú metriku pre vonkajšieho pozorovateľa v tvare (podrobnosti si čitateľ dohľadá v odkaze na študijný materiál uvedený v závere kapitoly):

$$ds^2 = -c^2(1 - r_g/r)dt^2 + \frac{dr^2}{(1 - r_g/r)} + r^2[d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2]$$

pričom,

$$r_g = \frac{2GM}{c^2}$$

Je tzv. Schwarzschildov polomer. Tento polomer je zároveň polomerom horizontu udalosti čiernej diery.

V takejto metrike plynutie času závisí od vzdialenosti objektu po ťažisko guľovo, symetrického telesa, napr. planéty. Táto zložka plynutia času závisí od gravitačného potenciálu, pretože ten súvisí priamo so vzdialenosťou. Potom je tu efekt spôsobený dilatáciou času od obežnej rýchlosti, pokiaľ teleso obieha planétu po kruhovej, alebo eliptickej dráhe.

V extrémnych prípadoch vedie táto metrika k čiernym dieram. Podrobnejšie budú čierne diery - ČD preberané neskôr.

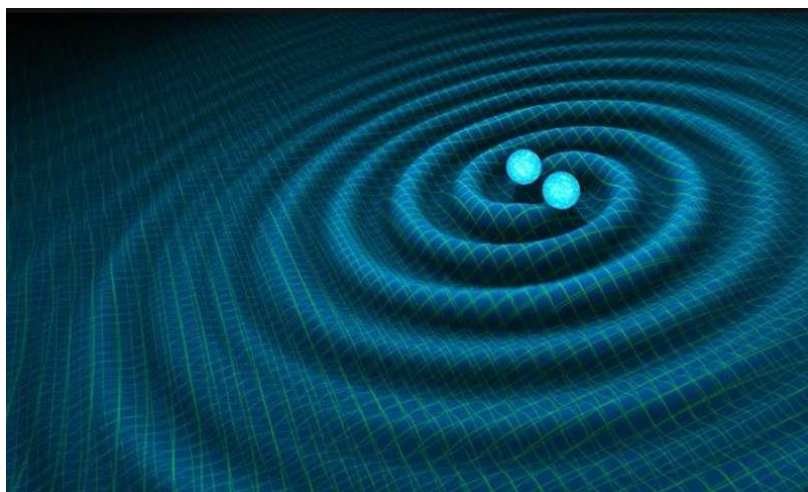


### Kerrova metrika

Táto metrika je statické riešenie Einsteinovej rovnice, pre sféricky, symetrické teleso s nenulovou rotáciou. Pretože väčšina hviezd rotuje, vrátane čiernych dier nie je možné použiť Schwarzschildovu metriku (tu objekt nerotuje). Táto metrika sa veľmi nelíši od tej Schwarzschildovej, no je o niečo komplikovanejšia, vzťah si čitateľ môže pohľadať.

### Gravitačné vlny

Gravitačné vlny sú periodické ohyby časopriestoru šíriace sa rýchlosťou svetla vo vákuu –  $c$ . Vznikajú pri periodickom pohybe objektov s kvadrupólovou nesymetriou, alebo vznikajú dôsledkom katastrofických udalostí splynutia čiernych dier, neutrónových dier, nesymetrický kolaps hviezd.



Obr. 42, Šíriace sa gravitačné vlny, zdroj: internet.

Gravitačné vlny sú priečnym vlnením časopriestoru. Gravitačné vlny majú dve nezávislé polarizácie stočené o 45 stupňov. Boli pozorované nepriamo, no v roku 2016 aj priamo - gravitačným interferometrom LIGO. Priame meranie gravitačných vln pochádzalo od splynutia dvoch čiernych dier. Do budúcnosti sa plánuje veľký, medziplanetárny interferometrom, projekt má názov LISA, resp. ELISA. Vytvára sa nové odvetvie pozorovania vesmíru cez gravitačné vlny - gravitačná astronómia. **Nádejame sa, že citlivejšie interferometre nám pomôžu zachytiť aj obdobie z tzv. inflačnej éry vesmíru.** To je obdobie prudkého rozopnutia vesmíru, krátko po čase nula (teoretický vznik vesmíru, teda času a priestoru).

### Strhávanie časopriestoru rotujúcim telesom

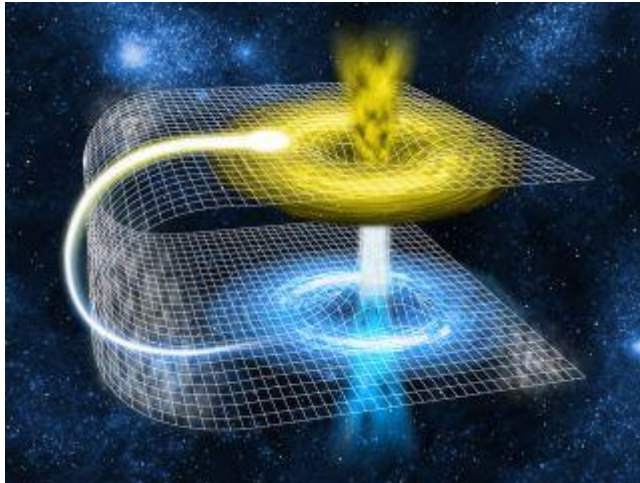
To je efekt, kde samotný objekt (hviezda, planéta) v svojom bezprostrednom okolí strháva časopriestor. Tento jav má pomenovanie - **Lenseov-Thirringav jav**. Tento jav je analógiou medzi elektrostatickým poľom a gravitačným poľom. Zavádza sa pojem gravitoelektrické a gravitomagnetické pole.

Pre potvrdenie tohto javu sa navrhlo niekoľko experimentov ako je LAGEOS 2, neskôr to mala zmerať presnejšie družica Gravity Probe B. Meranie malo prebiehať tak, že tento efekt zmení sklon zotrvačiek na palube družice. Výsledok Gravity Probe B nebol preukazný z dôvodov technických komplikácií súvisiacich so slnečným vetrom.



### Einstein – Rosenov most

V roku 1935 Einstein a Rosen našli riešenie, kde spojením dvoch Schwarzschildových metrík na jednej strane s čiernou dierou a na druhej strane s bielou dierou spojí dve miesta v časopriestore ako je znázornené na obr. 43.



Obr. 43 Einstein – Rosenov most, zdroj: internet.

Ľudovo sa to tiež nazýva červia diera. Červia diera je skratka v časopriestore, v zmysle obr. 43. Toto teoretické riešenie, ale ukazuje na problémy stability takejto červej diery. Takáto červia diera by teoreticky mohla vzniknúť na veľmi krátky okamžik, pričom by bolo problematické, aby cez ňu stihla prejsť aspoň jedna častica. No takáto červia diera postavená na Schwarzschildovej metrike je nepriechodná, pretože hrdlo sa zužuje do singularity. Existujú aj iné riešenia - metrika, ktorá je priechodná, no nefyzikálna:

$$ds^2 = -c^2 dt^2 + d\rho^2 + (\alpha^2 + \rho^2)[d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2]$$

Pričom  $\rho$  je skutočná radiálna vzdialenosť,  $\alpha^2$  je konštanta. Táto metrika, ale vyžaduje zápornú hustotu energie, preto sa jej hovorí nefyzikálna.

### Friedmanova metrika

V roku 1922 odvodil rakúsky fyzik A. Friedman z Einsteinových rovníc metriku vesmíru vyplnenú nekoherentným prachom s konštantnou hustotou.

$$ds^2 = -c^2 dt^2 + a^2(t) \left[ \frac{dr^2}{1 - kr^2} + r^2 d\Omega^2 \right]$$

$$a^2 - \frac{8}{3}\pi\epsilon G a^2 = -c^2 k$$

$$d\Omega^2 = d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2$$

To je obdobná metrika ako na povrchu gule, teda priestorová časť Friedmanovej metriky násobená expanznou funkciou  $a(t)$ .

Pričom  $k$  je Gaussova krivosť, ktorá môže byť kladná (ako má povrch gule), záporná (ako má sedlo koňa), alebo nulová, čo je plochá metrika.



*V roku 1929 objavil E. Hubble červený posun galaxií. Tento červený posun mala väčšina galaxií. Z tohto zistenia sme dospeli k záveru, že vesmír sa rozpína.*

Obrátením procesu rozpínania v čase zistíme, že to speje k počiatku vesmíru, tzv. **Veľký tresk**. Medzi priekopníkov Veľkého tresku patrí **Lamaître**.

### Experimenty potvrdzujúce všeobecnú relativitu

Ide o značné množstvo experimentov, ktoré potvrdzujú platnosť všeobecnej relativity, nakoľko kniha nie je len o teórii relativity, uvediem niektoré len bodovo:

- Vysvetlenie stáčania perihélia Merkúra s výpočtom zo všeobecnej relativity.
- Ohyb svetla, gravitačné šošovkovanie vzdialených objektov: hviezd, galaxií, kopy galaxií.
- Experimenty s dilatáciou času (Pound- Rebka experiment, Hafele- Keating experiment).
- Gravity PROBE A.
- Navigačný systém družíc funguje iba po korekciách relativity.
- Berkeleyjský experiment meranie gravitačného, červeného posunu.
- Strhávanie časopriestoru LAGEOS 1, LAGEOS 2.
- Namerané gravitačné vlny LIGO.
- Dôkazy o existencii čiernych dier.
- A mnoho ďalších kozmologických dôkazov v prospech teórie relativity (rozpínanie vesmíru atď.).

### Zdroje pre samoštúdium

<https://www.aldebaran.cz/studium/>

## Záver – Teória relativity

Prešli sme kapitolu venovanú teórii relativity. Nie je možné všetko v tejto knihe uviesť dopodrobna. Všeobecná relativita je sofistikovaná teória, ktorá je uznaná a potvrdená. Merania stále ukazujú, že teória relativity je v zhode so všetkými experimentami. Einstein si právom vyslúžil uznanie za veľký prínos vo fyzike. V teórii relativity však ostávajú nezodpovedané otázky. Doposiaľ sa ani úspešne nepodarilo prepojiť kvantovú fyziku a všeobecnú teóriu gravitácie nejakou zjednocujúcou teóriou.

*Z popisu tu uvedeného plynie, že fyzika je vystavaná na matematických rovniciach fyzikálnych veličín, postulátov a vzťahov. Z toho je zrejmé, že to je iba ľudský konštrukt (model) pre popis prírody. Ani všeobecná teória relativity neukázala hlbšie súvislosti. Teória relativity nepreukázala, ako by to mohla príroda, vesmír robiť. No jej čaro a prediktívna schopnosť je nesporná.*



V nasledujúcej kapitole rozoberiem nevyriešené otázky všeobecnej relativity, kde sa pokúsim formulovať nové myšlienky.



# **Kapitola 6**

## **Nápady k nevyriešeným otázkam v teórii relativity**



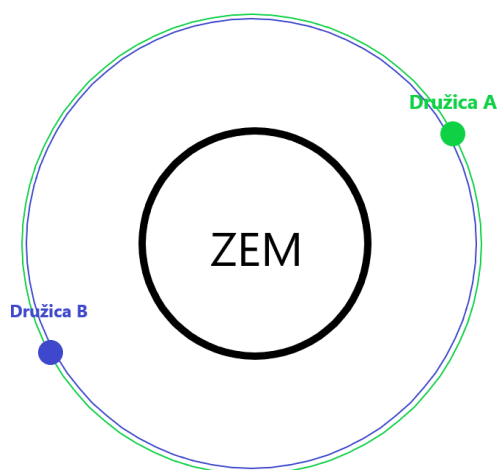


### Úvod – Nápady k teórii relativity

Táto kapitola bude venovaná nevyriešeným otázkam teórie relativity. Z predchádzajúcej kapitoly sme sa dozvedeli, že teória relativity je vlastne geometrická teória o spojení priestoru a času. **No v žiadnom prípade nepodáva hlbšie informácie o samotnom priestore a čase.** V úvode teórie sú postuláty, ktoré Einstein matematicky previazal a vytvoril tak všeobecnú teóriu relativity. Jedným z tých dôležitých postulátov bol princíp ekvivalencie a princíp konštantnej rýchlosti svetla vo vákuu. Dôležitým výsledkom teórie relativity je, že čas neplynie v sústavách rovnako, no ale aj to, že samotný priestor, resp. vzdialenosť objektov nie je absolútna, ale relatívna. Priestor a čas je matematicky previazaný v tzv. časopriestore, resp. priestoročase. Tento časopriestor je zakrivený, teda má nenulovú krivosť v okolí hmotných objektov. Telesá sa pohybujú v takto zakrivenom časopriestore najrovnejšie, ako sa len dá. Toto je interpretácia gravitácie vo všeobecnej relativite.

Na úvod tejto kapitoly ukážem, že aj v teórii relativity by sme našli zopár paradoxov, resp. nevysvetlených, čudných vecí.

### PARADOX DRUŽÍC



Obr. 44 Paradox družíc, zdroj: vlastný obrázok.

Majme na dve družice v rovnakej výške od Zeme. Tieto družice obiehajú v protismere. Družica A ide v smere hodinových ručičiek, družica B ide v protismere hodinových ručičiek. Družice sa stretávajú v nejakom bode, kde si vždy môžu synchronizovať hodiny, resp. porovnať medzi sebou. Stretnutie družíc je sumiестna udalosť (na rovnakom mieste). Obe družice sa pohybujú rovnakou uhlovou rýchlosťou voči stredu Zeme, len opačným smerom. **Toto zadanie je plne symetrická úloha.**

Družice padajú voľným pádom, pretože majú nenulovú obvodovú rýchlosť, ktorá je presne nastavená tak, aby boli stále v rovnakej výške. Tieto sústavy môžeme pokladať za LIS. (lokálne inerciálna sústava).

**V zmysle Schwarzschildovho riešenia dostaneme rovnaký chod hodín pre družicu A, aj pre družicu B. Toto riešenie je spojené so stredom Zeme, resp. pre vonkajšieho pozorovateľa, tak ako sa pozeráme na obeh družíc v zmysle obr.44.**



**Otázka znie: ako to bude z pohľadu LIS – družice A na družicu B a naopak? Pretože v TR neexistuje preferovaná sústava.**

**No a tu sa dostávame k paradoxu.** To je vlastne principiálne to isté, ako pri paradoxe dvojčiek. Rozdiel je v tom, že tam o paradox nešlo, pretože cestujúce dvojča ku hviezdám zrýchľovalo, brzdilo a pociťovalo zotrvačné účinky, teda nešlo o inerciálnu sústavu. Úloha nebola symetrická. Pri paradoxe družíc je úloha symetrická. Družice nepociťujú žiadne zotrvačné sily.

V zmysle ŠTR to bude teda tak, že z pohľadu družice A na B bude dilatovať čas. Platí to aj naopak, z pohľadu družice B na A. **Záver je ten, že družica A bude tvrdiť, že čas ide práve pomalšie na družici B, družica B bude tvrdiť, že družici A ide čas pomalšie, čo je presne klasický paradox.**

Na internete som našiel vysvetlenie, kde to „zvrhli“ na relativitu súčasnosti. Podrobnosti nejdem rozoberať. Z môjho pohľadu ich vysvetlenie **nebolo presvedčivé ani trocha**. Problém so synchronizáciami hodín odpadá práve tým, že sa družice **stretávajú na rovnakom mieste**, kde si ich môžu synchronizovať, tak aj odpadá **problém s relativitou súčasnosti**.

**Na záver sa dá povedať, že paradox nenastane, ak zvolíme správnu sústavu** spojenú so stredom Zeme. **Nazvime túto sústavu preferovanou sústavou, prirodzenou sústavou.** Neskôr budú uvedené súvislosti takéhoto zadefinovania.

### PARADOX HORIZONTU UDALOSTI

Predstavme si padajúcu raketu do čiernej diery, pre zjednodušenie ide o Schwarzschildovú čiernu dieru. (čierna diera nerotuje). Tento paradox opíšem len v krátkosti, pretože čiernym dieram sa budem venovať podrobnejšie v neskorších kapitolách.



Obr. 45 Padajúca raketa do čiernej diery, zdroj: internet.

V zmysle teórie relativity pre vonkajšieho pozorovateľa stojaceho ďalej od ČD, ktorý pozoruje padajúcu raketu do ČD. Pre tohto vonkajšieho pozorovateľa bude raketa spomaľovať čas, až kým sa úplne nezastaví na horizonte udalosti ČD. **Pre vonkajšieho pozorovateľa nikdy raketa nedosiahne horizont udalosti!**

**Z pohľadu padajúcej rakety do ČD situácia bude úplne iná. Uvažujme o super masívnej ČD** (kde sú slapové účinky na malé vzdialenosti malé). **V zmysle teórie relativity si kozmonaut v rakete ani nevšimne, že prešiel cez horizont udalosti. Prejde cez horizont udalosti a smeruje k teoretickej singularite, čo je stred ČD. To je zjavný paradox reality.**



Na jednej strane pre vonkajšieho pozorovateľa nikdy raketa nedosiahne ani horizont udalosti. To by vyžadovalo nekonečne dlhý čas pre vonkajšieho pozorovateľa, na strane druhej pre kozmonauta, kde dokonca prejde cez horizont udalosti a spadne až k teoretickej singularite (ak odhliadneme od extrémneho prostredia v ČD).

### NIEKTORÉ, ĎALŠIE NEZROVNALOSTI

Pre zaujímavosť si čitateľ môže pozrieť prednášky ohľadne možných nezrovnalostí stáčania perihélia Merkúra v zmysle Einsteinovho výpočtu:

Zdroj: <https://www.youtube.com/watch?v=z5iXGZDyRfw&feature=youtu.be>

Taktiež, či je možné korektne uvažovať použitie Einsteinovej rovnice, presnejšie aplikovať Fridmanov model na vesmír:

Zdroj: <https://www.youtube.com/watch?v=YNOGYzSh3L4>

Záverom k týmto paradoxom a problémom sa dá povedať, že hádam by aj vyriešila spomenuté problémy (aj iné) lepšia teória, **tzv. kvantová gravitácia** (tiež nazývaná ako teória všetkého).

Poznámka: Uvedené prednášky treba brať s rezervou. Niektoré veci môžu byť pravda, no ale aj nemusia. Osobne súhlasím iba v niečom.

## Niektoré, základné nevyriešené otázky v TR

Dostávame sa k jadrú kapitoly a to formulácii základných, nevyriešených otázok vo všeobecnej teórii relativity. Definujme niektoré kľúčové otázky:

1. Prečo hmotné objekty zakrivujú v svojom okolí čas a priestor (časopriestor)?
2. Čo sú to zotrvačné účinky, prečo pociťujeme zotrvačné účinky ako absolútnu veličinu?
3. Existuje v teórii relativity preferovaná sústava?
4. Prečo sa svetlo vo vákuu šíri konštantnou rýchlosťou na ľubovoľného pozorovateľa?
5. Je možné si predstaviť, zobraziť zakrivený priestor a čas?

### Bod 3.

V teórii relativity nie je žiadna, vzťažná sústava významnejšia. Einstein pri formulácii vstupov do svojej teórie postuluje rovnocennosť všetkých sústav (princíp relativity). Fyzikálne zákony musia rovnako platiť v inerciálnych sústavách, aj v neinerciálnych sústavách, pričom žiadna sústava nie je významnejšia.

Ak odhliadneme od týchto tvrdení, ktoré často prednášajúci tvrdia, tak napr. pri Newtonových zákonoch to tak nie je. Tam pre popis z inerciálnych sústav vystupujú pseudosily (napr. odstredivá sila). Pre Newtonové zákony sa **uplatňuje popis z inerciálnych sústav**.

Zaveďme si pojem prirodzená sústava a definujme ju:

**Prirodzená sústava je taká sústava (napr. planéta, slnečná sústava, galaxia, kopa galaxie, atď.), kde hmotné objekty vytvárajú nejaký ucelený systém, ktorý sa ako celok pohybuje**



***v priestore a čase. Takáto sústava má potom výsledný vektor pohybu, pričom v samotnej prirodzenej sústave hmotné objekty vykonávajú aj iné vzájomné pohyby.***

Príklad v našej galaxii sa objekty točia okolo centra galaxie, no samotná galaxia má nejaký výsledný smer pohybu (smer a rýchlosť voči ďalšiemu okoliu).

Veľa ľudí je zmätených z tvrdenia, že rýchlosť je relatívna. Uvediem príklad o čo konkrétne ide.

### Relativita pohybu

Predstavme si pohyb po povrchu planéty. Ideme vlakom z Košíc do Bratislavy. Kto sa pohyboval, my s vlakom, alebo sme stáli a pohybovala sa planéta? Je to podobné, ako u bežeckého pásu, bežíme my po páse, alebo pas sa pohybuje a my stojíme? Určite mi dá každý za pravdu, že je síce ***pravda to o rovnakej vzájomnej rýchlosti*** (to rieši teória relativity, nerieši pôvodcu pohybu - aktéra), no zároveň je pravda to, že pohyb po povrchu z miesta A do miesta B sme urobili my, nestali sme a planéta sa pohybovala ako bežecký pás v posilňovni. ***No a ten správny indikátor (ako to rozlišovať), sú sprievodné zotrvačné účinky, sily.***

### Bod. 2.

Tento bod nadväzuje priamo na bod 3. ***Zotrvačnosť je absolútna veličina v zmysle, že nie je podmienená voľbou sústavy.*** Nie je to teda relatívny pojem.

No ešte predtým ako sa pustíme do riešenia tohto bodu je potrebné vysvetliť Machovú hypotézu.

### Machová hypotéza

Machov princíp, hypotéza je pomerne vágne formulovaná myšlienka, podľa ktorej je zotrvačnosť telies spôsobená gravitačnými účinkami okolitých aj vzdialených hmotných telies. Táto myšlienka ovplyvnila Einsteina pri tvorbe všeobecnej relativity.

***Vo všeobecnej relativite priestor a čas vytvárajú samotné hmotné objekty. Teda priestor a čas je ako celok absolútny.***

V zmysle predošlých úvah to môžeme formulovať presnejšie takto:

### Hypotéza č.1:

***Jeden absolútny časopriestor nášho vesmíru vytvárajú samotné, hmotné objekty(aj samotné vákuum). Tieto hmotné objekty vytvárajú prirodzené, viazané sústavy (napr. galaxie) prostredníctvom fyzikálnych interakcií (silná, slabá, elektromagnetická gravitačná).***

***Všeobecná teória relativity opisuje tento jeden absolútny časopriestor (vesmír) z rôznych úrovní pozorovateľov (vzťažných sústav), pričom tieto úrovne sú objektívne, existujú a sú si vzájomne rovnocenné. Matematicky je teda možné transformovať tento absolútny časopriestor ako funkcie (projekcie) do vzťažných sústav. To by potom zodpovedalo relativnosti času a priestoru v zmysle všeobecnej relativity. V teórii relativity má absolútnu vlastnosť priestoročasový interval, ktorý je potom funkciou do vzťažných sústav, pre veličiny  $t, x, y, z$ .***



### Hypotéza č.2:

**Zotrvačné účinky pohybujúcich sa objektov v časopriestore sú dôsledkom zmeny sklonu línie súčasnosti samotného časopriestoru. Aktér zmeny línie súčasnosti, sklonu línie súčasnosti bude pociťovať zotrvačné sily, účinky.**

### Hypotéza č.3:

**Zotrvačné účinky vznikajú fyzikálnymi interakciami (s prirodzenou sústavou), predovšetkým tými, ktoré vytvárajú objektom zotrvačnú hmotnosť. Do tejto kategórie musíme zahrnúť aj Higgsove pole (Higgsov bozón).**

**Táto hypotéza integruje Machovú hypotézu.**

### Bod.5

Samozrejme, predstaviť si zakrivenie trojrozmerných objektov, len prostredníctvom troch dimenzií nie je možné. Potrebujeme, na to dimenzie navyše. No ukážem Vám, ako by sa to dalo obísť, pri zavedení určitého predpokladu. **Tento predpoklad sa stane ďalším, dôležitým postulátom EDQ teórie.**

Ešte pretým, ako sa to toho pustíme, je dôležité si uvedomiť, že pokiaľ sa hovorí v teórii relativity o viac dimenzionálnom priestore, potom by ho mala obsahovať aj samotná príroda (ako inak by to robila, že..). Teória relativity kladie na prírodu požiadavku, aby mala ďalšie priestorové rozmery navyše. To nehovorím o teórii superstrún, kde je tých dimenzií navyše požehnané. No lenže nič také sme zatiaľ nenašli, preto táto úvaha ukáže, ako by to šlo bez dodatočných dimenzií.

Urobme jeden zásadný predpoklad.

### Hypotéza č.4:

**Predpokladajme teraz, že priestor nie je úplne spojitý ako kontinuum, ale predstavme si ho ako sieť diskretných bodov. Takýto priestor nazvime diskretný priestor, vid'. obr.46. Na obrázku je nakreslená diskretná plocha „x, y“, no to isté urobíme aj s rozmerom „z“.**

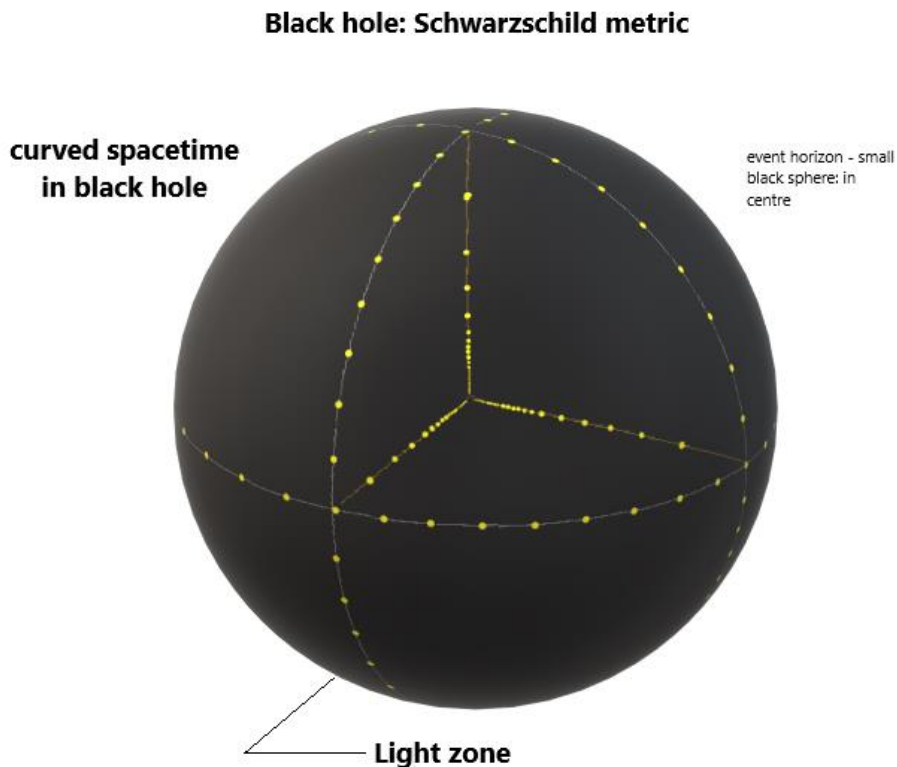


Obr. 46. Schematický obrázok diskretného priestoru, zdroj: vlastný obrázok.

Na obrázku sú hustejšie a redšie oblasti priestoru. Hustejšie teda ukazujú na viac zakrivený priestor. Trik je v tom, že to je pohľad vonkajšieho pozorovateľa, **kde vzdialenosti medzi bodmi priestoru vníma kratšie. To je adekvátna náhrada zakriveného priestoru.** Naopak, pozorovateľ nachádzajúci sa v zakrivenom priestore (kde sú body hustejšie pri sebe) **nevníma zmenu priestoru**, pre neho je stále jeden meter rovnako dlhý, pretože aj to meradlo je tam kratšie.

Pre ukážku ako by to vyzeralo v 3D ilustruje obr.47. Na obrázku nie sú všetky body zakreslené, lebo by bol neprehľadný, obsahujúci všetky body v sfére. Tento obrázok ilustruje zakrivenie v okolí guľovo symetrických telies, nerotujúcich a **teda zobrazuje Schwarzschildovú metriku priestoru.**





Obr. 47 Zakrivenie priestoru v 3D Schwarzschildovej metriky, zdroj: vlastný obrázok.

*Pre zakrivenie časopriestoru, teda priestoru aj času, by sme považovali tento model s dodatkom, že v každom bode si predstavíme tikajúce hodiny. Teda môžeme hodiny nahradiť pohybom, malou osciláciou všetkých bodov (voči zvolenému ťažisku), pravidelne hore a dole, akurát smerom k centru zakrivenia budú tie oscilácie pomalšie (menšia frekvencia). To by vyjadrovalo spomalenie času vnímaného vonkajším pozorovateľom.*

Jednoducho tie body na obrázku by sme vnímali ako kmitajúce body, pomalšie kmitajúce smerom do stredu gule.

Pre zaujímavosť, zakrivený priestor (gula) s polomerom „ $r$ “ pre vonkajšieho pozorovateľa, teda takého pozorovateľa, ktorý sa nenachádza v tej zakrivenej guli je objem gule menší. **Skutočný objem je väčší a je daný polomerom  $r_{\sim}$ .**

#### Bod. 1

V teórii relativity hmotné objekty nie len, že zakrivujú priestor a čas. V teórii relativity **sú hmotné objekty spolutvorcami priestoru a času**. No otázka ostáva nezodpovedaná. Prečo sú spolutvorcami, prečo hmotné objekty zakrivujú ten priestor a čas?

Z teórie relativity odpoveď neplynie. Musíme ísť hlbšie, čo bude predmetom neskorších kapitol EDQ teórie.

#### Bod 4.

Tento postulát znovu nijako priamo neplynie z teórie relativity, neplynie ani z Maxwellových rovníc pre popis elektromagnetizmu.



*Tento bod ponechám otvorený pre neskoršiu hypotézu v kapitole o kozmológii. Domnievam sa, že toto ma priamo súvis so vznikom vesmíru.*

### Záver – Nápady k teórii relativity

Táto kapitola bola venovaná niektorým nezrovnalostiam v teórii relativity, **no hlavne nezodpovedaným otázkam**. Táto kapitola nie je celkom dokončená v odpovediach, pretože nezodpovedané otázky súvisia s nasledujúcimi kapitolami. Pre pochopenie odpovedí budeme musieť prebrať vznik vesmíru z pohľadu súčasných teórií. Následne budú vysvetlenia úplné, tak ako ich teória EDQ prezentuje.

V nasledujúcich kapitolách sa to začne nabaľovať aj na hypotézy v oblasti astrofyziky, pretože z EDQ teórie sa dá predpovedať určité správanie aj na úrovni celého vesmíru. **Poodhalíme ďalšie nevyriešené záhady v kozmológii.**



# Kapitola 7

## Kozmológia



### Úvod - Kozmológia

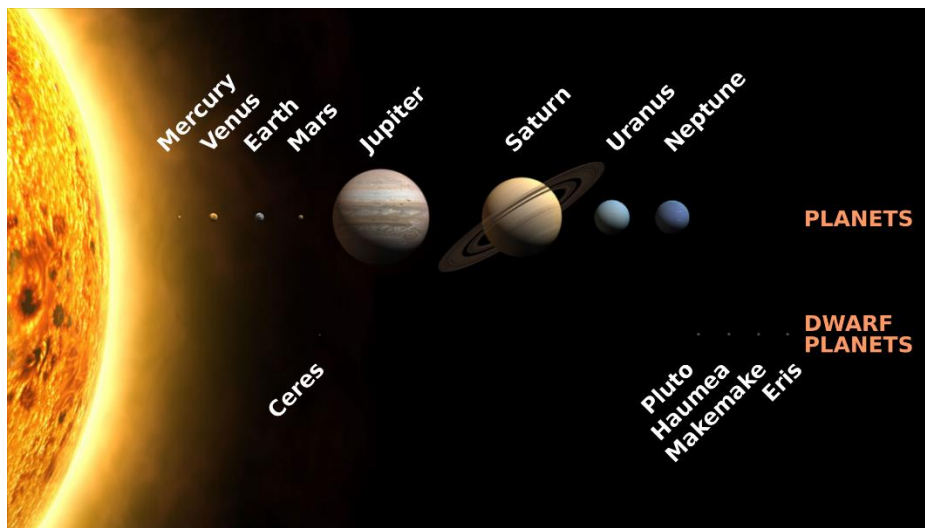
Prebrali sme dôležité kapitoly (okrem kvantovej fyziky) potrebné pre pochopenie toho, čo vieme o vesmíre a jeho vývoji. Túto oblasť výskumu popisuje kozmológia. To je časť z rozsiahlej vednej disciplíny - astronómie.

Kozmológia vychádza z astrofyziky, ktorá sa zaoberá fyzikou vo vesmíre. Preberieme tie najdôležitejšie veci, pretože toto je veľmi rozsiahla oblasť. Do dnešnej doby máme už slušné informácie o vesmíre a jeho objektoch, pozorovaniach, meraniach, atď.

Rozvoj, drvivá väčšina informácií, pochádza z 20. a začiatku 21. storočia. To je jednoducho dané tým, že máme vyspelejšiu techniku na skúmanie vesmíru, zároveň máme tie najlepšie teórie, ktoré sme ako ľudstvo boli schopní vymyslieť. **Takže kozmológia je pomerne mladá a dynamicky sa meniacia oblasť.**

**Vesmír je najrozmanitejší a nepredstaviteľne veľký objekt. Vesmír je množinou všetkých, iných komplexných systémov v ňom obsiahnutých. V tejto kapitole uvidíte prepojenie na evolúciu vesmíru, tak ako to EDQ teória v zmysle teórie chaosu a komplexných systémov predikuje.**

### NAŠA SLNEČNÁ SÚSTAVA



Obr. 48 Slnečná sústava, zdroj: internet.

Naša slnečná sústava sa skladá z centrálnej hviezdy Slnka a ôsmich planét so 160 mesiacmi, niekoľko desiatok miliárd komét, veľké množstvo meteoritov. Pluto sa preklasifikovalo do kategórie trpasličích planét. Slnko patrí medzi hviezdy hlavnej postupnosti. Hmotnosť Slnka je zhruba 99,87% hmotnosti celej slnečnej sústavy. Slnečná sústava vznikla zhruba pred 4,6 miliardami rokmi z plynno - prachového oblaku. Koniec slnečnej sústavy sa definuje ako hranica heliopauzy (okraj heliosféry), kde končí veľké magnetické pole Slnka.

Teplota na povrchu Slnka je zhruba 5-7 tisíc stupňov, teplota koróny zhruba 5 miliónov stupňov. V Slnku prebieha termonukleárna fúzia (vznikajú nové prvky, ako hélium, uhlík, kyslík, až po železo). Slnko je tvorené plazmou. Pre zaujímavosť plazma je také skupenstvo, cez ktoré



neprechádza ELM (elektromagnetické) žiarenie, pretože plazma nemá atómy s viazanými elektrónmi v obale. Cez plazmu teda nie je možné vidieť.

Blízko Slnka sa nachádzajú tzv. terestrické - kamenné planéty (Merkúr, Venuša, Mars, Zem). Ďalej sa nachádzajú väčšie plynné planéty (Jupiter, Saturn, Urán, Neptún).

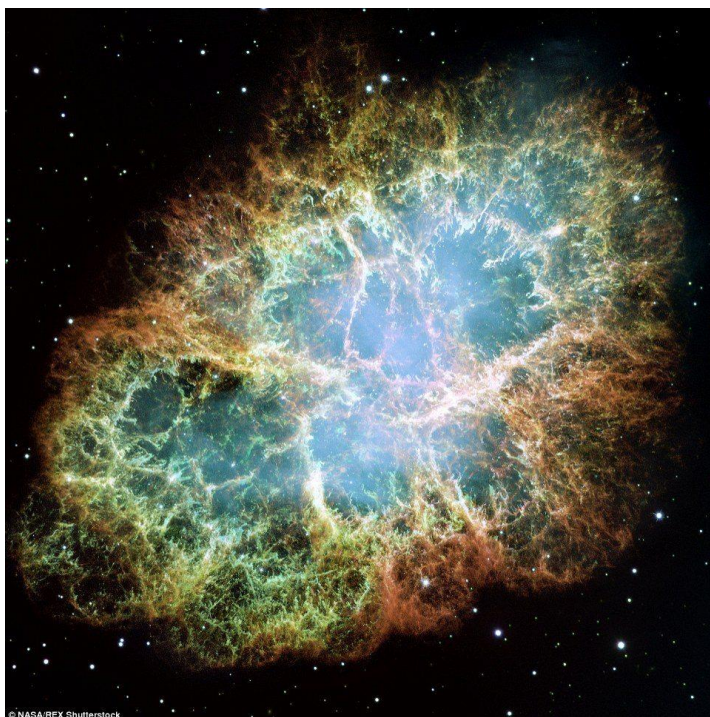
Podrobne preskúmali tieto planéty rôzne sondy. Priekopníkmi medzi sondami, ktoré prvý krát mapovali vzdialené planéty patrí Voyager I, II.

Slnecnú sústavu skúmame prostredníctvom rôznych ďalekohľadov, rôznymi prístrojmi (aj na obežnej dráhe Zeme), ktoré sledujú rôzne charakteristiky.

### HVIEZDY A HMLOVINY

Hviezdy patria medzi dominantné objekty vo vesmíre. Ich guľová symetria je dôsledkom gravitácie ich vlastnej hmoty. Vieme o nich z pozorovania vesmíru, pretože vysielajú rôzne ELM vlny aj v svetelnej oblasti, ich existenciu detegujeme cez rôzne ďalekohľady. Vďaka hviezdám je možná ďalšia evolúcia na okolitých planétach, pretože hviezdy sú zdrojom svetla a tepla, teda energie.

Od pradávna mali hviezdy, vrátane Slnka magické postavenie. **Hviezdy sú bytostne zviazané s hmlovinami, pretože v hmlovinách sa hviezdy rodia (vznikajú).** Hmloviny sú tvorené rozsiahlym oblakom, pásmom prachu a plynu. V záverečných fázach hviezdy odhadzujú svoju vonkajšiu obálku, vo výnimočných prípadoch vybuchujú ako supernovy. Supernovy sú nesmierne extrémne výbuchy, ktoré obsahujú veľmi silné žiarenie. Supernovy vznikajú u hviezd s niekoľkonásobne väčšou hmotnosťou ako má Slnko (10 a viacnásobne). Vo hviezdach prebieha termonukleárna syntéza (zlučovanie ľahších jadier do ťažších). V poslednej dobe sa ľudstvo snaží vytvoriť takýto proces aj na Zemi v zariadeniach tzv. tokamak, resp. laserovou fúziou - nasmerovaný laserový lúč na malú plochu látky.



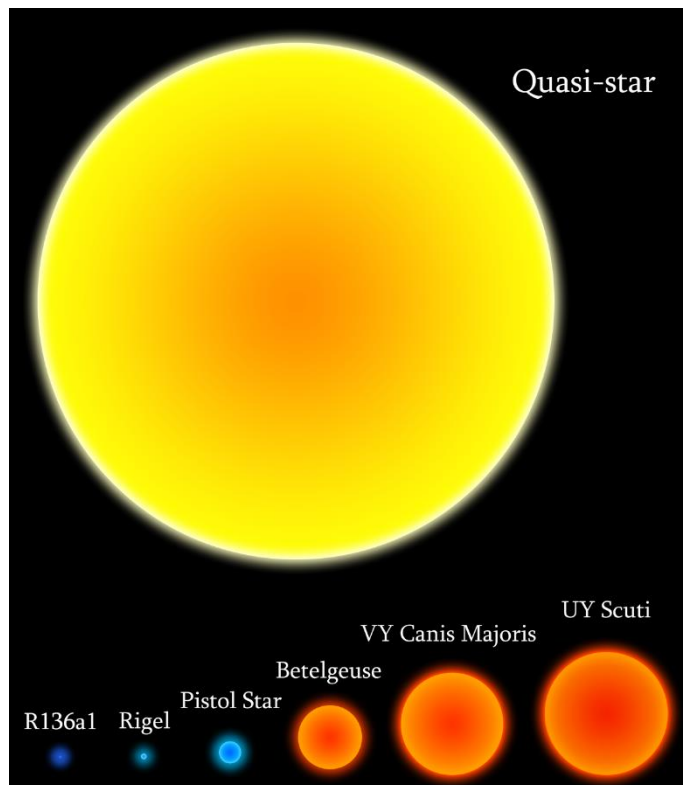
Obr.49 Krabia hmlovina, zdroj: internet.



Hviezdy sa delia podľa rôznych charakteristík:

Hviezdy sa delia podľa spektrálnej triedy, teploty do 10 skupín (W, O, B, A, F, G, K, M, L, T, Y), pričom W má najvyššiu, viac ako 60 000 K (kelvinov), Y má menej ako 550 K.

Jednoducho povedané hviezdy s odtieňom do modra sú veľmi silné, žiariace hviezdy, medzi ktoré patrí napr. aj známa hviezda **Rigel**. Naopak slabšie majú červený odtieň. Medzi červené hviezdy patrí červený trpaslík.



Obr. 50 Príklad veľkých hviezd, zdroj: internet.

### Hustota a magnetické pole hviezd

V hustotách je pomerne veľký rozdiel u hviezd. Od  $10^{-7}$ , po  $10^{15}$  hustoty Slnka. Medzi tie najhustejšie patria neutrónové hviezdy, medzi tie s najmenšou hustotou patria hyperobri. Pre predstavu u neutrónovej hviezdy je taká hustota hmoty, že jedna čajová lyžička by vážila toľko, čo celý veľký kopec na Zemi.

**Niektoré neutrónové hviezdy majú neuveriteľne silné magnetické pole, viac ako  $10^9$  T (Tesla). Takúto hviezdu nazývame Magnetar.**

**Pulzujúce neutrónové hviezdy (rotujúce extrémnou rýchlosťou) nazývame Pulzary.**

### Posledné štádia hviezd

Po spotrebovaní vodíka pre jadrovú syntézu dochádza k zmršťovaniu jadra hviezdy, kde sa naštartuje ďalšia syntéza ťažších atómov. Nastolí sa v hviezde nová rovnováha, hviezda zväčší celkový svoj objem a stane sa z nej červený obor, veľobor. Takéto štádium hviezdy je dosť nestabilné. Jadrová fúzia sa zastaví, keď sa začnú vytvárať v jadre atómy železa. Posledné štádium





je doprevádzané strácaním vonkajšieho obalu, resp. pulzáciou (novy, supernovy). Konečné štádium hviezd závisí od viacerých okolností, no v zásade to môže byť: biely trpaslík, neutrónová hviezda, čierna diera.

*Pre zaujímavosť pri výbuchu supernov vznikajú najťažšie prvky ako je zlato, platina. Všetky tieto prvky pochádzajú z hviezd. Všetci pochádzame z týchto procesov vo hviezdach, každý náš ťažší atóm od vodíka (z predchádzajúcich generácií hviezd).*

### Hnedý trpaslík

To je objekt medzi planétou a hviezdou. V centre hnedého trpaslíka nedôjde k započatiu stabilnej, termonukleárnej fúzie. Hnedý trpaslík nemá proste dostatočnú hmotnosť, aby gravitácia takéhoto trpaslíka naštartovala stabilnú fúziu.

### EXOPLANÉTY



Obr. 51 Exoplanéty, zdroj: internet.

Vlastné planéty má skoro každá hviezda. Planét je obrovské množstvo. Planéty, ktoré sa nachádzajú pri iných hviezdnych systémoch sa nazývajú **exoplanéty**. Nechám na fantáziu čitateľa, aké všelijaké planéty môžu existovať v ich rozmanitom zložení, topológii, farbách. Pre zaujímavosť by mohla existovať napr. diamantová planéta, ktorá je zložená z veľkého podielu uhlíka, pričom tlak a teplota by vytvoril obrovské ložiská diamantov.

Objav prvých exoplanét je nedávny, doposiaľ ich registrujeme niekoľko tisíc. **O tieto objavy sa postaral hlavne ďalekohľad Kepler.** Tieto merania vykonával nepriamo z poklesu intenzity hviezd, keď pred ňou prechádzala planéta.

Hľadanie exoplanét súvisí aj s hľadaním vyspelej civilizácie, ktorou sa zaoberá organizácia SETI.

Exoplanéty sú zaujímavé aj pre budúcu kolonizáciu vesmíru. Najmodernejší a najčerstvejší prírastok pre pátranie **po exoplanétach je ďalekohľad Jamesa Webba.**

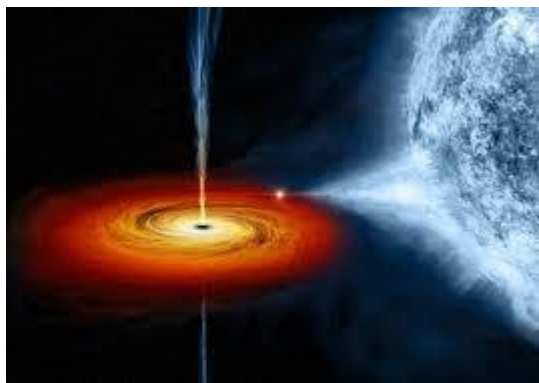
Pre zaujímavosť odkaz:



<https://www.nasa.gov/feature/goddard/2019/a-new-view-of-exoplanets-with-nasa-s-webb-telescope>

### ČIERNE DIERY

V krátkosti prebehnem tieto objekty, ich vznik, charakteristiky. V populárnej aj vedeckej dokumentácii je venované ČD množstvo informácií.



Obr. 52 Čierna diera, zdroj: internet.

Čierne diery vznikajú z masívnych hviezd, ktoré majú oveľa väčšiu hmotnosť, aj veľkosť v porovnaní so Slnkom. V priebehu vývoja hviezd sa jadrovou syntézou vytvárajú ťažšie atómy, z vodíka na hélium, takto postupne až k atómom železa. Táto jadrová syntéza kompenzuje gravitáciu hviezd. V hviezde sa postupne mŕňa vodík na syntézu ďalších atómov, jadrová syntéza sa zastavuje pri železe. Vtedy dochádza k zmršťovaniu hviezd gravitáciou hviezd. Toto zmršťovanie objemu, pokiaľ má hviezda veľkú hmotnosť pokračuje a v určitej kritickej hladine dôjde k výbuchu supernovy, kde sa uvoľní obrovské množstvo energie. Výbuch supernovy je vidieť veľmi ďaleko a v určitý krátky časový okamih je to najsilnejšia žiariaca hviezda v galaxii, ktorú je vidieť aj na obrovské kozmické vzdialenosti. Ak po výbuchu supernovy ostane hviezde aj tak veľká hmotnosť, hviezda gravitačne kolabuje do tzv. čiernej diery. Gravitačii hviezd nemá čo odolávať vo forme protitlaku. Takto vzniká čierna diera hviezdneho pôvodu.

Do dnešného dňa takýchto objektov evidujeme veľmi veľa. Zistili sme, že existujú aj super masívne čierne diery, ktoré sa nachádzajú v centrách galaxií. Sú oveľa hmotnejšie a väčšie, ako čierne diery hviezdneho pôvodu (aj milión krát hmotnejšie). Vznikli po čase spájaním, zrážkou čiernych dier a „kŕmením sa“ v stredoch galaxií, kde sa koncentruje viac hmoty. Super masívne diery majú v svojom blízkom okolí akrečný disk prachu a plynu, ktorý vyžaruje obrovské množstvo energie, vo forme svetla, v rôznych škálach (rádiové, gama žiarenie). V minulosti sme nemali dobre rozlíšenie a pokladali sme akrečný disk v blízkosti super masívnych dier za objekty tzv. kvazary.

Čierne diery delíme podľa veľkosti a vzniku na:

- ČD hviezdneho pôvodu.
- Galaktické ČD.
- Primordinálne ČD (hypotetické mikro diery).
- ČD stredných hmotností (vznikajú spájaním ČD hviezdneho pôvodu).



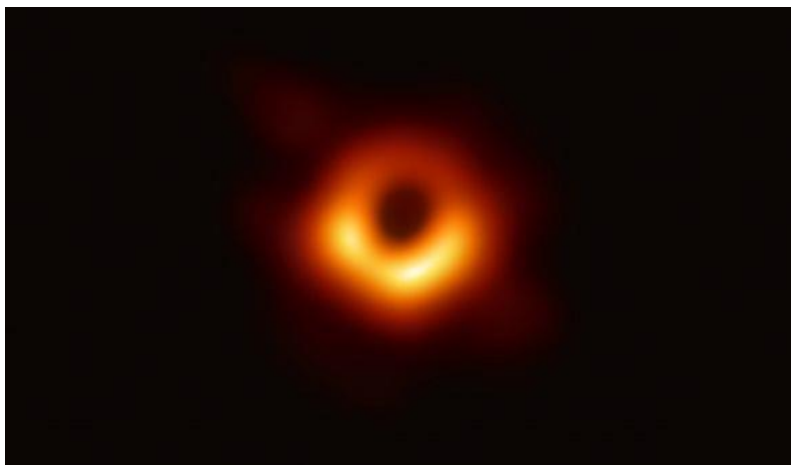
### Metriky čiernych dier

Z hľadiska matematického popisu môžeme metriky rozdeliť na:

- Schwarzschildová metrika (už vysvetlená v kapitole teórie relativity, statická, nerotujúca ČD).
- Kerrová metrika (rotujúca ČD, bez elektrického náboja).
- Reissnerova -Nordströмова metrika (nerotujúca ČD s elektrickým nábojom).
- Kerrová – Newmanova metrika (rotujúca a nabitá ČD).

### Snímok prvej čiernej diery

Nedávno v médiách prebehli informácie s fotkou prvej čiernej diery. Tu je pekne vidieť na okraji ten intenzívny, svetelný, akrečný disk a čiernu sféru v strede (fotónová sféra), pričom horizont udalosti je síce menší, no nie nejak výrazne menší (zhruba  $1/3$  z fotónovej sféry). Fotónová sféra čiernej diery je sféra, kde dráha svetla je uzavretá na kruhovej orbite. Ľudovo povedané ČD zakrivila priestor a čas tak, že svetlo obieha po kruhovej dráhe.



Obr. 53 Galaktická ČD, zdroj: internet.

### Hawkingovo žiarenie

Jedná sa o termodynamický jav čiernej diery. Hawking odvodil vzťah pre vyparovanie čiernej diery. To znamená, že čierne diery by mali postupne strácať energiu. Tento efekt je však veľmi malý. Na vyparenie, zánik čiernej diery by sme potrebovali počkať niekoľko miliárd rokov. Tu je potrebné zdôrazniť, že toto sú neoverené teoretické úvahy. Vyparovanie ČD nedokážeme merať. Pre hypotetické mikro ČD je však čas veľmi krátky.

### Meranie pohybu okolo Sagittáriu A

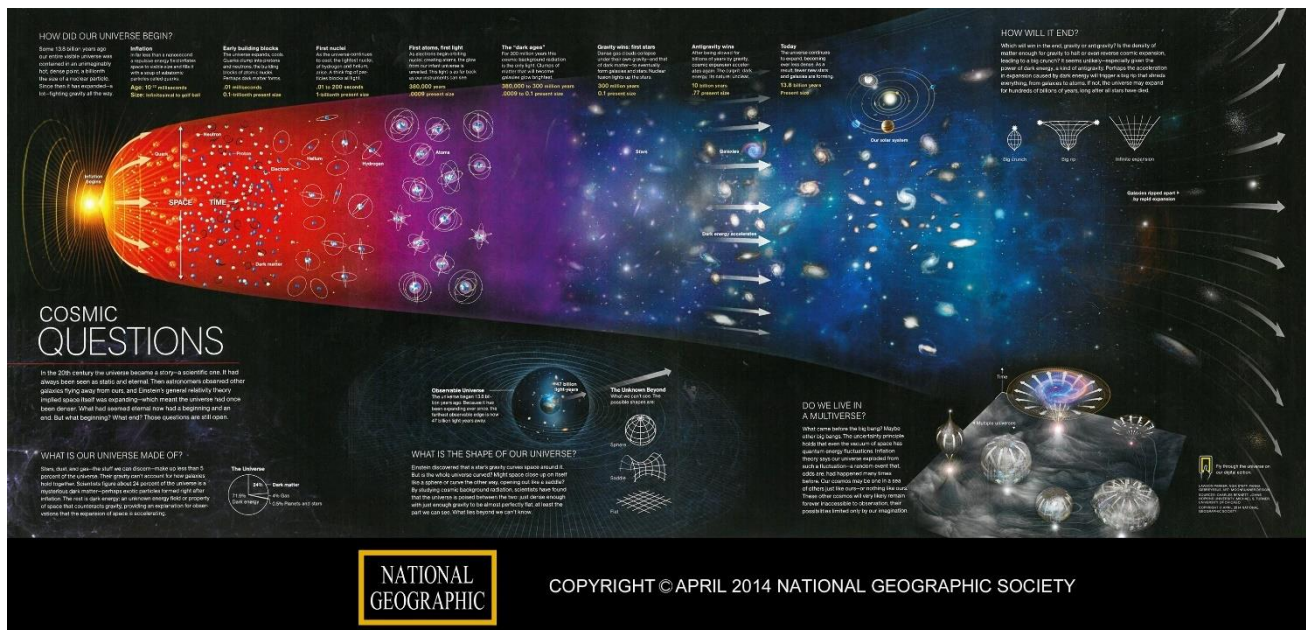
Sagittáriu A je obria čierna diera v strede Mliečnej dráhy (našej galaxie). Vedci pozorujú pohyb v blízkosti ČD nejakého významného objektu, ktorý trením sublimuje na plyn a zanecháva za sebou chvost. Tieto merania vykonáva *Keckov ďalekohľad*. Jedná sa o najlepší a najpresnejší ďalekohľad na planéte. Z pohybu tohto objektu môžu zistiť a lepšie preveriť pohyb v blízkosti Sagittaria A, resp. platnosť metriky pri rotujúcej ČD (pokiaľ im to citlivosť prístrojov dovoľí).



## KOZMOLÓGIA

Kozmológia je oblasť astrofyziky, kde sa **skúma vznik, vývoj vesmíru ako celku**. Táto oblasť sa dynamicky vyvíja v poslednom čase, pretože máme prístrojové vybavenie takej presnosti, ktoré nám umožnilo selektovať rôzne teórie o vzniku a vývoji vesmíru.

Dnes máme poznatky, ktoré zhrňujeme do základnej schémy **štandardného, kozmologického modelu** na obr. 54. Štandardný, kozmologický model vychádza z Fridmanovho riešenia Einsteinovej rovnice vo všeobecnej teórii relativity. Teória relativity je teda neoddeliteľnou súčasťou kozmologického modelu.



Obr. 54 Štandardný, kozmologický model vesmíru, zdroj: internet.

## Evolúcia vesmíru

Na obr. 54 je znázornená **evolúcia vesmíru**, ktorú možno zhrnúť do týchto nasledujúcich udalostí:

1. Vznik vesmíru v čase nula, oblasť dohadov, hypotéz.
2.  $10^{-43}$  sec : (éra SUZY) Planckov čas (termín z kvantovej mechaniky, najmenší nedeliteľný čas). Predpoklad, že sa oddelila gravitačná interakcia z prvotnej prainterakcie. To je oblasť dohadov, hypotéz.
3.  $10^{-39}$  sec : (éra GUT) Existuje oddelená, kvantová prainterakcia GUT (silná, slabá elektromagnetická). V tejto krátkej ére sa odštiepi na samotnú interakciu silná interakcia (to, čo drží jadra atómov, sila medzi kvarkami a gluónmi, sila medzi protónmi a neutrónmi). GUT je na úrovni hypotézy (zatiaľ nepotvrdená). Predpoklad, že vznikali častice X, Y
4.  $10^{-35}$  sec : (koniec GUT). Koniec éry GUT. Dochádza k narušeniu GUT symetrie. Prevláda éra žiarenia. Tu je predpoklad, že dochádza k fázovému prechodu a vesmír sa začne extrémne rozpínať : **tzv. inflačná éra**. Tu by sa mali zároveň generovať silné gravitačné vlny. Na úrovni hypotéz.





5.  $10^{-30}$  sec : (koniec generovania častíc X, Y). V tomto období by mohlo vzniknúť narušenie tzv. CP symetrie.
6.  $10^{-10}$  sec : (narušenie elektro-slabej interakcie). Toto je obdobie, kde sa oddeľuje posledná interakcia elektroslabá na dve samostatné: na slabú interakciu a elektromagnetickú interakciu. Za narušenie sú zodpovedné tzv. Higgsove bozóny.
7.  $10^{-5}$  sec : (Vznik protónov a neutrónov). Poklesla energia kvarkov a gluóny zlepiť do prvých protónov a neutrónov, teda zložených častíc. Končí aj éra tzv. kvark – gluónovej plazmy.
8. 1 sec : (oddelenie neutrín). V tomto období sa oddeľujú neutrína od samotnej látky a prestávajú s ňou interagovať. Táto oblasť je pre budúcnosť zaujímavá, pretože môžeme hľadať reliktné neutrína z tejto doby. Vesmír je stále v ére žiarenia, kde dominuje nad látkou.
9. 5 sec : (anihilácia elektrónu). Vesmír sa znova ohrieva vďaka interakciám elektrónov a pozitronov, kde vzniká žiarenie. Vďaka narušeniu CP symetrie po anihilácii dochádza k redukcii týchto častíc a ostáva oveľa menej voľných elektrónov. Klesá aj počet neutrónov, ich stabilita v čase, bez naviazania sa na protón je krátka.
10. 4 min : (nukleosyntéza). Vytváranie atómových jadier, prvých ľahkých prvkov. Elektróny nie sú naviazané na jadrá.
11. 400 000 rokov : (Naviazanie voľných elektrónov). Obdobie kde vznikajú prvé atómy s elektrónovými obalmi vďaka dostatočnému poklesu teploty. Jedná sa o fázový prechod, kde sa svetlo oddelilo od látky a vďaka naviazaniu elektrónov na atómové obaly, môže svetlo putovať bez toho, aby interagovala s elektrónmi v atómoch. Skončila éra temna. Toto počiatkové elektromagnetické žiarenie sa **nazýva reliktné žiarenie** a dnes má teplotu 2,73 K.
12. 550 000 000 rokov : (prvé hviezdy). V tomto období vznikajú prvé hviezdy. Prvé hviezdy sú veľmi veľké a nestabilné. Ich životnosť, vďaka ich obrovskej hmotnosti je významne menšia, v porovnaní s dnešnými hviezdami.
13. 5 miliárd rokov : (zrýchlená expanzia). Neznámy faktor **nazvaný temná energia** zrýchľuje **expanziu vesmíru**. Ešte donedávna sme si mysleli, že nameriame spomalenú expanziu vďaka gravitačnému efektu látky, ktorá by mala rozpínanie zastavovať. No namerali sme zrýchlenú expanziu.
14. 13,7 mld. : (dnešok). Rôzne štruktúry (galaxie, kopy galaxií, miestne skupiny...) v stredoch galaxií sú obrie čierne diery, hviezdy nových generácií, exoplanéty.

**Poznámka:** Uvedené body obsahujú informácie z tzv. **štandardného modelu častíc**, čo je oblasť z kvantovej teórie. Kvantová teória bude prebraná v neskorších kapitolách. Oddelovanie interakcií a odhadov, čo sa dialo, vychádza zo záverov a merania v hadrónovom urýchľovači častíc CERN a iných. **V nich sa simulujú extrémne podmienky zrážaním častíc obrovských energií.**

### Princípy v kozmológii

- **Kozmologický princíp:** To je predpoklad, že vesmír sa rozpína vo všetkých smeroch rovnako. Tento princíp sa pripodobňuje k fúkaniu balóna. Pokiaľ si naň zakreslíme body, tak všetky vzdialenosti sa počas fúkania zväčšujú. Tento princíp je potvrdený meraním **tzv. Hubblov zákon. Vzdďaľujúce sa galaxie majú červený, spektrálny posun (Dopplerov jav pre svetlo).**

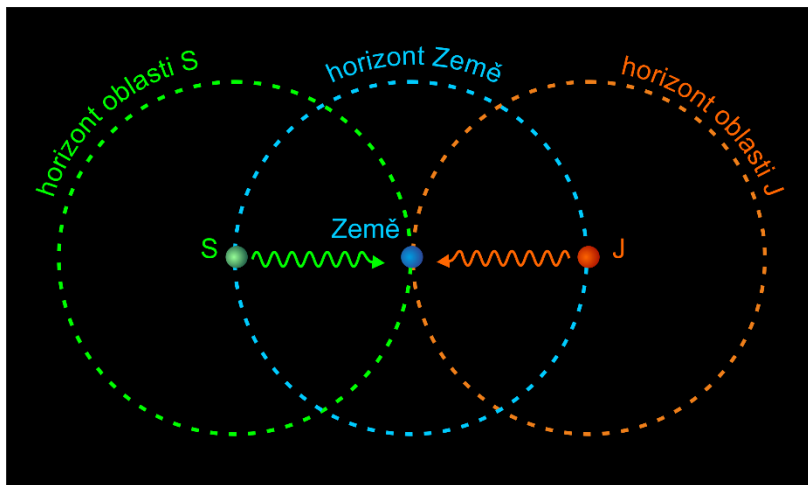


- **Antropický princíp:** To je princíp, ktorý hovorí, že všetky konštanty a parametre vesmíru sú tak presne vyladené, aby umožnili vznik a vývoj života. Poznámka: Toto je podľa môjho názoru **ezoterický princíp** a nič nevysvetľuje.
- **Princíp maxima informácií:** V zmysle našich, súčasných vedomostí nie je možné, aby konečný objem obsahoval nekonečné množstvo informácií. Princíp teda hovorí o limite množstva informácií v konečných veličinách. Tento princíp podporujú závery kvantovej fyziky.
- **Holografický princíp:** Tento princíp sa objavil pri skúmaní čiernych dier v súvislosti s ich entropiou (Hawkingovo žiarenie). Tento princíp súvisí s projekciou informácií zvnútra objektu na svetoplochu, na dvojrozmerný povrch.
- **Princíp kozmickej cenzúry:** Pri popise vesmíru sa v našich teóriách objavujú aj nekonečné veličiny (tzv. singularity). Fyzikálne veličiny však nemôžu mať nekonečné hodnoty, vtedy dochádza k zlyhaniu danej teórie (napr. všeobecnej relativity). K tomuto javu dochádza napr. v centre čiernej diery, či počiatku vesmíru, kde vychádzajú extrapoláciou nekonečné veličiny. Princíp kozmickej cenzúry hovorí o tom, že pokiaľ existujú nejaké singularity, tak pre nás sú nepozorovateľné, zahalené horizontom.
- **Machov princíp:** Tento princíp bol popísaný v kapitole všeobecnej teórie relativity. V skratke ide o tvrdenie, že za zotrvačnosť telies môže všetka látka v okolí aj vzdialenom. Einstein to preformuloval do tvrdenia o gravitácii, kde gravitačné pole je určené všetkou hmotou a látkou vo vesmíre. Hmota a látka tvorí aj deformuje časopriestor vo svojom okolí.

### Pozorovateľný vesmír

Bohužiaľ nemôžeme vidieť celý vesmír, nemôžeme vidieť vesmír ani v súčasnosti. Pre pozorovanie vesmíru na tak veľkých škálach sme limitovaní. Na jednej strane to nie je dobré, no na druhej strane pozorujeme minulosť vesmíru. Svetlo zo vzdialených oblastí vesmíru k nám prichádza oneskorene, vzhľadom na konečnú rýchlosť svetla. **To nám umožnilo vysledovať evolúciu vesmíru k počiatku( k veľkému tresku).**

Na obr. 55 je vysvetlené, že vesmír nepozorujeme celý, ale sme limitovaný **horizontom udalosti viditeľného vesmíru**.



Obr. 55 Horizont udalosti viditeľného vesmíru, zdroj: aldebaran.cz.





### Horúci počiatok (Big Bang)

Z Hubblovho pozorovania červeného posunu galaxií, teda kozmologického princípu je reverzibilne možné tvrdiť, že vesmír bol v úvodných fázach oveľa menší. Ak sa teda rozpína, musel byť v minulosti vesmír menší, čo extrapolujeme do času nula. V zmysle Einsteinových rovníc, Fridmanovho štandardného kozmologického modelu nám vychádzajú singularity. Einstein sa domnieval, že vesmír je stacionárny (nemenný a večný), tak zaviedol do svojich rovníc kozmologický člen. Po Hubblovom triumfe o rozpínaní vesmíru sa Einstein vyjadril, že zaviesť tam konštantu bol jeho najväčší omyl v živote. Zaujímavé je na tom aj to, že jeho **riešenie stacionárneho vesmíru je nestabilné**.

**Dnes rozpínanie môžeme považovať za overený fakt.** Medzi prvých, čo prišli s hypotézou o horúcom počiatku vesmíru bol **Gamow a kolektív**. Vytvorili model vzniku ľahkých jadier a predpovedali, že sa oddelilo svetlo od látky (reliktné žiarenie), ktoré dnes potvrdili sondy (najpresnejšie sonda PLANCK). Ich výpočet bol nevidane presný. Vtedy ich pokladali za bláznov, že chcú hľadať reliktné žiarenie z počiatku vesmíru.

**Big Bang sa rozumie obdobie ranných fáz vesmíru, zhruba po období 400 000 rokov.** Nie je to teda nutné, aby existovala singularita v čase nula, čo je **len neoverená a zrejme aj nesprávna hypotéza**.

### Reliktné žiarenie

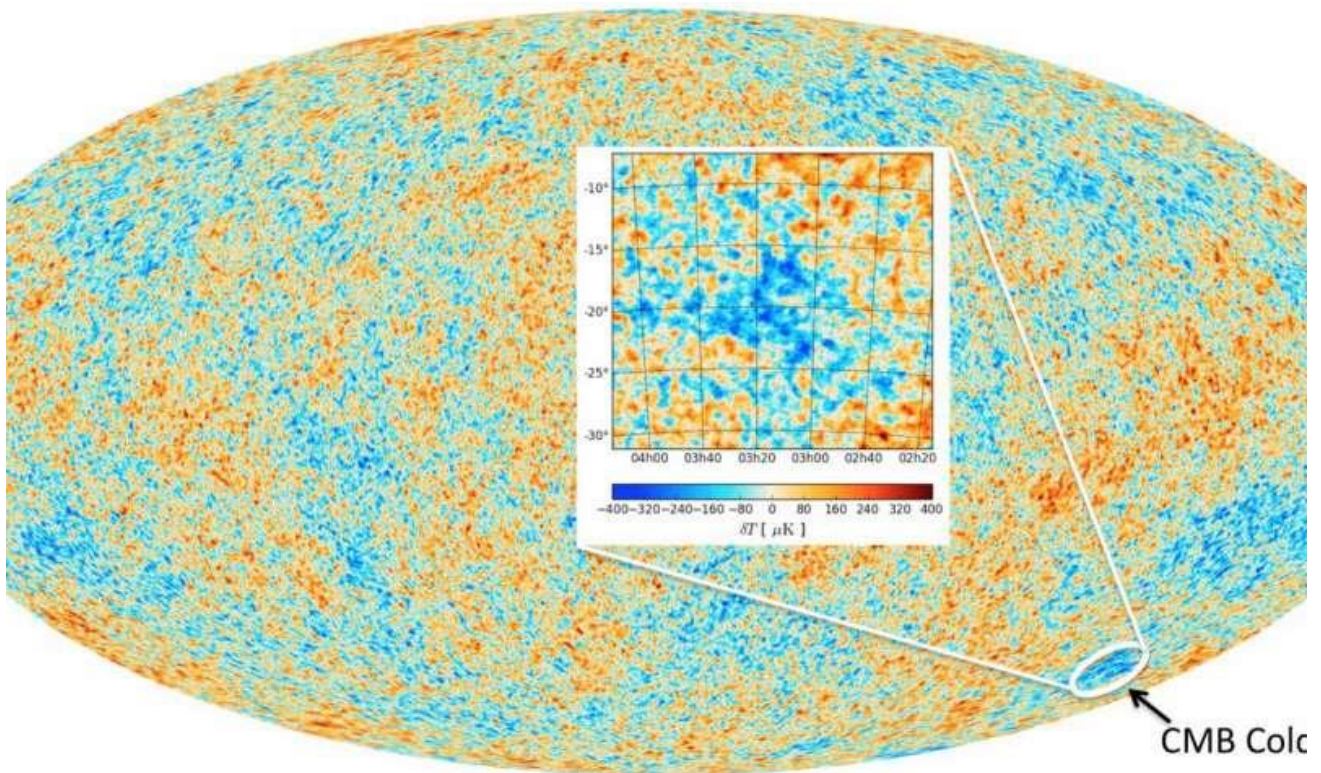
Najdôležitejším zdrojom informácií (v súčasnosti) o vývoji vesmíru je reliktné žiarenie z rannej fázy vesmíru. Reliktné žiarenie vzniká zhruba 400 000 rokov po teoretickom začiatku v čase nula. Vtedy sa **oddelilo svetlo od látky** a začalo putovať vesmírom.

Reliktné žiarenie bolo zachytené náhodne Penzias a Wilson (1965). Na anténe zachytili všesmerový šum. Domnievali sa, že za to môže trus z holubov na anténe. Na prekvapenie po odstránení trusu šum neustal. Vlnová dĺžka reliktného žiarenia je cca 1 mm, čo zodpovedá reliktnému žiareniu (po veľkom tresku) o teplote 2,7 K.

Družica COBE (1989): Prvá družica, čo mala za úlohu zmapovať reliktné žiarenia na oblohe s presnosťou  $10 \exp -3$  v teplote reliktného žiarenia. Zistilo sa, že reliktné žiarenie nie je úplne homogénne. **V reliktnom žiarení dochádza k tzv. fluktuácii. Fluktuácia sú drobné výchylky v teplote reliktného žiarenia.**

Nasledovala presnejšia družica WMAP (2001). Pracovala s presnosťou teploty 20 mikro kelvinov. Z údajov sa mohla prvý krát urobiť frekvenčná analýza (zistiť dôležité parametre vesmíru).

Najvýznamnejší pokrok urobila fenomenálna sonda PLANCK (2009). Táto sonda s teplotnou presnosťou 2 mikro kelvinov, uhlovou presnosťou 5 minút zmapovala reliktné žiarenie vid' obr. 56.



Obr. 56 odfiltrované reliktné žiarenie sondy PLANCK, zdroj: internet.

Po frekvenčnej analýze údajov zo sondy PLANCK sme dostali presnejšie základné parametre pre vesmír:

- Vek vesmíru: 13,8 mld. rokov.
- Doba veľkého tresku : 380 000 rokov.
- krivosť vesmíru: blízko „1“, čo je plochá metrika. Vesmír je teda skoro úplne plochý na veľkej škále. To je dané aj tým, že vesmír je obrovský a sonda nemala dostatočnú presnosť na stanovenie krivosti vesmíru.
- Hubblova konštanta: zhruba  $68 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$  ( $74 \text{ km v sekunde na megaparsek}$ ).
- Vznik prvých hviezd: 550 000 000 rokov po Big Bang.
- Podiel látky 4,8 %, podiel temnej hmoty 25,8%, podiel temnej energie 69,4% v zmysle Fridmanovho modelu.
- Iné, špeciálne charakteristiky.

Z fluktuácii reliktného žiarenia (vďaka nehomogenite) **vznikajú po čase zárodoky látkových štruktúr** (hviezdy, galaxie, väčšie objekty).

### Temná hmota

Americký Astronóm Fritz Zwicky si všimol, že v kope galaxií (vlasy Bereniky) majú jednotlivé galaxie voči ťažisku rádovo vyššie rýchlosti, ako by zodpovedalo gravitačnému zákonu (Newtona).



To by znamenalo, že v kope galaxií **sa koncentruje viac hmoty ako vidíme** z baryonovej hmoty (známa látka).

Neskôr Vera Rubinová merala obchod objektov v galaxií a zistila, že objekty v galaxií, tiež rádovo rýchlejšie obiehajú stred galaxie, ako by mohli v zmysle gravitačného zákona. Zmerali sme dosť veľkú vzorku na to, aby sme usúdili, že **nám chýba nejaká tmavá hmota** (nelátkového pôvodu), ktorá dodatočne pôsobí na galaxie, kopy galaxií, tak aby sa pri obežných rýchlostiach voči centru nerozleteli. Táto **temná hmota** by teda **nemala interagovať elektromagnetickou interakciou** s bežnou látkou.

Veľmi **presvedčivým dôkazom v prospech temnej/ tmavej hmoty je gravitačné šošovkovanie**, viď. obr. 57.



Obr. 57 Gravitačné šošovky vzdialených objektov, zdroj: internet.

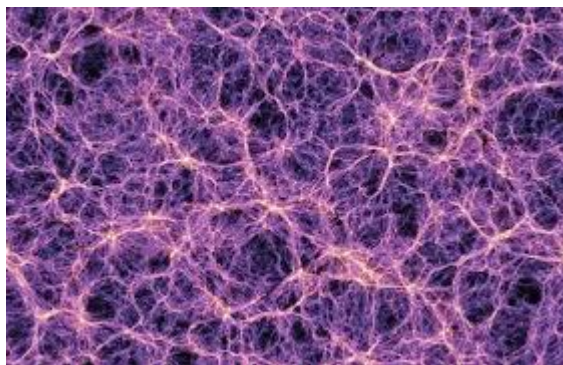
Galaxie majú sústredenú baryonovú hmotu do galaktického disku (skoro v rovine). No gravitačné šošovky **ukazujú zakrivenie času a priestoru do guľoplochy**, okolo týchto objektov, resp. polomer zakrivenia je väčší. Dnes sa snažíme hľadať rozloženie tmavej hmoty prostredníctvom merania gravitačných šošoviek.

Nejakú časť z tmavej hmoty sa dá vysvetliť pomocou objektov MACHO. To sú objekty, ktoré svietia veľmi málo, alebo vôbec (vyhasínajúci bieli trpaslíci, čierne diery, hnedí trpaslíci a pod.)

No intenzívne hľadáme, pomocou niekoľko desiatok experimentov (DAMA/LIBRA, CRESST, CoGeNT a ďalšie), pôvod v nebaryonovej hmote (chladná hmota). Máme aj nejakých kandidátov napr. častice WIMP.

Temná hmota vytvára na veľkej škále pavučinu - sieť jej rozloženia (vrátane nám známej látky) obr. 58.





Obr. 58 Vesmír na obrovskej škále, zdroj: internet.

### Temná energia

Tento fenomén je najzáhadnejším v celej kozmológii (okrem počiatku vesmíru). Vieme o tomto fenoméne pomerne málo. No vieme, že existuje z pozorovaní Perlmuttera a Riessa. Tí zistili v roku 1989, že vesmír **expanduje zrýchlenu expanziou**. Všetci si mysleli, že rozpínanie sa bude zastavovať v dôsledku gravitačného pôsobenia. No nedeje sa tak.

Tento fenomén **zodpovedný za rozpínanie vesmíru sa nazval temná energia**. Dnes sa uvažuje, že by to mohlo byť :

- Dôsledok pôsobenia vákuových polí.
- Nová interakcia nazvaná kvintesencia: (nová silová interakcia, resp. pole).
- Všeobecná relativita nepopisuje správne gravitačnú interakciu, na tak obrovských škálach vesmíru.

**V zmysle EDQ teórie je v nasledujúcej kapitole uvedená nová hypotéza o príčine temnej energie, aj o možnom „počiatku, zrode vesmíru“.**

### Problémy štandardného, kozmologického modelu

Problémy modelu možno zhrnúť do týchto bodov:

- Problém počiatkovej singularity : V zmysle Fridmanovho modelu v počiatku  $t=0$  vychádzajú nekonečné veličiny, čo je porušenie kozmologického princípu. Zároveň tento model neuvažuje s kvantovými vlastnosťami, ktoré sú pri tak extrémne malých rozmeroch a hustých poliach veľmi výrazné.
- Problém plochosti vesmíru : Pokiaľ má vesmír menšiu ako kritickú hustotu, bude sa rozpínať donekonečna (záporná krivosť vesmíru). Pokiaľ má vesmír hustotu väčšiu ako kritickú, dôjde nakoniec k zmršťovaniu vesmíru (kladná krivosť vesmíru). Sonda Planck nám však ukázala, že krivosť vesmíru je blízko 1. **No toto meranie nie je dostatočne presné na rozhodnutie o možnej krivosti vesmíru. Taktiež aj o osude vesmíru.**
- Problém horizontu : Tento problém poukazuje na vysokú homogenitu vesmíru z merania sondy Planck, no zároveň ak sa vesmír v počiatkových fázach rozpínal oveľa viac ako je rýchlosť svetla, kúsky vesmíru nemohli medzi sebou komunikovať. Tento problém rieši **tzv. inflačná fáza vesmíru** od Alana Gutha. Vesmír sa krátko po čase nula (teoretický počiatok) niekoľko násobne zväčšil v extrémne krátkom čase. Predtým, ako sa takto extrémne rozopol, časti vesmíru medzi sebou



interagovali. *Dnes už existujú aj nové inflačné scenáre*, ktoré niektoré otázky riešia, no naskoľujú nové problémy. Do podrobnosti nejdem zabiehať z dôvodu náročnosti problematiky.

- Prečo nepozorujeme vo vesmíre antihmotu.
- Prečo sú práve tri priestorové dimenzie a jedna časová.
- Problém vyladenia fyzikálnych konštánt : To je veľmi zaujímavé, že konštanty sú tak presne vyladené, aby mohol existovať vesmír v takej podobe ako ho pozorujeme. Tú sú hypotézy o tom, že za to **môže Multiverzum** (teda existuje obrovské množstvo vesmírov), kde sú iné podmienky, hodnoty, potom je aj veľká rozmanitosť vesmírov.
- Ďalšie nezodpovedané otázky.

## Záver - Kozmológia

Prebrali sme ďalšiu rozsiahlu oblasť, aby nasledujúce kapitoly boli zrozumiteľné. **Vesmír je neuveriteľne zaujímavý a rozmanitý**. V zmysle EDQ teórie sa spoločne pokúsime formulovať nové hypotézy v súvislosti s otvorenými otázkami v kozmológii. Pôjde predovšetkým **o hypotézu temnej energie a vzniku vesmíru**.



# Kapitola 8

## EDQ teória a kozmologické hypotézy





### Úvod – EDQ teória a kozmológia

Skôr, ako sa pustíme do nových, kozmologických hypotéz, potrebujeme zdefinovať a vysvetliť ďalšie postuláty v EDQ teórii. **Tieto postuláty sú potrebné, aby EDQ teória bola kompaktná vo všetkých oblastiach, vrátane kozmologických otázok.** V tejto kapitole sa budeme venovať hlavne vzniku vesmíru (problémy so vznikom vesmíru), temnej energii ako fenoménu, čo rozpína vesmír, niektorým ďalším otázkam s presným nastavením fyzikálnych konštánt vesmíru.

### Priestor a čas v EDQ teórii

Zhrnieme si hypotézy (v súvislosti s priestorom a časom), ktoré boli napísané v kapitole 6 - Nápady k nevyriešeným otázkam teórie relativity.

#### Hypotéza č.1:

**Jeden absolútny časopriestor nášho vesmíru vytvárajú samotné, hmotné objekty(aj samotné vákuum). Tieto hmotné objekty vytvárajú prirodzené, viazané sústavy (napr. galaxie) prostredníctvom fyzikálnych interakcií (silná, slabá, elektromagnetická gravitačná).**

**Všeobecná teória relativity opisuje tento jeden absolútny časopriestor (vesmír) z rôznych úrovní pozorovateľov (vzťažných sústav), pričom tieto úrovne sú objektívne, existujú a sú si vzájomne rovnocenné. Matematicky je teda možné transformovať tento absolútny časopriestor ako funkcie (projekcie) do vzťažných sústav. To by potom zodpovedalo relativnosti času a priestoru v zmysle všeobecnej relativity. V teórii relativity má absolútnu vlastnosť priestoročasový interval, ktorý je potom funkciou do vzťažných sústav, pre veličiny  $t, x, y, z$ .**

#### Hypotéza č.2:

**Zotrvačné účinky pohybujúcich sa objektov v časopriestore sú dôsledkom zmeny sklonu línie súčasnosti samotného časopriestoru. Aktér zmeny línie súčasnosti, sklonu línie súčasnosti bude pociťovať zotrvačné sily, účinky.**

#### Hypotéza č.3:

**Zotrvačné účinky vznikajú fyzikálnymi interakciami (s prirodzenou sústavou), predovšetkým tými, ktoré vytvárajú objektom zotrvačnú hmotnosť. Do tejto kategórie musíme zahrnúť aj Higgsove pole (Higgsov bozón).**

#### Hypotéza č.4:

**Predpokladajme teraz, že priestor nie je úplne spojitý ako kontinuum, ale predstavme si ho ako sieť diskretných bodov. Takýto priestor nazvime diskretný priestor, viď. obr.46. Na obrázku je nakreslená diskretná plocha „ $x, y$ “, no to isté urobíme aj s rozmerom „ $z$ “.**



Obr.46 Schematické znázornenie diskrétného priestoru v EDQ teórii: 2 dimenzie, zdroj: vlastný obrázok.

V EDQ teórii už máme definované niektoré postuláty v súvislosti s teóriou chaosu (5 postulátov). Postupom času sa ukázali ďalšie súvislosti na vytvorenie ďalších postulátov tejto teórie. Teraz sa dostávame k ďalším postulátom, ktoré zakomponujú aj teóriu relativity.

### **Postulát č.6 (EDQ teória):**

**Priestor v EDQ je súbor vlastností rozmeru  $x, y, z$ , základných, nedeliteľných, diskrétnych elementov reality. Tieto elementy nazveme kvantové struny. Priestor je entita, ktorú vytvorili všetky, základné elementy reality (kvantové struny). Samotný priestor spojite obopína neexistencia (úplná prázdnota). Úplná prázdnota, neexistencia nemá žiadne vlastnosti, ani vlastnosti rozmeru  $x, y, z$ .**

### **Postulát č.7 (EDQ teória):**

**Látka a pole je súbor vlastností (vrátane emergetných) základných elementov reality. Evolúciou vznikli zložitejšie usporiadania základných elementov reality (teda samotného priestoru), ktoré dnes vo fyzike nazývame látka. Fyzikálne polia sú prejavom vzájomnej interakcie látky. Interakcia prebieha prostredníctvom elementov reality (kvantových strún), resp. ich vlastností.**



Tento postulát hovorí o tom, že evolúciu by sme mali chápať ako evolúciu toho najzakladanejšieho. **To najzakladanejšie vo vesmíre je samotný priestor.** Evolúcia teda prebieha už od samotného priestoru. **Elementy priestoru tvoria látku a fyzikálne polia.**

**Toto je naozaj veľmi podstatné. V dnešnej fyzike to tak vôbec nie je. Priestor je tu síce entita, ktorá má nejaké vlastnosti (rozmer, deformáciu v zmysle VTR), no nie je hlbšie definovaná. To isté platí aj s definíciou času.**

O čase:

Pri definovaní času zohľadníme všetky platné relativistické efekty. Čas je prepojený s priestorom v časopriestore. **To znamená, že chod času nie je absolútny a jeho plynutie súvisí s pohybom v priestore. To je kľúčové v teórii relativity. No chýba tu vysvetlenie, čo to vlastne ten čas reprezentuje.** Ďalšie kľúčové tvrdenie je, že minulosť, prítomnosť a budúcnosť tvoria časopriestorové kontinuum a existujú paralelne vedľa seba. To znamená, že minulosť a budúcnosť existuje súčasne s prítomnosťou.

**Postulát č.8 (EDQ teória)**

**Plynutie času v EDQ teórii reprezentuje vnútorný pohyb elementov (kmitanie kvantových strún) v lokálnej oblasti priestoru. Kvantové elementy neprestanú vykonávať vnútorný pohyb v zmysle nulových kmitov kvantovej fyziky (fluktuácia vákua). Čas reprezentuje odvoditeľnú funkciu takéhoto pohybu v lokálnej oblasti priestoru (strednú hodnotu). Mikrosvet (v zmysle evolúcie vesmíru) prostredníctvom emergencie vymedzil šípku času pre makrosvet - z minulosti smerom do budúcnosti. Čas v EDQ teórii je abstraktný objekt (funkcia odvoditeľná z oscilácii elementov), ktorý existuje v zmysle minulosti, prítomnosti, budúcnosti paralelne vedľa seba. Každá udalosť vo vesmíre prislúchajú tri priestorové súradnice a jedna časová. V EDQ teórii čas ani priestor nevznikol z ničoho. Čas a priestor tu vždy bol ako príčina existencie všetkého. Postulát č.8 integruje platnosť vzťahov všeobecnej relativity, vzhľadom na pohyb vzťažných sústav, ako aj chod času vzhľadom na gravitačný potenciál.**

Poznámka: Všetci sme naučení, že telesá sa pohybujú v priestore, ktorý nie je ničím tvorený (presnejšie by to malo znieť tvorený látkou). To vnímame ako prázdnotu. V EDQ to je trochu inak. Samotný priestor je tiež tvorený kvantovými strunami. Látka je iba zložitejšia forma, konfigurácia týchto strún. Trocha to pripomína tzv. éter. **V minulosti sme si mysleli, že existuje éter.** Lenže to viedlo k tomu, že telesa pohybujúce sa v takomto éteri by spomaľovali, že by ich ten éter brzdil. To je klasická predstava o éteri. Mikrosvet má iné pravidlá v tom, že brzdenie je dôsledok interakcie (fyzikálne interakcie). Poznáme 4 interakcie. Pokiaľ však telesá (látka) interaguje iba nepatrne s kvantovým poľom strún (v zmysle ich brzdenia), to brzdenie by sme nenamerali.

Tieto postuláty vychádzajú z poznatkov a záverov modernej vedy. Diskrétné vlastnosti, nedeliteľnosť vychádza hlavne z kvantových vlastností, úvahy o nekonečne, kde dodržiujeme kozmologický princíp. Ďalšie vlastnosti vychádzajú z pozorovaní evolúcie vesmíru, teda kozmológie, kde sme spojili teóriu chaosu a komplexných systémov s evolúciou do jednotného celku. Zároveň pri definícii postulátov dodržiavame zistenia zo všeobecnej teórie relativity (najmä časť o prepojení času a priestoru, zakriveniach priestoru, ktoré postuláty EDQ teórie umožňujú).



### POČIATOK VŠETKÉHO

Skôr, ako sa dostaneme k hypotéze EDQ teórie o vzniku vesmíru vysvetlíme v čom spočívajú problémy súčasného, kozmologického modelu. Existujú samozrejme aj alternatívne hypotézy vzniku vesmíru, ktoré si tiež zbežne preberieme.

**Ústredný problém štandardného, kozmologického modelu je práve samotný, singulárny počiatok.** Ak by sme pripustili takýto scenár nastali by nám dve zázračné veci.

1. Nekonečné hodnoty na počiatku.
2. Vznik vesmíru z ničoho.

Za týchto podmienok nás to vedie **na logicky, konfliktné situácie**. Pokiaľ sme nikdy nevideli (nevieme si to ani predstaviť, vysvetliť), aby niečo (celý vesmír) **vznikol z ničoho**, navyše **z nekonečných veličín**, potom **nie je žiaden dôvod si myslieť**, že by sa toto odohralo v minulosti pri zrode. V prírode sme žiadne nekonečné veličiny neobjavili, ani sme **nevideli zázrak** porušenia zákona zachovania energie. Myslím tým, že by nám nejaká **energia vzišla úplne z ničoho**.

Súdny človek chápe, že takáto predstava **vedie na zázrak stvorenia**.

### Súčasná hypotéza vzniku vesmíru



Obr. 47, Boh Tanvir, zdroj: internet.

Nejdem rozpisovať rozsiahle úvahy, ktoré predchádzali súčasným hypotézam, ale rovno ich napíšem:

- V zmysle náboženstva stvoril vesmír Boh: to je náboženská predstava.
- Big Bang – vesmír vznikol spontánne z ničoho, počiatok je singularita, následne obdobie prudkého rozpínania vesmíru - inflácia. Tento model je štandardný, kozmologický model vesmíru.



- Ekpyrotický vesmír – cyklický vesmír, opakuje sa Big Bang a zánik vesmíru, teórie brán – multivesmír, stret dvoch vesmírov membrán spôsobuje Big Bang – strunová hypotéza.
- Alternatívne hypotézy – vznik vesmíru z čiernej diery.

### Analýza hypotéz

Podme rovno k tomu, či vysvetľujú samotný vznik? Hypotézy samotný vznik nevysvetľujú bez rozporov, či úplne. Prečo je tomu tak?

Pri Inflačnej teórii Big Bangu (štandardný, kozmologický model) nastáva popis, až po tom ako vesmír začal, teda krátko po čase  $t=0$ , nevysvetľuje, ako a prečo vesmír povstal, začal existovať. Nevysvetľuje, ako a z čoho vesmír vznikol. Dôležitý detail je to, že naše fyzikálne zákony **v singularitách nefungujú. Takže minimálne to môžeme uzavrieť na nejaký Planckový objem a nie singularitu, už aj z dôvodu, že pre popis pri Planckových škálach musíme použiť aj kvantovú fyziku, nie len VTR.** No tzv. teóriu všetkého nemáme. Máme nádejného kandidáta, to sú strunové teórie, resp. teóriu superstrún (M – teóriu).

Pri náboženskej predstave to zas nie je možné nijak vedecky preukázať, **neexistuje vedecká evidencia v prospech tejto hypotézy.**

Pri Ekpyrotickej teórii sa vznik len posunul na stvorenie multiverza, ktoré obdobne **nedokáže nijak vysvetliť vznik multiverza.** Prečo a ako vznikol multivesmír, resp. z čoho? **Odpoveď neexistuje.**

Samotný Hawking (veľký popularizátor vedy) sa snažil vznik vysvetľovať na príklade vykopanej jamy. Je to podobné, ako hra s kladnými a zápornými číslami. Teda jeho úvaha je tá, že keď pripočítame kladné číslo ku zápornému číslu dostaneme nulu, teda nič. Hawking hovorí, že vesmír mohol vzniknúť tak, ako keď rozdelíme nulu na dve čísla ( $-1+1=0$ ).

To je úsmevné, pretože okrem toho detailu, že potrebujeme **akýsi protipól vesmíru**, táto skôr matematická abstrakcia nie je dobrá, pretože aj záporné čísla sú niečo (teda vznikli čísla z ničoho, pričom sú niečo), celkovo považujem takéto prirovnania za nešťastné.

**Takto vesmír nemohol povstať, z ničoho, z prázdnoty (ničoty, neexistencie), lebo to odporuje zákonu zachovania energie, odporuje to najzakladanejšej logike vecí: ničoho a niečoho.** Minimálne je táto predstava neuchopiteľná, keď zjemníť kritiku na adresu týchto teórii.

### Ako z toho von?

Pozrime sa, čo hovoria predstavitelia božstva, na otázku kto stvoril Boha? Odpoveď je, že Boh existuje, bol, aj bude navždy, teda existuje mimo čas, teda hovoria vlastne v zmysle večnosti, čo splňuje cyklická predstava (na spôsob kružnice). Pokiaľ z toho dáme bokom Boha, dostaneme toto: **Vesmír nemá absolútny začiatok, ani koniec a je cyklický, teda čas a priestor nebol stvorený, vždy existoval, začiatok je len zadaná fáza vo vývoji vesmíru, kde jeden vesmír zaniká, druhý vzniká.** Toto obsahuje postulát č.8 EDQ teórie.





### MULTIVESMÍR



Obr. 48, Schematický obrázok multivesmíru, zdroj: internet.

Multivesmír alebo meta-vesmír je hypotetický súbor viacerých možných vesmírov (vrátane historického vesmíru, v ktorom žijeme), ktorý pozostáva zo všetkého, čo existuje a môže existovať: obsahuje všetok priestor, čas, hmotu, energiu a aj fyzikálne zákony a konštanty, ktoré ich definujú.

Čo nás privádza k tomu, že by mohol existovať multivesmír?

1. Presné nastavenie fyzikálnych konštánt, teda konkrétna podoba vesmíru.
2. Strunové teórie predpovedajú ďalšie rozmery, brány- Matematický formalizmus strunových teórii nás k tomu vedie.
3. Mnohosvetová interpretácia kvantovej mechaniky: vysvetlenie podivnosti kvantového sveta v zmysle, že sa realizujú všetky možnosti v iných vesmíroch.

***Multivesmír teda môže vysvetliť vznik nášho vesmíru, no nie z ničoho, ale príčinou je transformácia energie jedného vesmíru na vytvorenie nového.***

Odhliadnuc od superstrunovej teórie sú dobre dôvody na to aj v EDQ teórii. Tieto dôvody sa dajú zhrnúť takto:

- Vesmír podlieha evolúcii, neexistuje len biologická evolúcia, ale evolúcia celého vesmíru : teda vesmír sa mení s postupujúcim časom.
- Pokiaľ vesmír podlieha evolúcii, tak podliehajú evolúcii aj počiatočné nastavenia kvantových strún – teória EDQ (tu sa rozumie, kvantové struny, pohyb strún, plynutie času , fyzikálne interakcie ...).





- Dobrý dôvod teórie superstrún a to v zmysle, že konkrétna podoba vesmíru, konkrétne fyzikálne zákonitosti s presne nastavenými fyzikálnymi konštantami (v spojitosti s evolúciou) vedú na rôzne vesmíry, ten náš ich má práve takéto, ale existuje mnoho vesmírov, ktoré ich majú nastavené trochu inak.

**No EDQ teória pripúšťa aj možnosť, že vesmír je len jeden (uzavretý sám do seba),** pričom vesmír sa nevyvíja, kým sa evolučne (v zmysle teórie chaosu) **nevytvorí možnosť, ktorá umožní nejakú zmenu vo vesmíre.** To sa vo fyzike nazýva **fázová zmena.** Treba si to predstaviť tak, že pokiaľ nevznikne nejaká nová fyzikálna interakcia (napr. elektromagnetická) sa neoddelí zo zjednocujúcej interakcie. **Teda vesmír vytvára nejaké evolučné skoky, konštanty sa nastavujú tak, aby to fungovalo a mohol sa vyvíjať ďalej. Tým by sa tiež dala vysvetliť konkrétna podoba vesmíru. My existujeme v tejto realite a nevidíme inú.**

## EDQ hypotéza vzniku vesmíru

Kto stvoril vesmír? Vznikol vesmír? Odpoveď na tieto otázky sa bez vyššej entity zdá jednoznačná a to táto:

**Vesmír nevznikol, vždy tu bol ako trvalá existencia, to čo vnímame ako vznik je dané šípkou času.** Vnímame vesmír ako vzniká, evolučne sa vyvíja, pričom súčasne existuje vo všetkých časoch zároveň.

Pokiaľ majú byť integrované všetky spomenuté postuláty a hypotézy súvisiace s EDQ teóriou, potom dospeje k tomu, že vesmír má tieto možnosti:

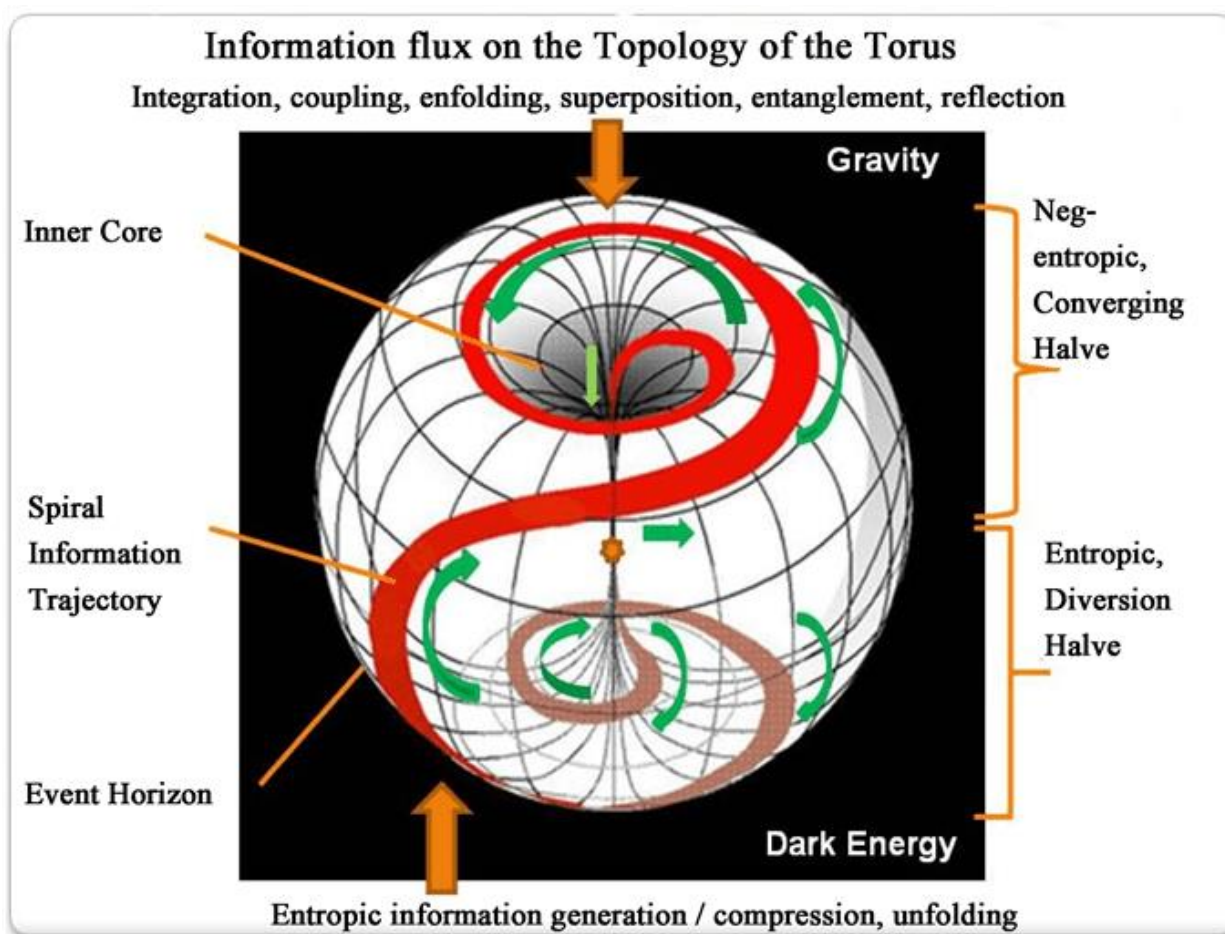
Kozmologické hypotézy v súvislosti s EDQ teóriou:

1. **Vesmír je cyklický, uzavretý sám do seba, pričom je možné takto vytvoriť aj multivesmír.**
2. **Multivesmír môže vytvárať jeden cyklický vesmír v čase. Tým jednoznačne EDQ teória hovorí, že osud vesmíru je daný. Vesmír vznikne, vyvíja sa a zanikne, aby vytvoril vesmír nový, ktorý oddeľuje šípka času.**
3. **Nie je vylúčené, že takýchto vesmírov je viac, vzájomne prepletených, prostredníctvom kvantových, červých dier. Pričom ako celok (multivesmír) je uzavretý sám do seba.**

Nie je celkom zrejme, či neexistuje niečo, čo nedovolí vytvoriť takúto opakujúcu sa novú, časopriestorovú realitu, pre viac ako jeden vesmír. Z pohľadu EDQ teórie však nie je nutné, aby bolo vesmírov viac **z dôvodov nastavenia fyzikálnych konštánt, či konkrétnej podoby vesmíru,** aspoň nie v zmysle jedinej možnosti (teda, že bez multivesmíru by sa tie konštanty nenastavili).



### Model uzavretého, cyklického vesmíru



Obr. 48 Model uzavretého, cyklického vesmíru, zdroj: internet.

Tento schematický obrázok vystihuje podstatu toho, ako by to mohlo fungovať na báze uzavretia **vesmíru do samého seba v jednej sfére**. Big Bang je vytvorený bielou dierou, kadiaľ cez **kvantové červie diery** putuje hmota (vrátane samotného priestoru) z čiernej diery na konci času vesmíru. **Teda jedná sa o model, kde vesmír nutne končí v super - masívnej, čiernej diere. Tu nám okamžite vzíde aj odpoveď na temnú energiu.**

No najskôr, pretože to nie je celkom jednoduché vysvetliť, začnime s objasnením, čo by to mohla byť kvantová, červia diera.

### KVANTOVÁ, ČERVIA DIERA

V zmysle VTR existuje principiálna možnosť vytvoriť červiu dieru. V kapitole o teórii relativity je popísané, čo je červia diera. Einsteinova rovnica pripúšťa riešenie s červými dierami. Problémy vyvstávajú so stabilitou červej diery, prípadne prechody cez singularity (úzke hrdlo červej diery).

**No vo všeobecnej relativite nie sú zahrnuté kvantové efekty, ktoré sa prejavujú pri malých rozmeroch. Čo nahustená hmota do maličkého objemu splňuje.**

Kvantová, červia diera by mala takto opraviť nesprávne predikcie. Myslím tým nepripustenie singularity. To obmedzenie je dané princípom neurčitosti v kvantovej mechanike.



Ospravedlňujem sa, že používam pojmy z kvantovej fyziky skôr ako boli vysvetlené. Tieto pojmy, vzťahy sú vysvetlené v kapitole kvantová fyzika.

No zatiaľ nemáme **teóriu kvantovej gravitácie**. Už som spomenul, že máme nádejné superstrunové teórie, ktoré sa snažia nájsť prepojenia, lenže **potrebujú na to dodatočné zvinuté dimenzie priestoru**.

**EDQ teória neposkytuje žiaden nový, matematický aparát**, pretože jej účelom je to **konceptuálne zjednotiť**, pričom poskytnúť možnosti na objasnenie rôznych záhad v spomínaných teóriách (evolúcia, teória chaosu, teória relativity, kvantová fyzika).

Takže kvantová, červia diera vychádza z týchto dôležitých zistení:

- Časopriestor z VTR je primárne vytvorený na všetkých škálach, (prítomnosť, budúcnosť, minulosť) **existujú paralelne vedľa seba**.
- Šípka času ukazuje tok času. To je nám dobre známe aj z bežných skúseností, prítomnosť sa stane minulosťou a šípka času smeruje k budúcnosti. Tu ešte pripomeniem, že toto je naozaj nevyriešená záhada, prečo je tomu tak. No táto šípka ukazuje, nastavuje aj kauzalitu, resp. kauzalita nastavuje smer šípky času (toku času).
- Vychádza z kvantového správania, princípu neurčitosti, vlnovo – časticovej duality.
- Vychádza z kvantového previazania **a hlavne kvantového tunelovania**.
- Pripúšťa sformovanie sa vírov priestoru a času (napr. v čiernych dierach).



Obr. 49 Tornádo, zdroj: internet.

V kvantovej, červej diere by teda mohlo dôjsť k sformovaniu víru podobného ako sa tvorí v atmosfére, s tým rozdielom, že by šlo o časopriestorový vír.

**Prostredníctvom kvantového tunelovania by sa struny vďaka obrovskej energii v čiernych dierach mohli pretunelovať do inej časti časopriestoru.** Tento efekt by bol zrejme možný cez vznikajúci časopriestorový vír, resp. štatisticky by mohli miznúť aj bez víru. **To je teda spôsob, ako by sa dostali z budúcnosti vesmíru do minulosti, teda aj proti šípke času.**

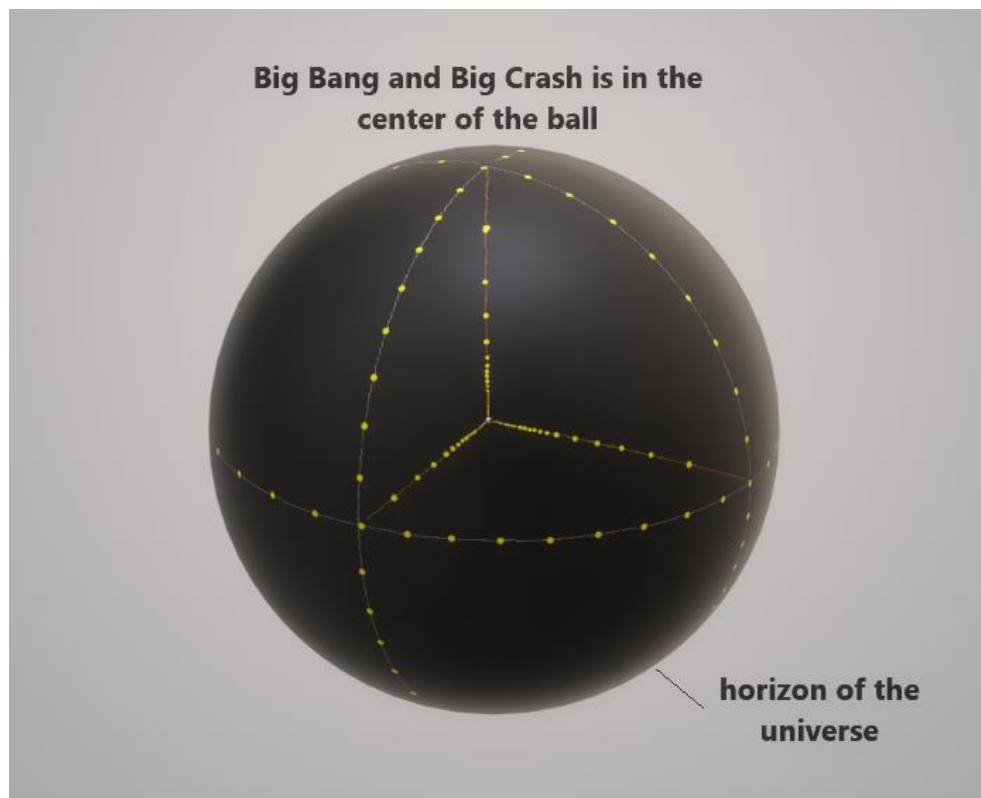


### Poznámka:

Kvantové tunelovanie je zistený merateľný fakt, častice nám tunelujú na krátke vzdialenosti, čo by bol problém. No existuje **nenulová pravdepodobnosť tunelovania aj na väčšie vzdialenosti** (to hovorí aparát kvantovej fyziky). Otázka ostáva, či dokážeme zistiť a či je to principiálne možné, aby nám základné častice (kvantové struny priestoru) sa pretunelovali aj v čase.

### BIG BANG -BIG CRASH

Vráťme sa teda k modelu uzavretého vesmíru na sfére.



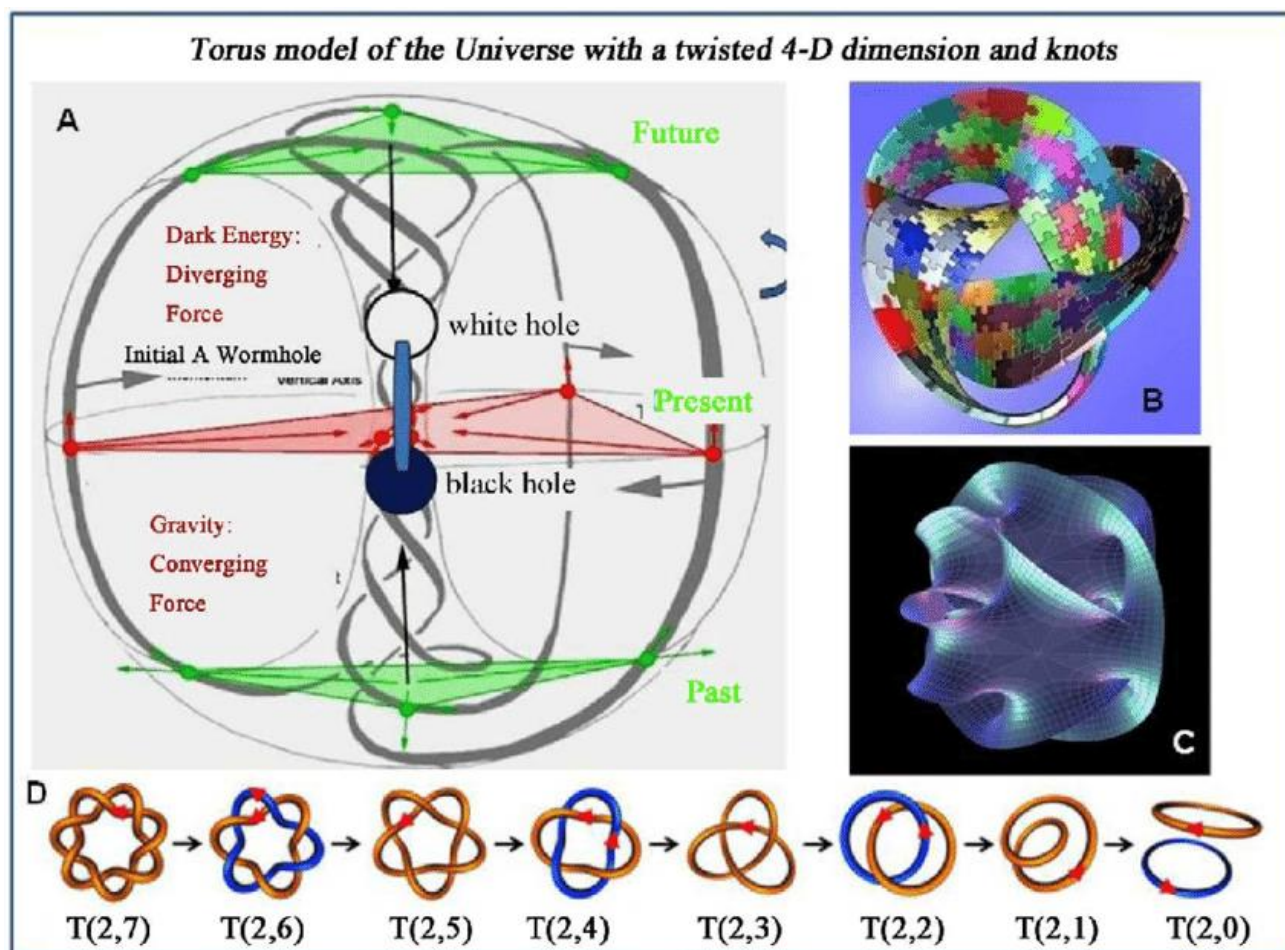
Obr. 50 Model sféry vesmíru, zdroj: vlastný obrázok.

Teória EDQ predpokladá, že Big Bang je obrátená čierna diera- zvaná biela diera. V EDQ teórii je vesmír uzavretý sám do seba a nepotrebuje nutne multivesmír. Kozmologická hypotéza teda predpokladá, že Big Bang a Big Crash je spojený v jednom mieste. Toto nazveme stred, či uzol počiatku a konca vesmíru. Počiatok a koniec je už „napísaný“ v zmysle všeobecnej relativity.

***Vesmír je vo všetkých, svojich časoch zároveň. To, čo pozorujeme je vývoj v čase s danou šípkou času.***

Na obrázku č. 51 je tento moment znázornený. Na obrázku č. 51 je posunutie, no treba to brať tak, že je to presne v tom istom mieste. Čierna a biela diera tu vytvorili **červiu diery (wormhole)** tej najväčšej veľkosti, cez ktorú dochádza k vzniku, ale aj zániku vesmíru zároveň. ***Kozmologická hypotéza predpovedá aj menšie červie diery, cez ktoré prúdi samotný priestor (priestor tu je akoby tekutý) do inej oblasti vesmíru. Tento fenomén by potom vysvetlil temnú energiu.***





Obr. 51 Model uzavretého vesmíru, strunové predstavy, zdroj: internet.

Na obr. 51 je vnorený diagram schémy vesmíru, to je diagram spojenia času a priestoru. Upozorňujem, z hľadiska priestoru takto vesmír nevyzerá. **Z hľadiska priestoru sa totižto nachádzame na jednom a tom istom mieste.** Biela diera- Big Bang splynie v jedno a to isté miesto s čiernou dierou – Big Crash obr. 50 (pre pochopenie nasledujúceho obrázku je potrebné si prečítať kapitolu: Nápady k nevyriešeným otázkam TR).

V okamihu, kedy započala šípka času - smer toku vývoja vesmíru, v tomto okamihu existujú kvantové struny v nejakom stave blízko singularity. Vesmír je teda v nejakom extrémne malom objeme – pre nás ako „božských pozorovateľov“ pozerajúcich sa na celý vesmír. Teda sme mimo tento vesmír a pozeráme sa na neho zvonka. Jeden smer do bielej diery ukazuje z centra na okraj budúcnosť, druhá strana černej diery ukazuje minulosť. Ak vstúpime do časti Big Bangu, vstupujeme na počiatok vesmíru, ak si vyberieme druhú stranu vstupujeme do čias, kedy vesmír končí.

Videli by sme teda, ako božský pozorovateľ pozorujúci vesmír v čase: pulz vesmíru, najskôr uvidíme inflačnú éru, kde sa vesmír začne extrémne rozpínať - je doba temna, svetlo je viazané.

Po 300 tisíc rokoch by sme videli ako sa oddeľuje svetlo od látky, vesmír zasvieti, neskôr sa začnú tvoriť hviezdy, prvé galaxie a väčšie kopy galaxií, vesmír rastie aj do objemu.

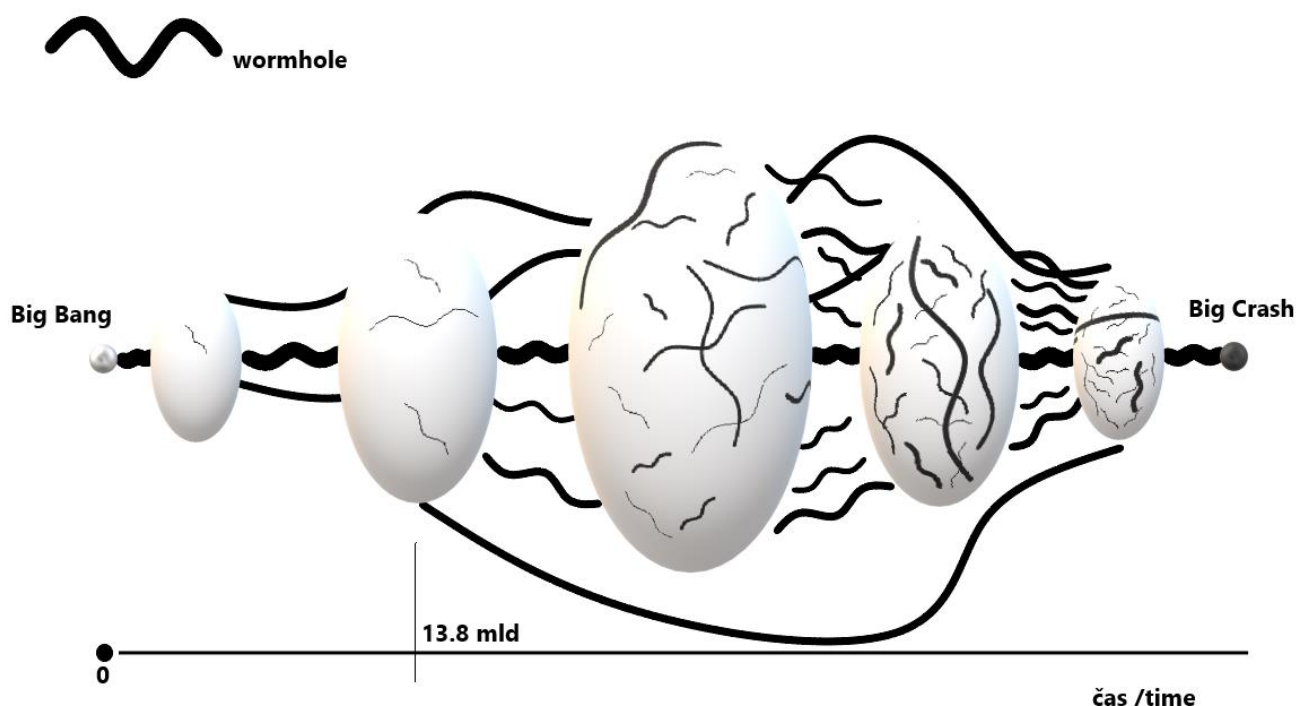
Následne dosiahne maximum veľkosti a začne sa zmenšovať, to je tá časť, ktorá ukončí vesmír v čiernej diere - Big Crash.



*Ak by sme boli bytosti, ktoré dokážu vnímať všetky časy zároveň (prítomnosť, budúcnosť aj minulosť), nemali by sme pred sebou evolúciu vesmíru, ale všetky časopriestorové stavy zároveň.*

### HYPOTÉZA TEMNEJ ENERGIE

V predchádzajúcich statiach bolo načrtnuté, ako by sa dala vysvetliť temná energia cez tento uzavretý, cyklický vesmír. Na obrázku č.52 je to znázornené lepšie.



Obr. 52 Schematicky znázornené červie diery, zdroj: vlastný obrázok.

*Na obrázku č.52 je znázornená sieť, lepšie pavučina kvantových, červých dier, ktoré transportujú z budúcnosti vesmíru, teda proti šípke času samotný priestor (tvorený kvantovými strunami). V budúcnosti vesmír speje do jednej obrovskej, čiernej diery, kde sa v zmysle stati o kvantových, červých dierach transportuje samotný priestor do minulosti. To umožňuje aj samotné vyparovanie čiernych dier.*

Pre názornosť si to predstavme takto. V Big Crash končí všetok vesmír znova v malom objeme. Tu je schopná sa vyformovať tá najväčšia červia diera, pretože má najväčšiu energiu, aby sa vrátila až do Bing Bangu. Treba si uvedomiť, že v zmysle teórie relativity v Big Bangu čas stojí (pre vonkajšieho pozorovateľa), takisto by neuplynul v čiernej diere pre vonkajšieho pozorovateľa.

Posledné merania ukazujú, že **rozpínanie vesmíru sa zrýchľuje**. No v zmysle tejto kozmologickej hypotézy sa **tento proces v budúcnosti zvráti**. To je dôsledok uzavretého, cyklického vesmíru.

### KONŠTATNOSŤ RÝCHLOSTI SVETLA

V kapitole Nevyriešené otázky k teórii relativity bola položená otázka:





***Prečo sa svetlo vo vákuu šíri vždy konštantou rýchlosťou „c“?***

Tento postulát sa stal jedným zo základných postulátov v teórii relativity. Z tejto vlastnosti plynú javy ako relativita súčasnosti, dilatácia času, kontrakcia dĺžok.

Načrtnem ***možnú odpoveď*** plynúcu z EDQ teórie. Vesmír podľa všetkého nestvoril čas, nestvoril ani priestor, v zmysle EDQ - postulát č.6, až postulát č.8. V zmysle teórie relativity je veľmi reálne, že vesmír je cyklický, uzavretý sám do seba. ***No na to, aby bol vesmír uzavretý sám do seba musí sa niečo diať so samotným priestorom a časom. Musí čas plynúť pre rôznych pozorovateľov relatívne. V zmysle toho, že máme relativnosť chodu času (všeobecná relativita), z toho dostaneme aj relatívnu vzdialenosť medzi objektami (kontrakciu dĺžok). Z relativity súčasnosti dostaneme, že všetky časy vesmíru existujú paralelne vedľa seba (minulosť, prítomnosť, budúcnosť).***

Všetky tieto výsledky a vzťahy TR sa dajú odvodiť z tejto vlastnosti svetla. ***No táto vlastnosť konštantnosti svetla „c“ môže byť účelná, iba pre uzavretý vesmír - v zmysle predchádzajúcej stati o vzniku vesmíru.*** Vlastnosť konštantnosti svetla „c“ nepostačuje na multivesmír. No nevylučuje táto vlastnosť konštantnosti svetla multivesmír.

## Záver – EDQ teória a kozmológia

Kozmologické hypotézy EDQ teórie vychádzajú z platných zistení, pričom zachovávajú platnosť zákona zachovania energie, no ***otvárajú ďalšie zatiaľ nepotvrdené úkazy.*** Ide najmä o principiálnu existenciu červých dier. Myslím si, že nemôžeme len tak prehlásiť, že vesmír vznikol z ničoho. To v sebe obsahuje štandardný, kozmologický model. Tento model, napriek tomu, že neobsahuje matematický formalizmus bude môcť byť v budúcnosti testovateľný. ***Kľúčovým zistením by bolo to, že elementárne častice dokážu cestovať proti šípke času. To by významne podporilo túto kozmologickú hypotézu.***

***EDQ teória ukazuje bez rozporu, ako by mohol vesmír „vzniknúť“ na základe výsledkov všeobecnej teórie relativity.***



# Kapitola 8

## Kvantová fyzika



## Úvod – Kvantová fyzika

Dostávame sa do poslednej, teoretickej kapitoly o kvantovej fyzike. **Kvantová fyzika je najrozsiahlejšia teoretická časť fyziky.** Kvantovú fyziku môžeme rozdeliť na tieto celky:

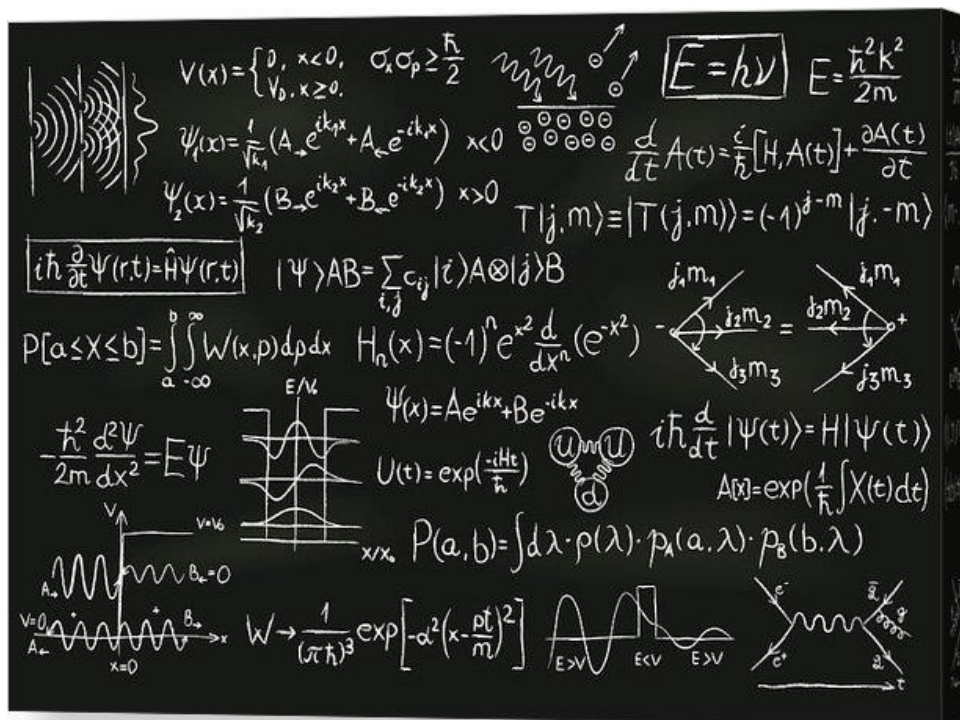
1. Kvantová mechanika.
2. Kvantová elektrodynamika.
3. Kvantová chromodynamika.
4. Kvantová štatistická fyzika.
5. Kvantová teória poľa a elementárnych častíc.

Z dôvodu rozsahu knihy nebudú prezentované všetky celky. Pri popise budú vybrané najdôležitejšie aspekty a vlastnosti kvantovej fyziky. Navyše napr. kvantová teória poľa je aj zložitá svojím matematickým aparátom. Kvantová fyzika v celom rozsahu využíva rôzne nástroje matematického formalizmu.

Základy kvantovej fyziky vznikajú začiatkom 20. storočia. Medzi prvých priekopníkov tejto teórie patria slávne mená: Heisenberg, Einstein, Planck, Bohr, de Broglie, neskôr Schrödinger, Pauli, Dirac, Feynman.

**Kvantová fyzika je najpodivnejšia, neintuitívna teória zo všetkých fyzikálnych teórií.**

Kvantová teória popisuje mikrosvet a tam platia iné zákonitosti ako v makrosвете. Z tohto dôvodu nám bežná intuícia a skúsenosť nebude postačovať na pochopenie kvantovej fyziky.



Obr. 53 Ukážka vzťahov kvantovej fyziky, zdroj: internet.



### ZÁKLADNÉ VLASTNOSTI KVANTOVÉHO SVETA

Základné odlišnosti mikrosveta od makrosveta možno zhrnúť do týchto vlastností:

- **Diskrétné hodnoty niektorých dynamických veličín.** To znamená, že v mikrosvete niektoré veličiny môžu mať len diskrétné hodnoty, miesto spojitých hodnôt. Príkladom môžu byť diskrétné hodnoty energie, hybnosti, atď.
- **Vlnovo – časticový dualizmus v mikrosvete.** Objekty mikrosveta sa za určitých podmienok chovajú ako vlny, alebo ako častice. Príkladom môže byť prechod svetla cez štrbinu, alebo iných častíc, dokonca aj atómov a molekúl.
- **Nekomutatívnosť aktu merania.** Pod tým sa rozumie, že záleží na poradí prevádzaného pokusu. Pokiaľ napríklad meriame najskôr polohu častice a následne rýchlosť, potom opačným meraním môže dôjsť k rozdielnemu výsledku. Akt merania totiž ovplyvňuje samotný výsledok.
- **Princíp neurčitosti.** V kvantovom svete nemôžeme veličiny merať s ľubovoľnou presnosťou, ale sme obmedzený princípom neurčitosti. Ten všeobecne hovorí, že pokiaľ poznáme jednu veličinu s vyššou presnosťou, tak potom u druhej veličiny sa nám zvýši neurčitosť v jej hodnote. Príkladom je meranie polohy a rýchlosti, energie a času, atď. Ide vždy o dvojicu veličín zviazaných princípom neurčitosti.
- **Superpozícia kvantových stavov.** V mikrosvete je možné mať súčasne dva protichodné stavy. Populárne sa to vysvetľuje na Schrödingerovej mačke. Mačka je v superpozícii kvantových stavov živá a mŕtva zároveň. To sa v makrosvete (kde máme skúsenosti) nedeje. Nemôžeme byť súčasne napr. na dvoch rôznych miestach.
- **Nedeterminizmus kvantovej fyziky.** V kvantovej fyzike nie sme schopný povedať, ktorý výsledok presne nastane. V kvantovej fyzike dokážeme určiť iba pravdepodobnosti výsledných udalostí.

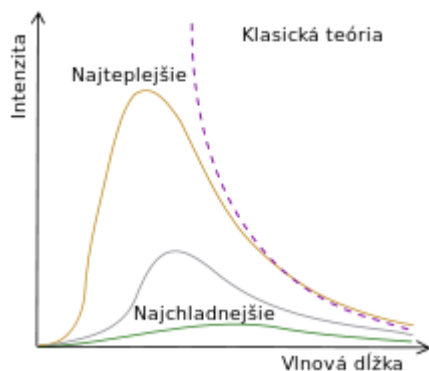
### ZROD KVANTOVEJ FYZIKY

V tejto kapitole stručne preberieme, čo viedlo na kvantovú fyziku. Pri zrode kvantovej fyziky stáli dva ústredné problémy. Jedným z nich bolo žiarenie absolútne čierneho telesa a fotoelektrický jav.

#### Žiarenie absolútne čierneho telesa

Schopnosť telesa vysielať elektromagnetické žiarenie úzko súvisí s jeho schopnosťou pohlcovať žiarenie, pretože teleso pri konštantnej teplote je v termodynamickej rovnováhe so svojím okolím, teda získava pohlcovaním energie od okolia rovnaké množstvo energie, ako do okolia odovzdáva.

V absolútne čiernom telese je v rovnováhe žiarenie a látka pri nejakej konkrétnej hodnote teploty  $T$ . Pozorujeme vyžarovanie absolútne čierneho telesa potom zistíme, že vyžaruje na rôznych frekvenciách s rôznou intenzitou, pozri obrázok č.54. Klasická teória nedokázala správne predpovedať priebeh intenzity v závislosti na rôznych frekvenciách. To sa tiež označovalo ako ultrafialová katastrofa.



Obr. 54 Žiarenie absolútne čierneho telesa, zdroj: Wikipédia.

Správny vzťah uhádol M. Planck v roku 1900. Za dva mesiace potom vzťah odvodil (vzťah možno pohľadať na Wikipédii) za predpokladu, že energia o určitej frekvencii  $\omega$  sa nemení spojitě, ale je celočíselným násobkom základného energetického kvanta.

$$E = \hbar\omega$$

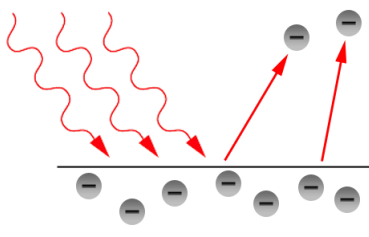
Pričom  $\hbar$  je redukovaná Plancková konštanta  $\hbar = h/2\pi$ . Redukovaná Plancková konštanta vyjadruje elementárny, kvantový moment hybnosti.

### Fotoelektrický jav

Za objasnenie fotoelektrického javu dostal Einstein v roku 1921 Nobelovu cenu za fyziku. O čo teda pri fotoelektrickom jave ide?

Pri dopade svetla na povrch kovu, môže byť z kovu vyrazený elektrón, vid' obr.55. Uvoľňovanie elektrónov z povrchu kovu vzniká pri frekvenciách vyšších ako je prahová frekvencia  $\omega_0$ . Každý povrch má takúto charakteristickú prahovú frekvenciu.

Máme svetlo s nižšou frekvenciou ako je  $\omega_0$ , potom nedôjde k emisii elektrónov z povrchu. Tento jav je v rozpore s predstavou svetla ako elektromagnetického vlnenia. Podľa klasickej predstavy by malo dochádzať k vyrazeniu elektrónu pri každej frekvencii, kde budeme pridávať intenzitu svetla potrebnú na uvoľnenie elektrónov z povrchu. No na počudovanie zvyšovaním intenzity svetla sa nám neuvolní žiaden elektrón navyše.



Obr. 55 Fotoelektrický jav, zdroj: Wikipédia.



Riešenie tohto problému podal A. Einstein v roku 1905. Elektromagnetické vlnenie sa pri fotoelektrickom jave chová ako častice. Tieto častice elektromagnetického vlnenia nazývame dnes **fotóny**. Energia jediného fotónu je energia základného kvanta popísaná vzťahom  $E = \hbar\omega$ .

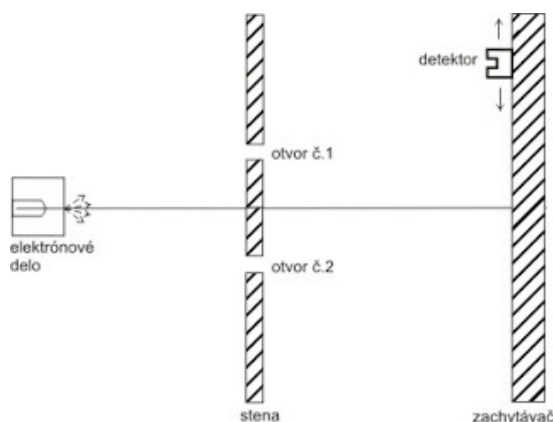
V prípade, že sa budeme pozeráť teraz na svetlo ako fotóny, potom je vysvetlenie fotoelektrického javu jednoduché. Na povrchu kovu dochádza k interakcii fotónu s elektrónom. Na to, aby fotón vyrazil elektrón z kovu, musí byť energia fotónu vyššia ako je väzbová energia elektrónu v atóme. To znamená, že to závisí len od frekvencie svetla, podľa vzťahu  $E = \hbar\omega$ .

### Comptonov jav

Veľmi podobný problém ako je fotoelektrický jav je aj Comptonov jav. Pri tomto jave ide o to, že podľa klasickej Maxwellovej teórie elektromagnetického vlnenia by mali odrazené vlny mať rovnakú vlnovú dĺžku, resp. frekvenciu. Arthur Compton robil experimenty s odrazom röntgenových vĺn od povrchu grafitu. Zistil, že odrazené röntgenové paprsky menili vlnovú dĺžku. Vysvetlenie znova súvisí s časticovou povahou elektromagnetického žiarenia (fotóny). Fotóny sa zrážajú s elektrónmi a dochádza k strate energie fotónov, čo sa prejaví na zmene vlnovej dĺžky, frekvencií fotónov. To sa klasickou predstavou v zmysle svetla, len ako vlnenia nedá vysvetliť.

### Ohyb svetla, elektrónov na štrbine

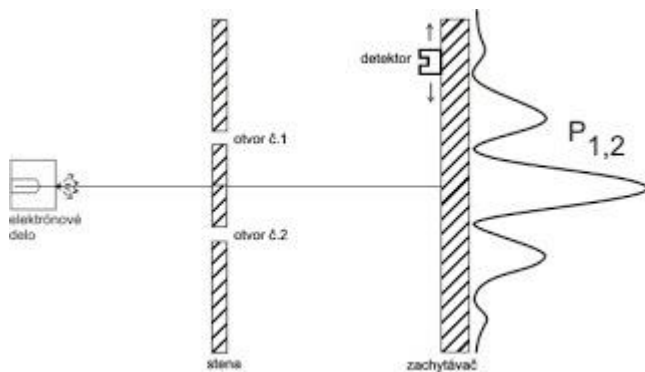
Fotoelektrický jav ukázal, že svetlo sa v určitých situáciách chová ako častice. No sú situácie, kedy sa svetlo a nie len svetlo chová vyložene ako vlnenie. To je príklad štrbinového experimentu vid'. Obr. 56, 57. Majme elektrónové delo, ktoré vystreľuje elektróny smerom na zadný zachytávač v zmysle obr. 56.



Obr. 56 Schéma pokusu s elektrónovým delom, zdroj: vlastný obrázok.

Pokiaľ máme otvorený iba jeden z otvorov, potom je rozloženie dopadov elektrónov na zachytávači ako u klasickej letiacej guľičky. No pokiaľ máme dva a viac otvorov k dispozícii (kadiaľ môže elektrón prejsť), **dochádza k interferencii**, vid'. Obr. 57. Tejto záhade sa budem venovať v nasledujúcej kapitole.

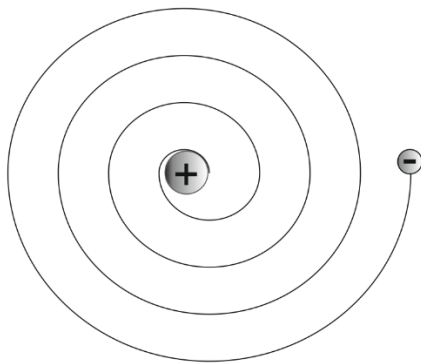




Obr. 57 Rozloženie dopadov elektrónu, zdroj: vlastný obrázok.

### Model atómu

V zmysle klasickej predstavy atómu (veľmi podobné planetárnemu modelu) vid'. obr. 58, obiehajú záporne nabité elektróny kladne nabité atómové jadro. V zmysle Maxwellových rovníc pre elektrinu a magnetizmus platí, že každé nabité teleso pohybujúce sa so zrýchlením, vyžaruje elektromagnetické vlny (žiari) a stráca tak energiu. To teda spôsobuje, že v klasickej teórii by sa za veľmi krátky časový okamih zrútil elektrón na jadro. Elektrón pohybujúci sa po kruhovej orbite, prípadne akejkoľvek uzavretej krivke, má **nenulové dostredivé zrýchlenie**, nutne by teda žiaril.



Obr. 58 Pád elektrónu po špirále na atómové jadro, zdroj: vlastný obrázok.

Na túto skutočnosť upozornil fyzik N. Bohr. Bohr navrhol vlastný model atómu, tak aby zamedzil dopadu elektrónu na atómové jadro. Tento model sa nazýva **Bohrov model atómu**.

Pridal do klasickej teórie tieto tri postuláty:

- Elektróny sa pohybujú len po stacionárnych dráhach, pričom stacionárne dráhy zodpovedajú de Broglieho vlnovej dĺžke, ktorá je celočíselným násobkom na uzavretej stacionárnej dráhe. Platia nasledujúce vzťahy:  $2\pi r_n = n\lambda$   $\lambda = \frac{2\pi\hbar}{m v_n}$ , pričom  $r_n$  je polomer na n- stacionárnej dráhe,  $\lambda$  je vlnová dĺžka,  $v_n$  je rýchlosť na n - tej stacionárnej dráhe.
- Na stacionárnej dráhe elektrón nevyžaruje.
- Pri preskoku elektrónu na inú stacionárnu dráhu dôjde k vyžiareniu fotónu o energii danej energetickým rozdielom týchto hladín.



Bohrov model atómu je prvým krokom a dokázal vysvetliť energetické hladiny elektrónov v atóme vodíka, spektrum vodíka. Vodík je najzákladnejší atóm.

### Princíp neurčitosti

Tento princíp je veľmi špecifický a nemá obdobu z našich skúseností v makrosvete. **Princíp hovorí o kvantovom rozmazaní objektov.** Teda, že objekty mikrosveta nemajú presné tvary, či presné hodnoty fyzikálnych veličín ako je hybnosť, poloha, energia.

Pri meraní polohy a hybnosti objektov mikrosveta budú nepresnosti merania  $\Delta x, \Delta p$  spĺňať podmienku - Heisenbergov vzťah:

$$\Delta x \Delta p \geq \hbar/2,$$

Pričom  $\hbar$  je redukovaná Plancková konštanta.

Tento vzťah hovorí, že čím presnejšie vieme polohu častice, tým nepresnejšiu informáciu máme o hybnosti častice. To platí aj opačne, čím presnejšie poznáme hybnosť častice, tým nepresnejšiu máme informáciu o polohe častice. Tieto relácie neurčitosti platia aj pre iné kombinácie fyzikálnych veličín, napr. energiu „E“ a čas „t“.

$$\Delta E \Delta t \geq \hbar/2,$$

Platí vzťah aj pre dvojicu - moment hybnosti „J“ a uhlového pootočenia „ $\varphi$ “:

$$\Delta J \Delta \varphi \geq \hbar/2$$

Princíp neurčitosti platí pre akúkoľvek dvojicu zobecnenej súradnice a zobecnenej hybnosti. Ohyb svetla na štrbine (difrakciu) môžeme vysvetľovať pomocou relácií princípu neurčitosti.

### INTERPRETÁCIA KVANTOVEJ TEÓRIE

Matematický formalizmus kvantovej teórie je kuchárska kniha, ktorá obsahuje recepty ako predpovedať experimenty kvantitatívne. Neobsahuje však hlbšie poznanie súvislosti a chovania sa objektov v mikrosvete. Kvantová teória obsahuje odlišné správanie ako v makrosvete. Interpretácia "filozofia kvantovej teórie" nesmierne zaujímavá z hľadiska otázok, ako vniesť hlbšie pochopenie a súvislosti receptov matematického formalizmu kvantovej teórie. Ide predovšetkým o nájdenie ucelenej predstavy vysvetliť niektoré dôležité aspekty aparátu kvantovej teórie a ich previazanosti.

#### Druhy interpretácií:

1. Kodanská interpretácia.
2. Mnohosvetová interpretácia.
3. Holografická interpretácia.
4. Interpretácia súvisiaca s vedomím.
5. Iné interpretácie.

### Kodanská interpretácia

Kodanská interpretácia vznikla v rokoch 1924 až 1927. Táto interpretácia kvantovej teórie je **najrozšírenejšou a najviac prijímanou interpretáciou zo všetkých.** Za autorov interpretácie



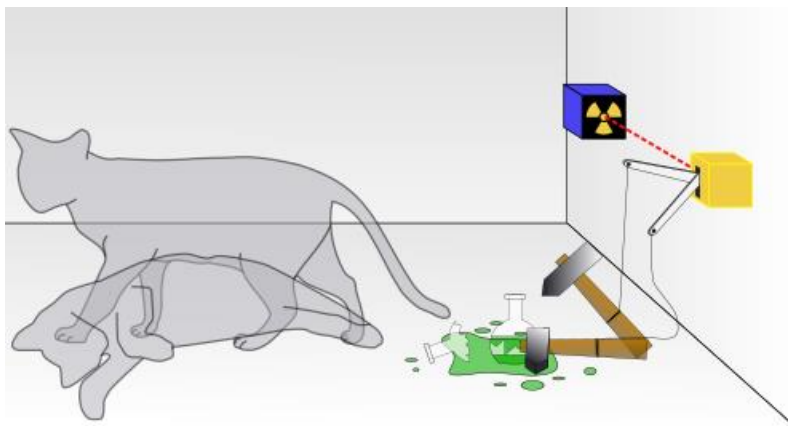
sa považujú N. Bohr a W. Heisenberg. Kvantová teória nie je schopná predpovedať presný výsledok, ale iba pravdepodobnosť s akou sa stane. Pravdepodobnosť je daná kvadrátom vlnovej funkcie  $w_n = \psi_n^* \psi_n$ , resp. pre spojitý Hilbertov priestor  $L^2$  daná vzťahom  $w(x) = \psi(x)^* \psi(x)$ .

Niels Bohr viedol dlhé debaty s A. Einsteinom o podivnostiach kvantovej fyziky. Einsteinov známy výrok "Boh nehrá kocky", ktorým jasne ukazoval svoj postoj ku kvantovej fyzike ako neúplnej teórii.

V Bohrovej predstave meranie spôsobuje zmenu výsledku. Správanie sa objektov mikrosveta má duálny charakter a správa sa alebo ako "častica", alebo ako "vlnenie". Teda sú to dve vlastnosti, ale jednej fenomenality. Bohr teda nehovorí, že to je oddelené, ale spojené a má to vlastnosti korpuskule, alebo vlnenia v závislosti od situácie. Navrhol teda **komplementárny popis kvantovej mechaniky** v závislosti od zásahu merania v experimente. Dôležité zistenie bolo, že nejde merať, pozorovať obe vlastnosti súčasne, teda časticové-korpuskulárne chovanie a vlnové chovanie.

Pred meraním je teda systém v superpozícii vlnového stavu všetkých možností. Meraním dôjde ku kolapsu vlnovej funkcie a vznikne konkrétny stav. Túto podivnosť kvantového sveta ilustruje obr.

59.



Obr.59 Schrödingerová mačka, zdroj: Wikipédia.

### Mnohosvetová interpretácia

S touto interpretáciou prišiel Everett v roku 1957. Podstatou tejto interpretácie je to, že v našom svete sa realizuje len jedna možnosť, stav. No pokiaľ existuje mnoho vesmír, potom by sa pri kolapse vlnovej funkcie (aktom merania) realizovali všetky možnosti v paralelných realitách. Táto interpretácia však nie je skutočnou interpretáciou kvantovej teórie, ale možnosť realizácie všetkých stavov, ktoré by sa mohli realizovať.

### Holografická interpretácia

Za autora možno považovať teoretického fyzika D. Bohma. Táto interpretácia rieši hlavne nelokálnosť kvantovej teórie. Podľa tejto predstavy vnímame častice priestorovo aj časovo oddelené. Podľa tejto predstavy existuje akýsi súhrnný potenciál, ktorý všetky častice ovplyvňuje a zároveň spája do jedného celku. Pričom sa tu objavujú myšlienky, že realita, ktorú vnímame je len hologram inej skutočnej reality.



### Interpretácia súvisiaca s vedomím

Táto predstava je skôr ezoterickou interpretáciou. S touto interpretáciou prišiel John von Neumann v roku 1932. Podľa tejto interpretácie kolaps vlnovej funkcie, teda nameranie konkrétnej reality, spôsobuje vedomie pozorovateľov. Ja to osobne považujem za **absurdnosť**. Veľa „fyzikov“ potom nahrlo ezoterikom na rôzne prednášky a dokumenty o podstate kvantovej fyziky.

### HRANICE KVANTOVÉHO SVETA

Kde je hranica dvoch svetov: makrosvetu a mikrosvetu? Zdá sa, že neexistuje ostrá hranica medzi týmito svetmi. Rakúsky fyzik A. Zeilinger a kolektív prevádzkal experimenty na Talbotovom interferometre (štrbinový experiment) pre rôzne molekuly. Medzi najväčšie molekuly patrila molekula  $C_{60}F_{48}$  s 1630 nukleónmi. Experimenty ukázali, že aj takáto veľká molekula vykazuje interferenčný obrazec, pokiaľ teda nijak molekula neinteragovala s okolitým prostredím a nebolo teda možné zistiť kadiaľ molekula prešla.

Interferenčný obrazec sa objavil pri poklese teploty molekuly. Molekula teda nevysielala žiadne fotóny, ktoré by prezradili kadiaľ prešla (ktorým otvorom). Tým sa potvrdili presne stanovené vlastnosti kvantovej teórie, že dôležitá nie je veľkosť, ale vzájomná interakcia s okolím.

### LAGRANGEOVA FUNKCIA, ROVNICE

Na tomto mieste je dobre si prebrať matematické nástroje, ktoré sa používajú v každej modernej fyzikálnej teórii. **Lagrangeova funkcia (lagrangián) je mocný nástroj fyziky, popisuje rôzne systémy s nejakou dynamikou.**

Lagrangeova funkcia vychádza z **Hamiltonovho princípu najmenšej akcie**. Hamiltonov princíp hovorí:

Predpokladajme, že máme funkciu času  $t$ , zobecnených súradníc  $q_1, q_2, \dots, q_f$  a prvé derivácie týchto zobecnených súradníc (stavov)  $\dot{q}_1, \dot{q}_2, \dots, \dot{q}_f$  vo všeobecnom zápise:

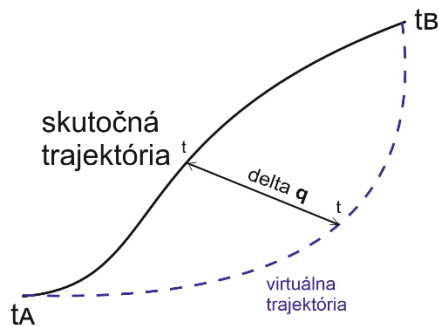
$$L(t, q_1, q_2, \dots, q_f, \dot{q}_1, \dot{q}_2, \dots, \dot{q}_f)$$

Predpokladajme, že zo všetkých možných závislostí  $q_k(t) = f_k(t)$  sa v prírode realizuje tá, pre ktorú má integrál:

$$S(t_A, t_B) = \int_{t_A}^{t_B} L(t, q_1, q_2, \dots, q_f, \dot{q}_1, \dot{q}_2, \dots, \dot{q}_f) dt$$

extrém, **teda minimum**. Funkciu  $L(t, q, dq/dt)$  voláme Lagrangeova funkcia a integrál  $S(t_A, t_B)$  integrálom akcie. Hamiltonov princíp je základný axióm teórie.

Zavedme teraz virtuálne posunutie (myslené) voči reálnej trajektórii v zmysle obr. 6o.



Obr. 60 Schéma virtuálne posunutie, zdroj: vlastný obrázok.

Pre virtuálne posunutie platí:

1.  $\delta q_A = \delta q_B = 0$ , v počiatočnom A uzle a koncovom B uzle sú posunutia nulové.
2.  $\delta \dot{q} = \frac{d}{dt} \delta q$ , vyjadruje zápis derivácie virtuálneho posunutia zobecnenej súradnice.

Odvodením, ktoré tu nejdeme rozpisovať dostaneme príslušné rovnice v tvare:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_k} - \frac{\partial L}{\partial q_k} = 0$$

Tieto rovnice predstavujú nutnú podmienku minima funkcie integrálu akcie. Tieto rovnice sa nazývajú **Lagrangeove rovnice**, jedná sa o diferenciálne rovnice druhého radu. Uvedené rovnice sú **pohybové rovnice** v zobecných súradniciach  $q_1, q_2, \dots, q_k$ .

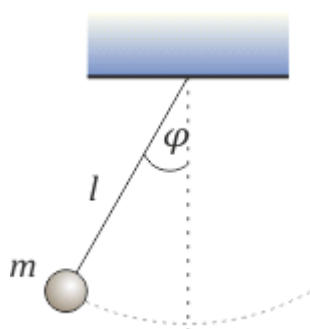
Stupňom voľnosti sa rozumie počet premenných, teda zobecných súradníc, v ktorých sa deje pohyb, zmena. Uvediem aspoň jeden príklad na využitie.

## Poznámka:

Lagrangeove rovnice sa využívajú v klasickej mechanike, teórii relativity, ale aj v kvantovej fyzike.

## Príklad na aplikáciu:

Majme matematické kyvadlo s ramenom dĺžky  $l$ . Kyvadlo má iba jeden stupeň voľnosti, ak to bude zobecná súradnica – uhol  $\varphi$ , ktorý udáva odklon od vertikálnej polohy – (os  $y$ ). S uhlom a dĺžkou ramena vieme určiť polohu v priestore ( $x, y$ ). Máme nájsť pohybovú rovnicu matematického kyvadla.



<http://reseneulohy.cz/>

Obr.61 Matematické kyvadlo, zdroj: internet.



Lagrangián má tvar  $L=T-V$ , pričom

$T$  - vyjadruje kinetickú energiu v systéme

$V$  - vyjadruje potenciálnu energiu v systéme.

$$x(t) = l \sin \varphi(t), \quad y(t) = -l \cos \varphi(t)$$

Urobíme prvé derivácie zobecnených súradníc dostaneme:

$$\dot{x} = l \dot{\varphi} \cos \varphi, \quad \dot{y} = l \dot{\varphi} \sin \varphi$$

Kinetická energia:

$$T = \frac{1}{2} m (\dot{x}^2 + \dot{y}^2) = \frac{1}{2} m l^2 \dot{\varphi}^2$$

$$V = m g y = -m g l \cos \varphi$$

$$L = T - V = \frac{1}{2} m l^2 \dot{\varphi}^2 + m g l \cos \varphi, \text{ to je Lagrangeova funkcia pre kyvadlo.}$$

Zodpovedajúca Lagrangeova rovnica má teda tvar:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_k} - \frac{\partial L}{\partial q_k} = 0 \Rightarrow \ddot{\varphi} - \frac{g}{l} \sin \varphi = 0$$

pričom pre malé uhly platí  $\sin \varphi = \varphi$  v radiánoch. Odvodili sme pohybovú rovnicu pre matematické kyvadlo.

## DIRACOVA SYMBOLIKA, OPERÁTORY V KVANTOVEJ TEÓRIÍ

Pre pochopenie celého matematického formalizmu je potrebné preštudovať knihy, prednášky na túto problematiku. V tejto knihe nie je priestor na detaily (problematika je rozsiahla). Niektoré prednášky, materiály budú uvedené v odkaze pre samoštúdium (záver kapitoly).

**Unitárne priestory sú zovšeobecniím pojmu vektorových priestorov.** Prvky lineárnych, vektorových priestorov sú označované symbolmi  $|f\rangle, |a\rangle, |x\rangle$  a skalárne súčiny  $\langle f|g\rangle, \langle a|b\rangle, \langle x|y\rangle$ . **Tento zápis sa nazýva Diracova symbolika** (podľa slávneho fyzika P.A. Diraca). Tieto symboly sa tiež označujú ako **bra - ketová symbolika**, pričom

$\langle | \rangle$  - „braket“,  $\langle |$  - „bra“,  $| \rangle$  - „ket“.

### Priestor reálnych trojíc $\mathcal{R}^3$

Prvky vektorového priestoru sú:

$$|f\rangle = (f_1, f_2, f_3) \quad |g\rangle = (g_1, g_2, g_3)$$

Ich skalárny súčin je:

$$\langle f|g\rangle \equiv f_1 g_1 + f_2 g_2 + f_3 g_3 = f_k g_{k3}$$

Norma vektora (veľkosť) sa definuje vzťahom:





$$\|f\| \equiv \sqrt{\langle f | f \rangle} = \sqrt{f_1^2 + f_2^2 + f_3^2}$$

Pre reálne trojice znázornené ako vektory (úsečka so šípkou) je norma vektora rovná dĺžke úsečky:

$$|\langle f | g \rangle| = \|f\| \cdot \|g\| \cdot \cos \alpha$$

Pričom  $\cos \alpha$  je uhol, ktorý spolu zvierajú dva vektory  $f, g$ .

Z toho vyplynie tzv. *Schwartzovo lemma*.

$$|\langle f | g \rangle| \leq \|f\| \cdot \|g\|$$

Obdobne by sme dostali vzťahy aj pre:

- Priestor reálnych N-tic  $\mathcal{R}^N$ .
- Priestor komplexných N-tic  $\mathcal{C}^N$  (v komplexnej rovine čísiel).
- Priestor komplexných postupností (N-tice s  $N \rightarrow \infty$ )  $\mathcal{l}^2$ .
- Priestor komplexných funkcií reálnych premenných  $\mathcal{L}^2(-\infty, \infty)$ .

Jednotlivé vzťahy (v prípade záujmu) si čitateľ môže dohľadať v odkaze pre samoštúdium.

## E2 Operátory

Poznámka: Potrebne poznať maticový a vektorový počet.

Operátorom rozumieme zobrazenie:

$$\hat{A}: v \rightarrow v$$

kde prvku  $|f\rangle$  priestoru "v" priradzujeme prvok  $|g\rangle$  tohto priestoru:

$$\hat{A} |f\rangle = |g\rangle$$

### Príklad na priestore $\mathcal{R}^3$

Operátorom je ľubovoľná matica 3 x 3, napríklad:

$$\hat{A} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad |f\rangle = \begin{pmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \end{pmatrix}$$

$$\hat{A} |f\rangle = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_1 \\ f_3 \\ f_3 + f_2 \end{pmatrix}$$

### *Jednotkový operátor*

$$\hat{1} |f\rangle \equiv |f\rangle$$

### *Druhá mocnina operátora*

$$\hat{A}^2 |f\rangle \equiv \hat{A}(\hat{A} |f\rangle)$$



### *N-tá mocnina operátora*

$$\hat{A}^n |f\rangle \equiv \hat{A}(\hat{A}^{n-1} |f\rangle)$$

### *Funkcia operátora*

Majme analytickú funkciu  $f(x)$  s Taylorovým rozvojom:

$$f(x) = \sum_{k=0}^{\infty} c_k x^k$$

Potom funkcia operátora je definovaná:

$$f(\hat{A}) = \sum_{k=0}^{\infty} c_k \hat{A}^k$$

### *Inverzný operátor $\hat{A}^{-1}$*

Je taký operátor, pre ktorý platí:

$$\hat{A}^k \cdot \hat{A}^{-1} = \hat{A}^{-1} \cdot \hat{A}^k = \hat{1}$$

### *Združený operátor*

Združeným operátorom k  $\hat{A}$  je operátor  $\hat{A}^+$ , pre ktorý platí:

$$\langle f | \hat{A} g \rangle = \langle \hat{A}^+ f | g \rangle$$

### *Komutatívnosť operátorov*

Pre operátory neplatí komutatívny zákon  $\hat{A}\hat{B} \neq \hat{B}\hat{A}$ . Mieru nekomutatívnosti vyjadríme:

$$[\hat{A}, \hat{B}] \equiv \hat{A}\hat{B} - \hat{B}\hat{A}$$

### *Hermitovské operátory*

Hermitovský operátor pôsobí v oboch častiach skalárneho súčinu rovnako.

$$\langle \hat{A} f | g \rangle = \langle f | \hat{A} g \rangle$$

Združený operátor je rovný pôvodnému  $\hat{A} = \hat{A}^+$

## VLASTNÉ STAVY ENERGIE, SCHRÖDINGEROVÁ ROVNICA

Letmo sme prebehli Diracovú symboliku a úvod do operátorov v kvantovej teórii, aby sme mohli sformulovať, resp. nájsť spektrum operátora energie (hodnoty energie). To patrí medzi základné úlohy kvantovej mechaniky.

Úlohu sformulujeme nasledovne:

$$\hat{H} |n\rangle = E_n |n\rangle$$



Budeme hľadať vlastné hodnoty operátora energie (Hamiltonov operátor). Táto rovnica sa nazýva **Schrödingerová rovnica**.

Operátor energie (Hamiltonov operátor) je definovaný vzťahom:

$$\hat{H} \equiv \frac{\hat{\mathbf{P}}^2}{2m} + V(\hat{\mathbf{X}}) = \frac{\hat{P}_x^2 + \hat{P}_y^2 + \hat{P}_z^2}{2m} + V(\hat{X}, \hat{Y}, \hat{Z})$$

Pričom komutatívnosť operátorov je nasledovná:

$$[\hat{X}_k, \hat{X}_l] = [\hat{P}_k, \hat{P}_l] = 0, \quad [\hat{X}_k, \hat{P}_l] = i \hbar \hat{1} \delta_{kl}$$

Prepis Schrödingerovej rovnice v priestore  $\mathcal{L}^2(\mathcal{R}^3)$  funkciou integrovateľnou s druhou mocninou na celom priestore  $\mathcal{R}^3$ .

Po úpravách musí mať operátor hybnosti tvar:

$$\hat{P}_x = -i \hbar \frac{\partial}{\partial x}, \quad \hat{P}_y = -i \hbar \frac{\partial}{\partial y}, \quad \hat{P}_z = -i \hbar \frac{\partial}{\partial z}$$

$$\hat{\mathbf{P}} = i \hbar \nabla$$

Z toho potom dostaneme slávnu Schrödingerovu rovnicu v tzv. „x“ reprezentácii dostaneme:

$$\left[ -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V(x) \right] \psi_n(x) = E_n \psi_n(x)$$

Riešením Schrödingerovej rovnice pre konkrétny potenciál „V“ poskytne spektrum operátora energie  $\{E_n\}$ .

**Schrödingerová rovnica** neobsahuje prepojenie na teóriu relativity. Prepojením na teóriu relativity dostaneme tzv. **relativistickú, kvantovú teóriu**.

### DIRACOVA ROVNICA

Správnu relativistickú rovnicu pre nabitú časticu, v ktorej sú použité iba prvé derivácie odvodil P.A.M. Dirac v roku 1928. Ukázalo sa, že je omnoho vhodnejšia, ako Klein – Gordonové rovnice.

Problém záporných, energetických stavov Dirac interpretoval, ako stavy prislúchajúce antičastici k elektrónu – pozitron. Pozitron bol objavený v roku 1932.

Hľadáme rovnicu, ktorá má rovnaký tvar ako Schrödingerová rovnica, ale Hamiltonov operátor je lineárnou funkciou priestorových derivácií.

$$i \hbar \frac{\partial \psi}{\partial x} = \hat{H} \psi$$

Pričom platia dve základné podmienky:

1. Mocnina Hamiltonovej funkcie musí dať  $\hat{H}^2 = \hat{\mathbf{p}}^2 c^2 + m_0^2 c^4 \hat{1}$
2. Nová rovnica musí byť relativisticky **kovariantná**. To je taký tvar, že po prevedení Lorentzovej transformácie sa jej tvar nezmení.

**Kovariantný tvar Diracovej rovnice**

$$\left( i\hbar \beta \frac{\partial \psi}{\partial t} + i\hbar \beta \alpha^k \partial_k + m_0 c \right) \psi = 0$$

Pričom tu vystupujú koeficienty derivácii, ktoré sa volajú **tzv. gama matice**.

**SPIN ČASTÍC**

Spin je vlastnosť elementárnych častíc. Je definovaná ako invariant Lorentzovej transformácie. Ide teda o rotáciu, ale v rovine danej jednou časovou a jednou priestorovou súradnicou o imaginárny uhol zvaný rapidita. Spin má veľmi podobné vlastnosti ako moment hybnosti. No názorná predstava neexistuje.

Pre spin zavádzame dve kvantové čísla (rovnako ako u momentu hybnosti):

1. Spinové číslo, resp. spin s určujúcou veľkosťou.
2. Magnetické spinové číslo  $m_s$  určené projekciou spinu do tretej osi.

Pre spin pomocou posuvných operátorov môžeme odvodiť (rovnako ako pre moment hybnosti) vzťahy:

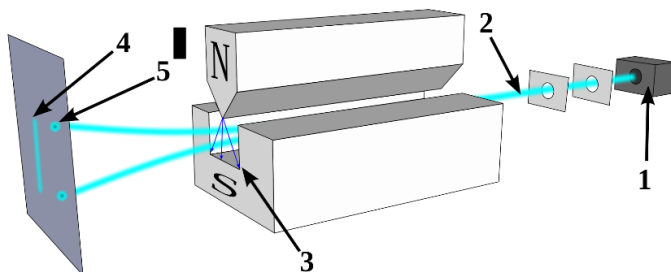
$$|S| = \sqrt{s(s+1)} \hbar \qquad s = 0, \frac{1}{2}, 1, \frac{3}{2}, \dots$$

$$S_3 = m_s \hbar \qquad m_s = -s, -s+1, \dots$$

Hodnota spinu „s“ je pre elementárnu časticu nemennou charakteristikou a nadobúda aj poločíselne hodnoty.

Častice sa podľa veľkosti spinu rozdeľujú:

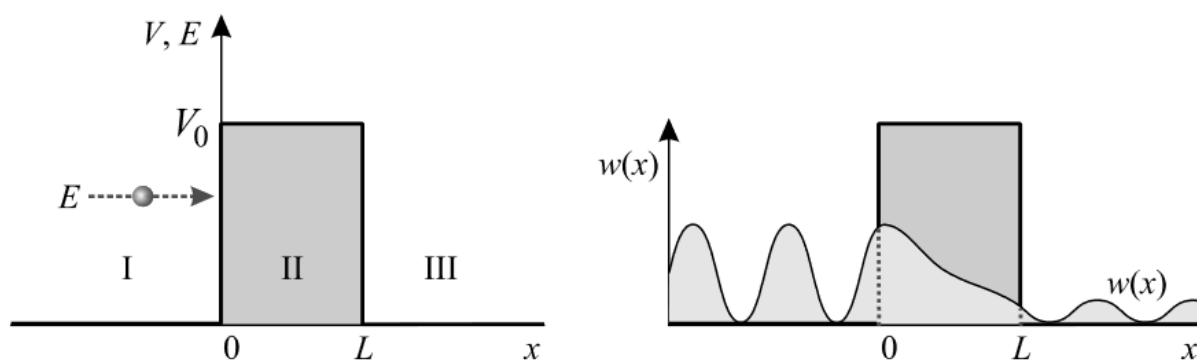
- Častice s poločíselným spinom (**fermióny**) – napr. elektrón, protón, neutrón.
- Častice s celočíselným spinom (**bozóny**) – napr. fotón, poľné bozóny (sprostredkujúce interakcie)



Obr. 62 Stern – Gerlachov experiment, zdroj: Wikipédia ENG.



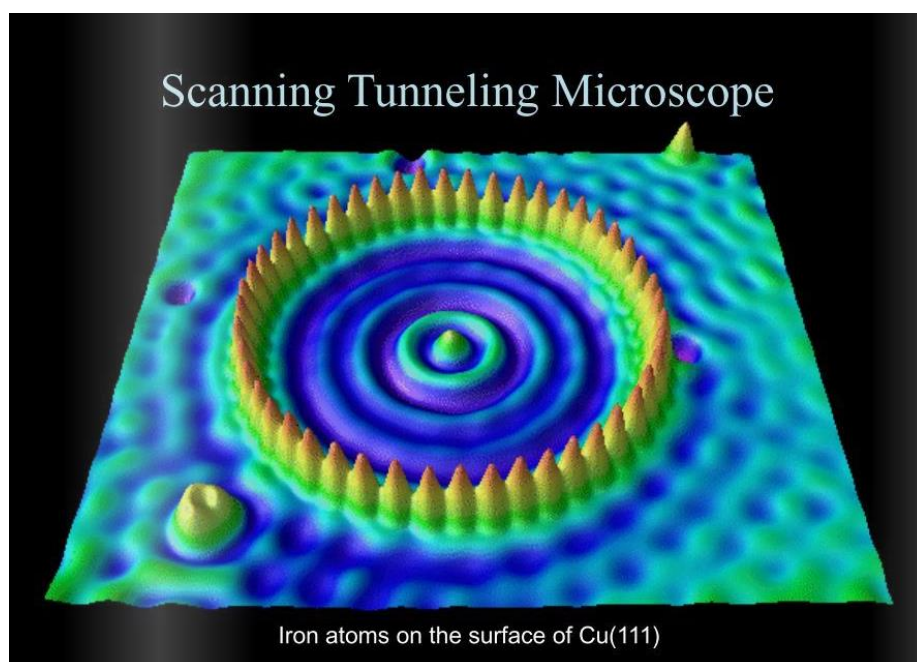
## BARIÉRA, TUNELOVÝ JAV



Obr. 63 Pribeh potenciálu vľavo, vpravo pravdepodobnosť výskytu častice, zdroj: Aldebaran.cz.

V klasickej mechanike makro objekt nedokáže prejsť prekážku, na ktorú nemá patričnú energiu. No v kvantovej fyzike dochádza k situáciám, kde **častice pretunelujú bariéru**.

Kvantová teória pripúšťa prechod častice bariérou, aj v prípade, kedy má častica menšiu energiu, ako je hodnota energie na vrchole bariéry. To je dané nekomutatívnosťou potenciálnej a kinetickej energie. Z relácie neurčitosti potom plynie, že obe hodnoty nemôžeme súčasne merať. Neurčitosť kinetickej a potenciálnej energie umožní sem - tam častici pretunelovať bariéru. Tomuto javu sa hovorí **tunelový jav**. V kvantovej fyzike môžeme **uvažovať iba o pravdepodobnosti prechodu**.



Obr. 64. Ohrada z atómov železa vytvorená za pomoci mikroskopu STM, zdroj: internet.

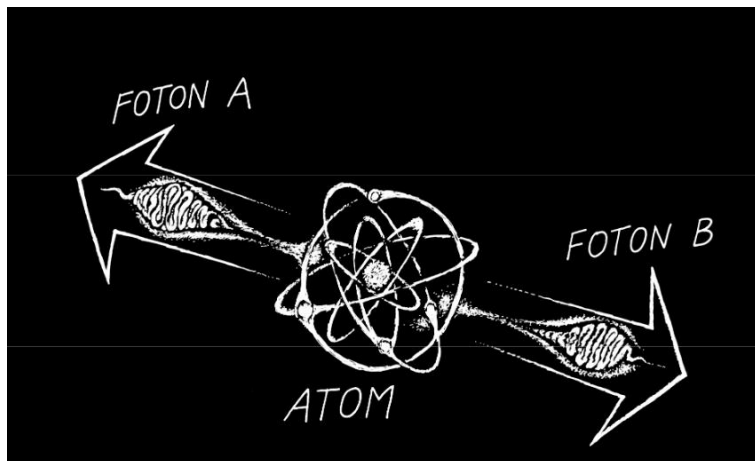
## EPR PARADOX

Odpor časti fyzikov s rodiacou sa kvantovou teóriou vyústil v roku 1935 k formulácii myšlienkového experimentu,



ktorý mal poukázať na neúplnosť a rozpornosť kvantovej teórie. Tento paradox je pomenovaný podľa fyzikov (Einstein, Podolsky, Rosen). Dnes sa používa formulácia Davida Bohma, ktorá pochádza z roku 1951.

Predstavme si časticu s celkovým momentom hybnosti nula, ktorá sa rozpadne na dve od seba letiace častice A a B. Každá letiaca častica má spin  $\frac{1}{2}$ .



Obr. 65 Schéma EPR paradoxu, zdroj: Aldebaran.cz.

Obe častice sú popísané previazaným stavom:

$$|\psi\rangle = \alpha|+1/2\rangle_A |-1/2\rangle_B + \beta|-1/2\rangle_A |+1/2\rangle_B$$

Zdanlivý paradox vznikne tým, že prevedením merania projekcie spinu na jednej častici, sa **okamžite dozvieme projekciu spinu na druhej častici**. Na prvý pohľad to vyzerá tak, akoby sa informácia šírila okamžite (nad svetelnou rýchlosťou), čo odporuje princípu kauzality zo špeciálnej teórie relativity. Na vine je **nelokálne chovanie** častíc. Pri meraní na jednej častici skolabuje vlnová funkcia v celom priestore, čo sa prejaví okamžite opačným spinom na druhej častici.

Einstein ako odporca kvantovej teórie (odporca v zmysle neúplnej teórie) si myslel, že obidve častice majú nejaký skrytý parameter, ktorý už dopredu, **teda pri vzniku častíc určil ako dopadne meranie** spinu v budúcnosti.

No kvantová teória ukázala, že to tak nie je, viď. nasledujúcu stať Bellove nerovnosti.

### BELLOVA NEROVNOSŤ

V roku 1964 írsky fyzik John Stewart Bell ukázal, že štatistické vlastnosti merania polarizácie fotónu budú v prípade teórie so skrytými parametrami iné, ako pri štandardnej, kvantovej interpretácii.

Zavedme veličinu  $P$ , ktorá bude mať hodnotu  $+1$ , pokiaľ bola nameraná vodorovná polarizácia (smer  $x$ ). Pokiaľ bola nameraná zvislá polarizácia (v smere  $y$ ) bude mať hodnotu  $-1$ .

Predpokladajme, že pri meraní na fotóne A na fotóne B budú prebiehať s rôzne natočenými hranolmi. Ich orientácia voči laboratórnej sústave bude daná uhlami  $\alpha$  a  $\beta$ . Pokiaľ bude fotón





A polarizovaný v smere uhla  $\alpha$ , potom je výsledok merania polarizácie  $P_A=+1$ . Pokiaľ bude polarizovaný kolmo na tento smer hodnota bude  $P_A=-1$ . Obdobne to bude platiť aj pre fotón B.

Situáciu ešte skomplikujeme tak, že u každého z fotónov budeme mať k dispozícii dva meracie hranoly. U fotónu A budú hranoly orientované pod uhlami  $\alpha, \alpha'$ , u fotónu B pod uhlami  $\beta, \beta'$ .

Vždy prevedieme meranie na oboch hranoloch, najskôr s jedným, potom s druhým. Predpokladajme, že budeme veľa krát opakovať meranie polarizácie oboch fotónov, cez dva hranoly, dokopy cez štyri. Zostavíme si rovnicu.

$$\Gamma \equiv P_A(\alpha)P_B(\beta) + P_A(\alpha)P_B(\beta') + P_A(\alpha')P_B(\beta) - P_A(\alpha')P_B(\beta')$$

Veličina  $\Gamma$  má tú vlastnosť, že pri dosadení akejkoľvek kombinácie merania vždy vyjde hodnota  $+2$  alebo  $-2$ . Strednú hodnotu budeme počítať ako aritmetický priemer, čo povedie na nerovnosť.

$$-2 \leq \langle \Gamma \rangle \leq 2$$

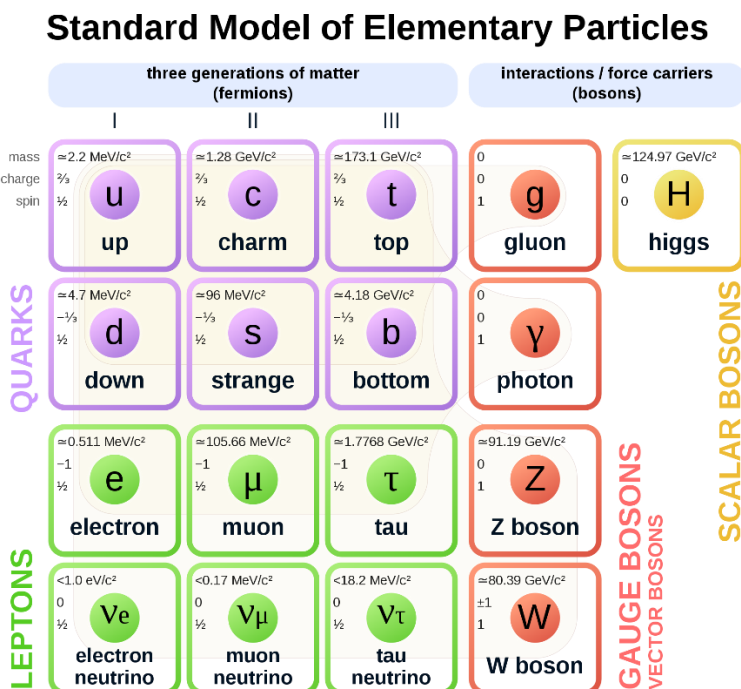
Prepíšeme za pomoci definície  $\Gamma$  do tvaru:

$$-2 \leq \langle P_A P_B \rangle + \langle P_A P'_B \rangle + \langle P'_A P_B \rangle - \langle P'_A P'_B \rangle \leq 2$$

**Toto je Bellova nerovnosť.**

Prvé experimenty, ktoré viedli na porušenie Bellových nerovností, boli uskutočnené už v roku 1972, no fyzikálna komunita ich nepovažovala za preukázateľné. Presvedčivý dôkaz neplatnosti Bellových nerovností a teda **nemožnosti existencie skrytých parametrov**, priniesla skupina Alaina Aspecta v experimentoch z 1976 až 1983.

## ŠTANDARDNÝ MODEL ČÁSTIC

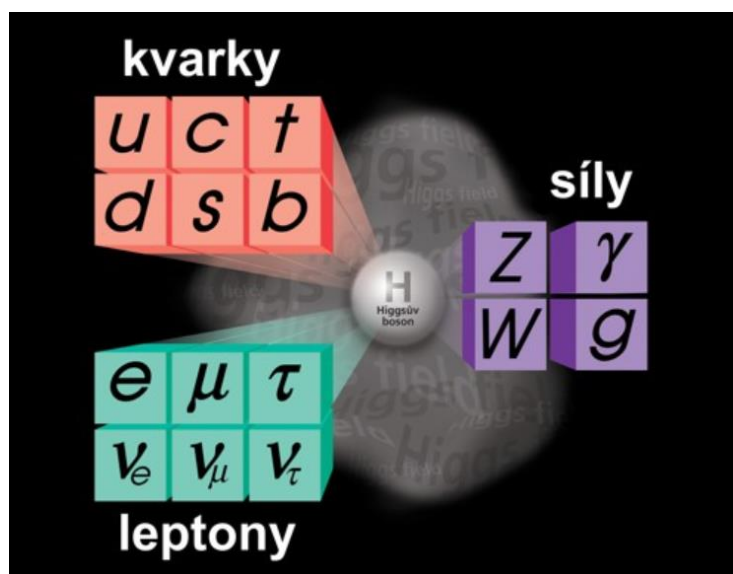


Obr. 66 Štandardný model častíc, zdroj: Wikipédia.



Prvá elementárna častica, elektrón, bola objavená v roku 1897. V polovici 20. storočia začalo množstvo objavených častíc výrazne narastať. Štandardný model fyziky častíc je súbor poznatkov zahrňujúci väčšinu známych elementárnych častíc. Častice štandardného modelu je možné rozdeliť do dvoch skupín. Prvá skupina obsahuje častice tvoriace látku, teda pomyselné murivo, z ktorých je vybudovaný vesmír. Medzi častice látky patria **kvarky** (neutróny, protóny) a **leptóny** (elektróny, neutrína). Do druhej skupiny patria nosiče síl, ide o akési spojivo, ktoré udržiava objekty pohromade a sú zodpovedné za vzájomné interakcie.

Štandardný model obsahuje tiež **Higsove častice**, ktoré sú zodpovedné za rozštiepenie elektroslabej interakcie a za hmotnosť niektorých častíc. Tieto častice boli objavené v roku 2012 v LHC – CERN (obr.68).



Obr. 67 Vľavo sú častice látky, napravo nosiče síl, zdroj: Aldebaram.cz.

Štandardný model elementárnych častíc rieši iba interakcie popísané kvantovou teóriou, teda **elektromagnetickú, silnú a slabú interakciu**. Gravitačnú interakciu popisuje všeobecná teória relativity, ktorú sa nepodarilo úspešne prepojiť s kvantovou teóriou. Štandardný model nie je finálnym riešením, pretože neobsahuje gravitačnú interakciu a je založený na väčšom množstve základných konštánt. Ideálne by bolo mať teóriu, ktorá obsahuje jednu, či dve konštanty, z ktorej by vyplynuli všetky hmotnosti, náboje a ďalšie vlastnosti elementárnych častíc.

**Elektromagnetická interakcie** - pôsobí na všetky častice s elektrickým nábojom. Teoreticky má nekonečný dosah. Jej pôsobenie ubúda s druhou mocninou vzdialenosti. Poľné častice sprostredkujúce túto interakciu sú fotóny, ktoré vytvárajú medzi nabitými telesami elektromagnetické pole. Fotóny nemajú elektrický náboj, majú nulovú kludovú hmotnosť a spin rovný 1. Teória elektromagnetickej interakcie sa nazýva kvantová elektrodynamika (QED).

**Silná interakcia** – interakcia krátkeho dosahu, približne  $10^{-15}$  m. Silná interakcia pôsobí len na kvarky. Poľné častice silnej interakcie sú gluóny (z „glue“ = lepiť, lepidlo). Gluóny spojujú kvarky do väčších celkov, tzv. hadrónov. Najznámejšie sú protón a neutrón zložený z troch kvarkov. Silná interakcia je zodpovedná za súdržnosť atómového jadra. Teória silnej interakcie sa nazýva kvantová chromodynamika (QCD).



**Slabá interakcia** – interakcia s konečným dosahom, ktorý je približne  $10^{-18}$  m. Pôsobí iba na Vľavo – točivé kvarky a leptóny. Poľné častice sú vektorové bozóny  $W^+$ ,  $W^-$  a  $Z^0$  so spinom rovným 1. Hmotnosti častí sú v rozmedzí 80-90 GeV. Typickým slabým procesom je beta rozpad neutrónu. Teória slabej interakcie sa nazýva kvantová flavourdynamika (QFD).

### Rodové delenie častíc

#### Leptóny

Medzi leptóny patrí elektrón a jeho neutríno v troch generačných prevedeniach, potom prislúchajúce antičastice. Nepozorujeme u nich doposiaľ žiadnu vnútornú štruktúru, teda sa javia ako skutočné, elementárne častice. Všetky leptóny podliehajú slabej interakcii. Elektróny navyše elektromagnetickej.

#### Kvarky

Tvoria ťažké častice s vnútornou štruktúrou (protón, neutrón). Všetky častice zložené z kvarkov nazývame **hadrony**. Časticiam zložených z troch kvarkov hovoríme **baryóny**. Časticiam zložených z kvarkov a antikvarkov hovoríme **mezóny**.

#### Poľné častice

Tieto častice sprostredkujú interakcie. Hovoríme im tiež výmenné alebo intermediálne častice. Pre elektromagnetickú interakciu je to fotón, pre slabú interakciu častice  $W^+$ ,  $W^-$ ,  $Z^0$ , pre silnú interakciu existuje 8 gluónov, pre gravitačnú - hypotetický gravitón.

### Delenie podľa štatistického chovania

#### Fermióny

- Majú polocíselný spin. Patria k nim všetky leptóny a kvarky, teda všetky častice látky. K fermiónom patria aj baryóny.
- Splňujú **Pauliho vylučovací princíp** – Dve častice nemôžu byť nikdy v rovnakom kvantovom stave. Preto rôzne elektróny v atómovom obale zaujímajú rôzne kvantové stavy, čím vytvárajú rôznorodé chovanie chemických prvkov.
- Vlnová funkcia viacerých fermiónov je antisymetrická vzhľadom k ich zámene.
- Podliehajú Fermiho – Diracovej štatistike.
- Kreačné operátory fermiónov splňujú antikomutačné relácie.

#### Bozóny

- Majú celočíselný spin. Patria k nim všetky poľné častice. Zo zložených častíc k nim patria častice zložené tak, že výsledný spin je 0 (skalárne častice) alebo 1 (vektorové častice). Najčastejšie ide o mezóny zložené z kvarkov a antikvarkov.
- Nesplňujú Pauliho vylučovací princíp. Vzniká tzv. **bozónový kondenzát**, ktorý môže mať supravodivé a supratekuté vlastnosti.
- Vlnová funkcia viacerých častíc je symetrická vzhľadom k ich zámene.
- Platí pre nich Bose – Einsteinova štatistika.
- Kreačné operátory bozónov splňujú komutačné relácie.



Obr. 68 CERN, zdroj: CERN.

### ZDROJE KU SAMOŠTÚDIU

Video prednášky:

Lekcie 1-15

[https://www.youtube.com/playlist?list=PLYYRBJzenzaBkGYEnLdGIlJbEaznOEcBf&disable\\_polymer=true](https://www.youtube.com/playlist?list=PLYYRBJzenzaBkGYEnLdGIlJbEaznOEcBf&disable_polymer=true)

Knihy:

<https://www.aldebaran.cz/studium/tf.pdf>

### Záver – kvantová fyzika

Prebrali sme najrozsiahlejšiu kapitolu o kvantovej fyzike. Bez dôkladného štúdia nie je možné dobre porozumieť kvantovej fyzike. Kvantová fyzika nie je veľmi intuitívna, no teoretický model je možné pochopiť, aj sa naučiť. Tak ako všetky moderné fyzikálne konštrukcie ide iba o **abstrakciu**. Teda kvantová fyzika je model toho, ako popisujeme realitu na tak malých škálach. V nasledujúcej poslednej kapitole Vám priblížim, ako by sa dalo pozerať na kvantové fenomény, ktoré nám hlava neberie.



# Kapitola 9

## Kvantová fyzika a EDQ teória



### Úvod – Kvantová fyzika a EDQ teória

Dostali sme sa k záverečnej kapitole knihy o EDQ teórii o priestore a čase. V tejto kapitole si preberieme ako možno pridať kvantovú fyziku do EDQ teórie, teda pridať vlastnosti a zistenia kvantovej fyziky do zjednocujúceho konceptu EDQ teórie.

EDQ teória nie je konkurentom ku kvantovej fyzike, konkurentom k všeobecnej relativite, ani k súčasným strunovým, či super strunovým teóriám. Dnešné fyzikálne teórie hľadajú iba **kvantitatívny model podchytený matematickým formalizmom**, ktorý má za úlohu popísať svet abstraktnými pojmami, veličinami. **Teda ľudstvo nevie, ako to tá príroda robí. Nevieme ani to, či to bude raz možné v budúcnosti zistiť.**

Účelom EDQ teórie je principiálne **zjednotiť naše modely a predstavy, priniesť ďalšie hypotézy, nápady do súčasných teórii** z rôznych zorných uhlov pohľadu.

### VZDIALENOSŤ MEDZI OBJEKTAMI

Čo tvorí vzdialenosť medzi objektami? Žiadna zo stavajúcich teórií (kvantová teória, všeobecná relativita) nedefinuje hlbšie priestor a čas. Pričom tieto veličiny sú **fundamentálne pre každú jednu z nich**. Mohli by ste namietat, že majú nejakú matematickú definíciu. No pravdou je to, že o týchto veličinách nemáme moc dobré predstavy. Máme praktickú definíciu, že priestor sú tri na seba kolmé dimenzie, pričom veľkosť sa meria dĺžkomerom, čas má jednu dimenziu a meria sa hodinami. Priestor je vo fyzike spojitý, rovnako spojitý je aj čas.

**EDQ teória sa snaží ísť ďalej**, teda definuje ďalšie vlastnosti v zmysle kapitoly – Nevyslovené nápady k teórii relativity, kapitola EDQ – kozmologické hypotézy. Záver týchto kapitol bol sumarizovaný v postulátoch č.6 až č.8. **Základným rozdielom so súčasným, fyzikálnym aparátom je ten, že priestor je niečím tvorený (kvantové struny) a nie je plne spojitý, teda je diskretný. Priestor je vzhľadom na povahu kvantových strún dynamický objekt.** V tejto kapitole sa budeme venovať ďalším atribútom takejto predstave priestoru, do ešte hlbších súvislostí a spojitostí (hlavne s kvantovou fyzikou).

#### Príklad:

Majme dva atómy od seba vzdialené na nejakú konkrétnu dĺžkovú jednotku. Otázka znie, čo to znamená, že sú od seba vzdialené nejakú dĺžkovú jednotku?

Vyznie to divne, prečo sa pýtam na samozrejmosť? Nie je to také samozrejmé, ako sa to javí. Pokiaľ máme zadefinované, že priestor je diskretný, tak nemôžeme povedať, že dva atómy oddeľuje vzdialenosťou ničota, neexistencia, pretože tá nemá vlastnosť vzdialenosti. **V EDQ teórii má vlastnosť vzdialenosti**

**iba nejaká forma existencie (hmota tvorená kvantovými strunami).** Fyzikálne teórie udávajú vlastnosť vzdialenosti, aj pre „zázračné objekty“ - ako je nehmotný priestor. Minimálne sa nezaťažujú filozofickou otázkou, či principiálne môže existovať objekt, ktorý má len vlastnosť vzdialenosti.

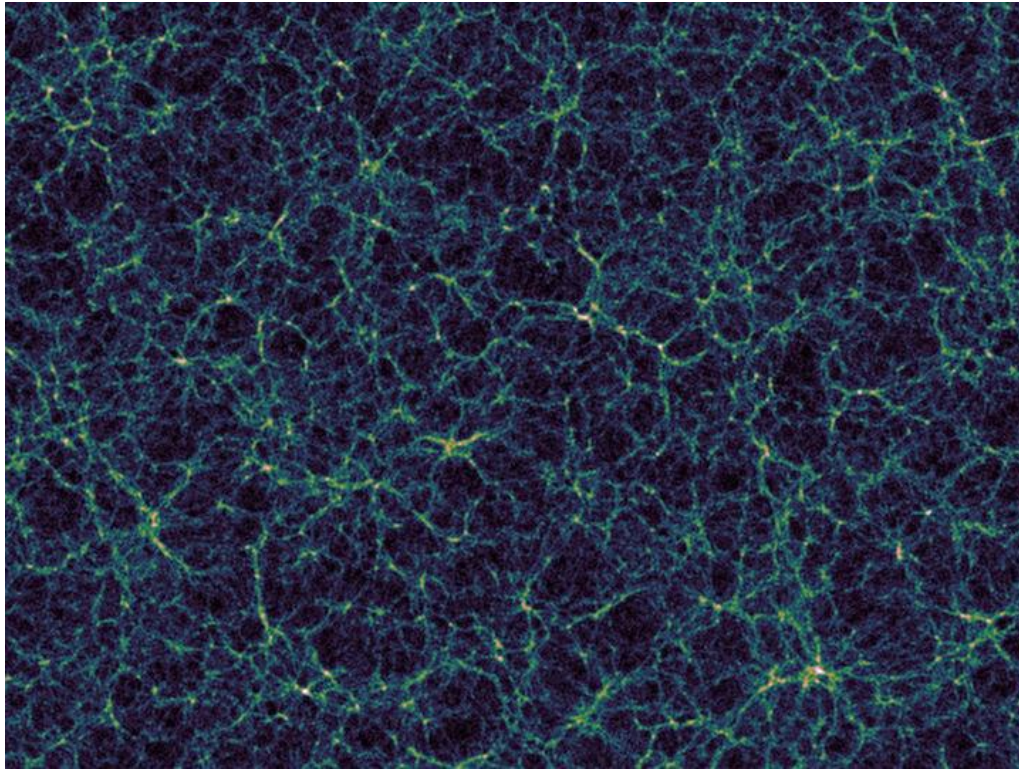




### Povaha fraktálov

Spomeňme si na fraktály z kapitoly č.2. Medzi základné vlastnosti fraktálov patrila ich sebakodobnosť, či sebakríbnosť. To znamená, že celok je podobný, príbný na rôznych škálach mierky. Fraktály nemajú celočíselnú dimenziu.

Vesmír na tej najväčšej škále pripomína fraktál. Podobá sa na 3D sieť, pavučinu, viď. obrázok 69.



Obr. 69 Kozmická škála na makro úrovni vesmíru, zdroj: internet.

Môžeme teda skúsiť vytvoriť odvážnu predstavu, že na **mikro úrovni by mohla byť štruktúra v zásade podobná, príbná**. Teda hovoríme tu o priestore ako o dynamickej, fraktálnej štruktúre.

V zmysle postulátov je priestor (v EDQ) tvorený dynamickými entitami (strunami), ktoré nevyplňujú 3D priestor (Euklidov) úplne celistvo. V teórii jednotlivé kvantové struny **obklopuje neexistencia (úplná prázdnota), ktorá ale nemá žiadne vlastnosti**.

Pre **hrubú ilustráciu** aj dynamiky si môže čitateľ pozrieť video, ktoré by azda mohlo trochu pripomínať skutočnú realitu kvantových strún na tej najmenšej škále. Dynamika strún by však bola oveľa rýchlejšia – ako na videu.

Video:

[https://www.youtube.com/watch?v=5yofYK9nJvo&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?v=5yofYK9nJvo&feature=emb_logo)

**V zásade sa dá povedať, že takýto priestor by sa podobal na Euklidovský (3 dimenzie), pokiaľ jemnosť tej štruktúry nedokážeme ani zmerať.** Nevysvetľuje to síce, prečo máme konkrétne práve tri makro dimenzie (x, y, z), no zároveň to ničomu neodporuje, ani teoreticky, ani meraniam.



**Takáto predstava priestoru však pomôže vysvetliť komplikácie s chápaním kvantovej fyziky, vid'. nasledujúce state.**

Zadefinujme to tvrdením:

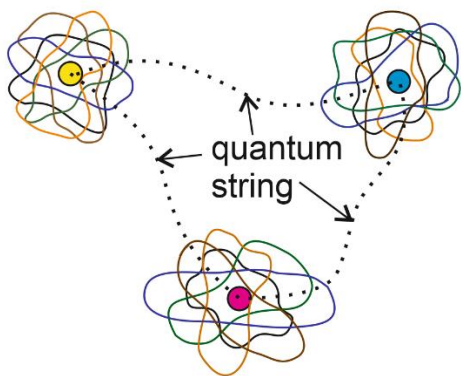
### Postulát č.9 – o vnútornej štruktúre priestoru:

**Priestor má na najmenšej škále dynamickú štruktúru, ktorá je diskretná, tvorená kvantovými strunami. Na makro úrovni v štandardných podmienkach, bez silných gravitačných polí je zhodná s Euklidovskou, plochou geometriou. Na kvantovej úrovni nie je zhoda s Euklidovskou geometriou. Kvantové struny sú elementárne objekty, najmenej trojdimenzionálne objekty, ktoré sprostredkujú fyzikálne interakcie. Kvantové struny tvoria aj vákuum a ich vnútorný pohyb, kmity definujú hodnotu energie vákua.**

Postulát č.9 je už čiastočne obsiahnutý v postuláte č.6, no je dobré zdôrazniť, že teória EDQ predpovedá inú povahu priestoru. Dodáva mu dynamiku, diskretnosť, zároveň spĺňa aj požiadavky teórie relativity, no a ukáže aj principiálnu zhodu s kvantovou povahou sveta.

**Z takejto povahy priestoru plynie aj konečnosť priestoru, hmoty, teda všetkého, čo možno pokladať za existenciu. Nie je totiž žiaden dôvod na nekonečné veličiny vo vesmíre.** Priestor ohraničuje neexistencia, ktorá nemá žiaden atribút - vlastnosti. V neexistencii je teda zomknutý aj samotný priestor. Ľudovo povedané, za vesmírom nie je nič. Neexistencia nemá veľkosť, nemá žiadnu vlastnosť.

Vráťme sa k príkladu s atómami, ktoré medzi sebou oddeľuje nejaká hodnota vzdialenosti. Povedali sme, že vzdialenosť, resp. poloha je určená iba nejakou formou existencie – teda strunami. Nakreslime si do obrázku s dvoma dimenziami (x, y) tri atómy, tak aby splnili všetky podmienky na takýto priestor, obr. 70.

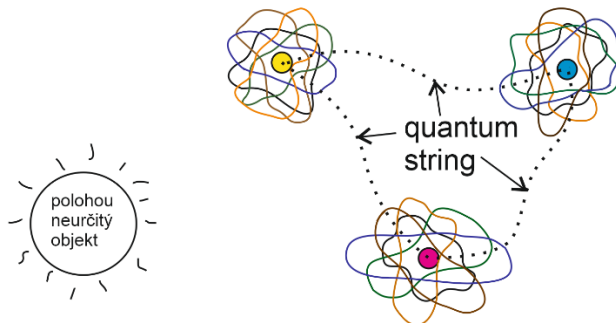


Obr.70 Schéma priestoru, vzdialenosti tvoria kvantové struny, zdroj: vlastný obrázok.

Predpokladajme, že kvantové struny prenášajú aj fyzikálne interakcie, pokiaľ však nejaký atóm nie je spojený cez kvantové struny s okolím, **neinteraguje s okolím, potom je jeho poloha neurčená.** Dáva to zmysel?



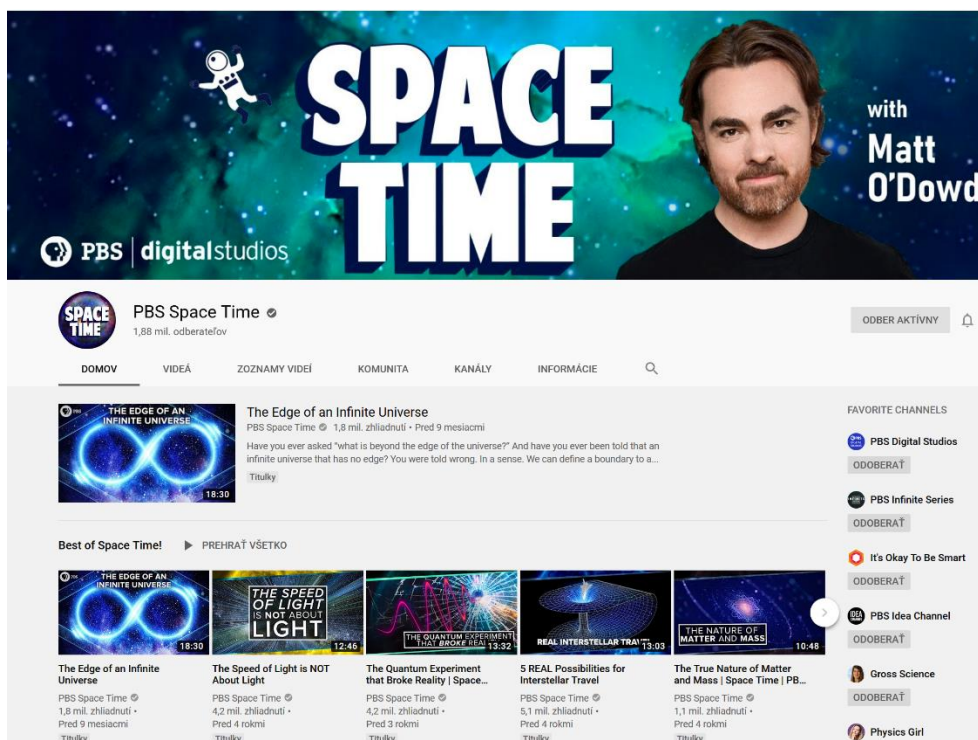
Takýto atóm v zmysle našich predpokladov **nie je polohovo určený, pretože polohu udávajú väzby (interakcie) kvantových strún s okolím**, vid' obr.71. Priestor tvoria iba objekty mikrosвета, poloha je teda nutne určená iba voči týmto objektom, ktoré sú poprepájané strunami.



Obr.71 Kvantovo neurčitý objekt v priestore, zdroj: vlastný obrázok.

### KVANTOVÉ STRUNY

Doposiaľ sme sa bavili o kvantových strunách, no nebolo vysvetlené, čo sú to za objekty, ani to, prečo sú primárne základné, stavebné kamene EDQ teórie. Existujú strunové teórie, ktoré chcú prostredníctvom kvantových strún zjednotiť fyziku, nájsť prepojenie medzi všeobecnou teóriou relativity a kvantovou teóriou. Táto teória sa volá tiež kvantová gravitácia, alebo s honosnejším názvom **teória všetkého**. Strunové, resp. superstrunové teórie pracujú s viacrozmerným priestorom. Predpokladajú, že existuje viac dimenzií priestoru, viac ako trojrozmerný priestor. Pričom tie **zvyšné dimenzie sú veľmi malé, nepozorovateľné a sú zvinuté**. Viac informácií o strunových teóriách nájdete napr. na tejto lokalite:





[https://www.youtube.com/channel/UC7\\_gcsogiThXybpVgjHZ\\_7g](https://www.youtube.com/channel/UC7_gcsogiThXybpVgjHZ_7g)

Koncept strunových teórií započal v 60. rokoch minulého storočia **skúmaním správania sa hadrónov**.

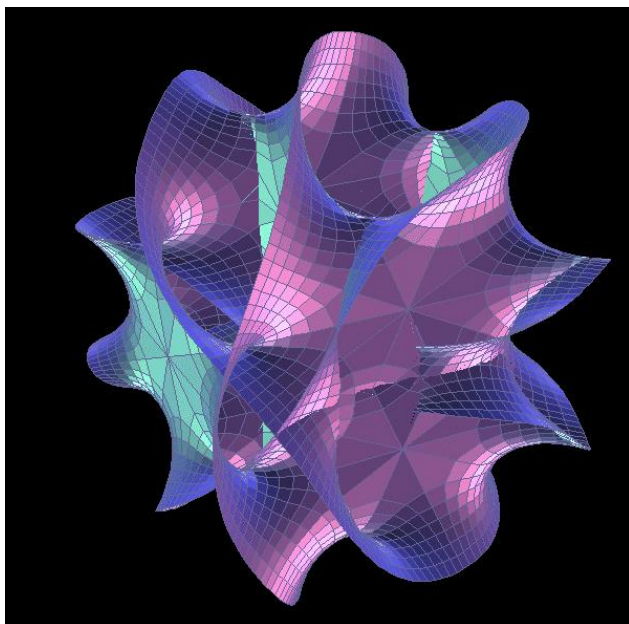
Štandardný model nie je úplný a potrebuje 16 voľných parametrov, ktoré by bolo možné nahradiť fundamentálnejším jedným, dvoma parametrami superstrunovej teórie (M teória). Edward Witten zjednotil superstrunové teórie do jedného rámca, kde sa redukovali na **9 priestorových dimenzií a jednu časovú**.

Dôvody, prečo práve kvantové struny, sa dá zhruba zhrnúť do týchto bodov:

- Zvláštnosti v správaní mezónov (tvorené kvarkom a antikvarkom). Pozorovania ukázali, akoby boli prepojené reťazcami z trubíc so silnou jadrovou silou (silná a interakcia).
- Strunami sa dajú odvodiť interakcie bozónov aj fermiónov, podporná myšlienka supersymetrie, ako to vsadiť do jednotného matematického rámca.
- Kvantové struny prenášajú vlnenie, dokážu vytvoriť aj stojaté vlnenie medzi objektami. Teda sú výborným nástrojom na prenos energie. Konštruktívne a deštruktívne vlny (stojatého vlnenia) vytvoria konkrétny vlnový vzor, zvyšné frekvencie vlny sa postupne vyrušia. To má za následok, že konkrétne frekvencie zodpovedajú iba určitým energiám, zároveň frekvencie priamo súvisia s dĺžkou reťazca.
- Dĺžka reťazcov strún určuje hmotnosť častíc, **komplexné vibračné módy** určujú **vlastnosti častíc**.
- Struny sa môžu prirodzene **zlučovať, aj rozpojovať**. **Táto vlastnosť potom dokáže elegantne** vysvetliť interakcie častíc, ich rozklad na iné častice. Táto vlastnosť rieši aj kvantovanie gravitácie.
- Základné jednorozmerné struny začnú produkovať známe vlastnosti častíc. No pre úplný popis **musia vibrovať v 10 dimenziách**. (3 klasické, 6 extra dimenzii, 1 časová).
- Zjednocuje gravitáciu s kvantovou mechanikou.

Veľké negatívum superstrunovej teórie je, že predpovedá až  $10^{500}$  možností a žiaden dostupný spôsob pre vznik práve nášho vesmíru, našich konštánt a pod.





Obr.72 Superstruny v extra dimenziách, zdroj: internet.

### EDQ a vlnovo - časticový dualizmus

V predchádzajúcej kapitole o kvantovej fyzike bolo stručne vysvetlené, čo je vlnovo – časticový dualizmus. Teraz sa však pozrieme detailnejšie na **túto vlastnosť a zároveň veľkú záhadu**. Názorne sa táto vlastnosť prejaví pri štrbinovom experimente. Na kvantovej úrovni sa dejú podivné veci. Podivnosť spočíva v správaní sa elementárnych častíc. Niekedy sa častice správajú ako korpuskule, inokedy ako vlny. Pravidlá, ako sa budú správať, popisuje kvantová mechanika.

Také názorné video, čo je vlastne problematické pri pochopení tohto správania:

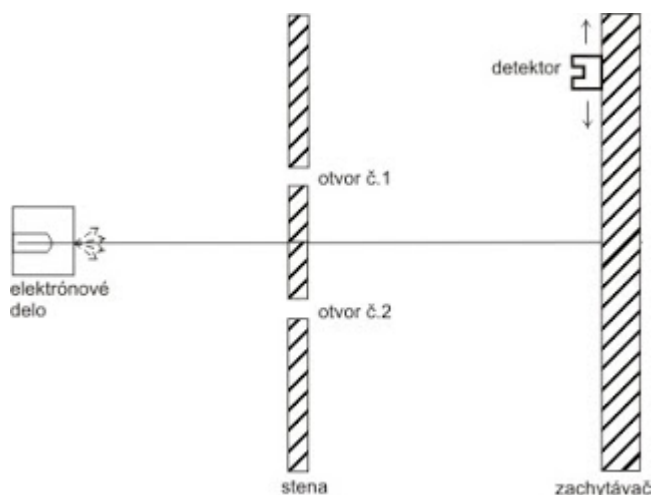
Link: <https://www.youtube.com/watch?v=Q1YqgPAtzho>

### EXPERIMENT S ELEKTRÓNMÍ

Tento experiment je myšlienkový a nikdy sa takto neuskutočnil. Experiment je uvádzaný pre názornosť správania sa elektrónu.

#### **Popis experimentu:**

Vytvorme si v našom experimente elektrónové delo, ktoré sa skladá z elektricky vyhrievaného volfrámového vlákna. Všetky elektróny vyletujúce z dela budú mať približne rovnakú energiu. Na druhej strane je stena, kde je umiestnený detektor. Detektor môže byť Geigerov počítač alebo elektrónový násobič napojený na reproduktor. Pred zachytávačom je umiestnená stena s dvoma otvormi. Prvá vec, ktorú si všimneme v experimente s elektrónmi je tá, že z detektora počujeme ostré cvaknutia. Všetky cvaknutia sú rovnaké. Neexistujú polo-cvaknutia. Preto uzatvárame, že nech čokoľvek dopadá na zachytávač, dopadá to v „celkoch“. Elektróny priletujú vždy v rovnakých celkoch.



Obr. 73 Štrbinový experiment s elektrónmi, zdroj: vlastný obrázok.

- A. Aká je pravdepodobnosť, že elektrón, ktorý preletí cez otvory v stene dopadne na záchytnú stenu vo vzdialenosti „x“ od stredu zachytávača?

Prvé, čo môžeme povedať, že nakoľko elektróny prilietavajú v celkoch, prilietavajú alebo cez otvor č.1, alebo cez otvor č.2. Na základe tohto tvrdenia všetky elektróny, ktoré doletia na zachytávač, možno rozdeliť do dvoch tried.

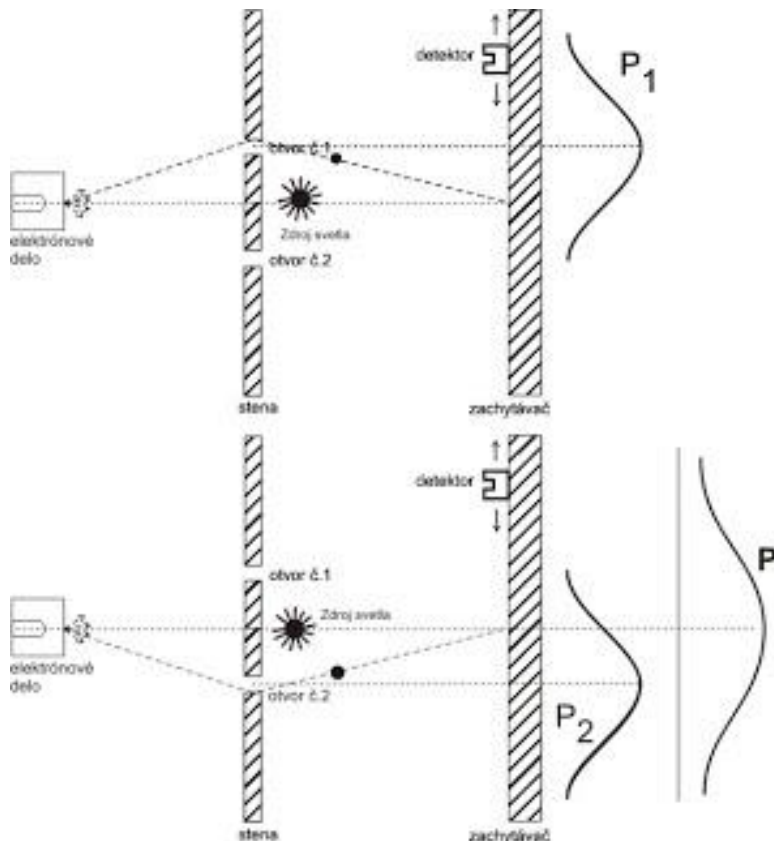
1. Na tie, čo preleteli cez otvor č.1.
2. Na tie, čo preleteli cez otvor č.2.

Takže nameraná krivka by mala byť daná súčtom efektov od elektrónov, ktoré prileteli cez otvor č.1 a č.2.

**Overme si to nasledujúcim experimentom:**

Najskôr budeme merať elektróny, ktoré preletia cez otvor č.1. Otvor č.2 zablokujeme. Dostaneme krivku na obrázku  $P_1$ . Potom zablokujeme otvor č.1. Dostaneme krivku na obrázku  $P_2$ . Celková pravdepodobnosť bude rovná  $P = P_1 + P_2$ .

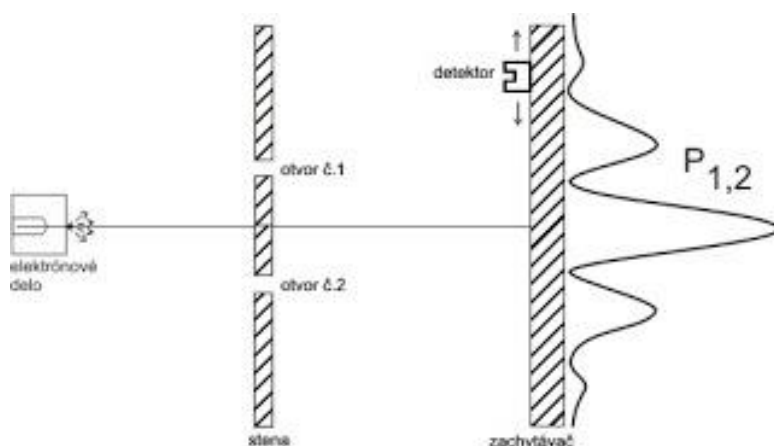




Obr.74 Rozloženie pravdepodobnosti, keď jeden z otvorov uzavrieme, zdroj: vlastný obrázok.

V našom experimente sme však urobili jeden predpoklad. Hľadali sme rozloženie pravdepodobnosti ako súčet  $P = P_1 + P_2$ . **Jednotlivé pravdepodobnosti  $P_1$  a  $P_2$  sme dostali tak, že sme vždy jeden z otvorov zablokovali.**

Urobme experiment a nechajme oba otvory otvorené. Detektorom získame celkové rozloženie pravdepodobnosti. Bude toto rozloženie pravdepodobnosti rovnaké?

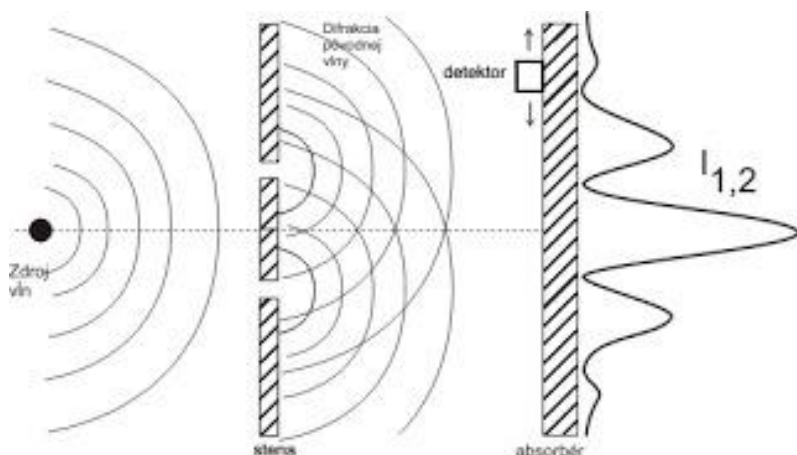


Obr. 75 Rozloženie pravdepodobnosti, keď oba otvory sú priechodné, zdroj: vlastný obrázok.

Z obr. č.75 je jasné, že výsledok  $P_{1,2}$ , keď boli obidva otvory otvorené, nie je súčtom pravdepodobností  $P_1$  a  $P_2$ , pre každý otvor zvlášť. **Dochádza k interferencii.** Všimnime si, že v strede krivky je  $P_{1,2}$  viac ako dvakrát väčšia ako  $P_1 + P_2$ .



Rozloženie pravdepodobnosti  $P_{1,2}$  sa celkom podobá na rozloženie intenzity kruhového vlnenia, napr. na hladine vody obr.č.76.



Obr. 76 Rozloženie intenzity kruhového vlnenia na hladine vody, zdroj: vlastný obrázok.

Pre vlnenie je veľkosť intenzity rovná druhej mocnine skutočnej výšky vlny nameranej v detektore. Ak zmeriame intenzity pre rôzne  $x$  dostaneme priebeh  $I_{1,2}$ .

Vlny medzi sebou vzájomne interferujú. Na niektorých miestach sú vlnenia vo „fáze“. Súčet amplitúd je veľký a teda je veľká intenzita. Maximálne hodnoty intenzity vznikajú všade tam, kde je vzdialenosť detektora od jedného otvoru väčšia (alebo menšia) o celý násobok vlnovej dĺžky ako vzdialenosť detektora od druhého otvoru. Naopak, miesta, kde sú vlny v proti-fáze sa bude výsledné vlnenie rovnáť rozdielu obidvoch amplitúd. Vlny interferujú deštruktívne.

### **Predbežný záver:**

Elektróny prilietavajú v celkoch ako častice a pravdepodobnosť dopadu týchto celkov je rozložená ako rozloženie intenzity vlny. **V tomto zmysle sa elektrón správa „niekedy ako častica a niekedy ako vlna“.**

### **Úprava experimentu o svetelný zdroj**

Do experimentu pridáme zdroj svetla a umiestnime ho za stenu s otvormi, tesne medzi ne. Vieme, že elektrické náboje rozptyľujú svetlo. Preto, keď elektrón preletí okolo na svojej ceste k detektoru, časť svetla sa na ňom rozptýli aj do nášho oka a tak uvidíme kadiaľ elektrón letí. Experiment je znázornený na obr.č.74.

Vždy, keď počujeme cvaknutie z detektora, vidíme tiež svetelný záblesk alebo v blízkosti otvoru č.1, alebo v blízkosti otvoru č.2., nikdy nevidíme záblesk súčasne u obidvoch otvoroch.

Experimentálne je potom tvrdenie, že elektrón letí alebo cez otvor č.1, alebo č.2 nevyhnutne správne. Či už sú otvory zatvorené, respektíve otvorené, tie, ktoré vidíme preletieť cez otvor č.1 majú rovnaké rozloženie, bez ohľadu na to, či je otvor č.2 otvorený alebo zatvorený.

**Musíme spraviť záver, že keď sa na elektróny pozeráme, tak ich rozloženie na zachytávači je iné, ako keď sa na ne nepozeráme.**

- (1) Musí to byť tak, že elektróny sú veľmi jemné a svetlo tým, že do nich drgne, zmení sa ich pohyb. To znamená, že drgnutie, ktoré elektrón pocíti, keď sa na ňom rozptýľuje fotón je



také, že dostatočne zmení pohyb elektrónu. Takže, keď mal elektrón letieť tam, kde má pravdepodobnosť dopadu maximum, priletel tam, kde má minimum (úvaha Feynmana).

Skúsme použiť svetlo menšej frekvencie. Hybnosť fotónu je nepriamo úmerná vlnovej dĺžke.

Keď sa použije svetlo s väčšou vlnovou dĺžkou, drgnutie bude slabšie. Spočiatku sa zdá, že sa nič nemení. Výsledky sú rovnaké. Potom sa stane strašná vec. Pre vlnovú povahu svetla existuje určité obmedzenie pre vzdialenosť dvoch bodov, aby sme ich ešte mohli vidieť ako dve oddelené bodky. Táto vzdialenosť sa rádovo rovná vlnovej dĺžke svetla. Preto, keď je vlnová dĺžka väčšia, ako je vzdialenosť medzi otvormi, vidíme rozmazaný záblesk. V tomto zmysle už viac nemôžeme povedať, cez ktorý otvor preletel.

### Komplikované trajektórie

Viacerí sa snažili túto záhadu vyriešiť nejakými zložitými dráhami, ktoré častice vykonávajú. No nenašlo sa žiadne riešenie cez komplikované trajektórie, ktoré by viedli na tak jednoznačné správanie, že dopady sú bez interferencie alebo s interferenciou, podľa aparátu kvantovej mechaniky vlnovej funkcie.

Zdá sa, že nie je možné to vysvetliť nijakou komplikovanou predstavou o zložitých dráhach častíc. To sa snažil Feynman ukázať, že táto možnosť sa zdá nepravdepodobná – komplikované trajektórie. Prejav interferencie je práve jednoznačný a postačuje na to vlnový aparát vodných vĺn na hladine. ***Experimenty na vlnovo – časticové správanie sa poukazujú, že častice mikrosвета sa museli pohybovať po všetkých možných dráhach (cez otvor 1 aj otvor 2 zároveň). Tento záver je však nestráviteľný, je to veľmi paradoxný záver.***

### Iné možnosti

***Základná predstava o častici s jednou trajektóriou, pokiaľ ju nevieme zmerať, zaznamenať, alebo sa nijak inak principiálne nedá zistiť neexistuje. Ako to?***

V našej predstave, aj keď sa nepozeralíme vieme, že teleso v makrosвете muselo mať nejakú konkrétnu dráhu, aby narazilo na terč. ***Tento predpoklad vyplýva z našej skúsenosti z makrosвета.***

***No v mikrosвете zdá sa, že toto nemôžeme tvrdiť, lebo vytvoríme spor. Ten spor vedie k tomu, že by sme nemohli dostať interferenčný obrazec. Vedeli by sme, že elektrón prešiel alebo otvorom č.1 alebo č.2 a museli by sme nevyhnutne sčítať pravdepodobnosti a výsledok by bol bez interferencie.***

Takže zostáva urobiť ústupok, že pokiaľ nie je možné principiálne zistiť trajektóriu, možnosť, ktorá sa realizovala, musíme uvažovať iba ako o ***virtuálnej možnosti trajektórie***.

Sformulujeme to do tvrdení:

1. Pokiaľ nie je možné rozhodnúť, ktorá alternatíva z rôznych možností nastala (elektrón prešiel alebo otvorom č.1 alebo otvorom č.2), potom existujú iba virtuálne možnosti dráh, ktoré sú v superpozícii a interferujú navzájom. To znamená, že vlnová funkcia popisuje virtuálne možnosti a ich pravdepodobnosti, že nastanú.



2. Pokiaľ nameriame nejakú konkrétnu udalosť, potom dochádza ku tzv. „kolapsu vlnového balíka“. Teda dochádza k výberu konkrétneho výsledku (nastala konkrétna realita) v zmysle pravdepodobnosti virtuálnych možností.
3. Častica teda nemá konkrétnu dráhu, pokiaľ ju nemožno principiálne zistiť. Je v stave virtuálnych možností, že sa niekde vynorí (meraním zistí jej dopad – jej korpuskulárny prejav). Pokiaľ prijmeme tieto tvrdenia, paradoxy sa vytratia.

***Pokúsme sa ísť ešte hlbšia a hlavne ukázať spojitosť s EDQ. No najskôr sa poďme pozrieť na pohyb objektov v mikrosvete a makrosvete.***

### POHYB V MAKROSVETE A MIKROSVETE



Obr. 78 Pohyb v makrosvete, zdroj: internet.

EDQ teória sľubuje vysvetlenie, ale aj evolúciu samotného pohybu. Čo pod tým rozumiem? No vysvetlenie, ako sa z pohybu častíc v mikrosvete dostaneme k vlastnostiam pohybu telies v makrosvete.

Troška odbočím a spomeniem definíciu pohybu vo fyzike. Pohyb vo fyzike stojí na postuláte priestoru a času. A definuje ho ako funkciu zmeny polohy v priestore za čas. Táto funkcia je spojitá, pretože čas aj priestor vo fyzike sú spojité veličiny.

***V EDQ teórii je však priestor aj čas diskretný, postuláty č.6 až č.9.***

Povedali sme si, že priestor je tvorený elementmi priestoru (základné, viac nedeliteľné časti). Tieto elementy sme neskôr definovali ako kvantové struny.

Čo znamená pohyb v diskretnom priestore? To je zmena polohy vzhľadom na iné elementy priestoru (tvoria množinu a priestor sám). ***Teda pohyb je tu zmena usporiadania elementov v celej množine. Pohyb je zmena usporiadanej n- tice priestoru.*** Priestor je množina elementov, v matematike je to množina čísiel, v geometrii je to množina bodov. Pohyb sa dá teda v takomto diskretnom priestore (popísaný napr. maticovo) matematicky formulovať, bude to operácia v tejto množine.

### Spoločné vlastnosti pre makrosvet a mikrosvet

Čo môžeme o pohybe ako takom zásadne napísať, čo je úplne spoločné pre mikrosvet a makrosvet?

Spoločné je to, že objekt (z mikrosveta aj makrosveta) je v počiatočnom mieste so súradnicami  $(x_1, y_1, z_1, t_1)$ , neskôr o nejaký malý úsek času  $\Delta t$  v mieste so súradnicami  $(x_2, y_2, z_2, t_2)$ .

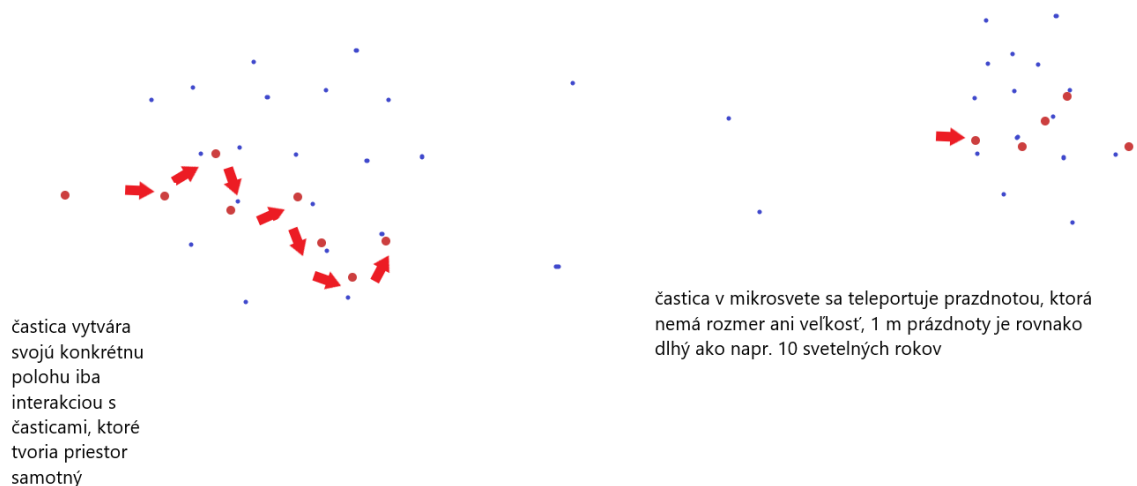


Pokiaľ bude  $\Delta t = \text{Planckov čas}$

Bude sa nám javiť pohyb ako spojitý. Lenže v skutočnosti je skokovitý s najmenšími možnými Planckovými hodnotami posunutia v priestore a čase.

Určite bol každý v kine na nejaký film. To, ako vnímame film je sada obrázkov v čase plynúcich za sebou. **V makrosвете sme sa domnievali, že tento pohyb je spojitý**, keďže priestor je spojitý, tak musí existovať konkrétna dráha, aj keď sme ten pohyb v tej užšej oblasti nesledovali. Kvantová mechanika nám ukazuje, že sme žili vo veľkom omyle. No veru tak, pozorovanie mikrosвета nás postavilo pred takú vec, že sme nedokázali z toho proste odísť uspokojivo von.

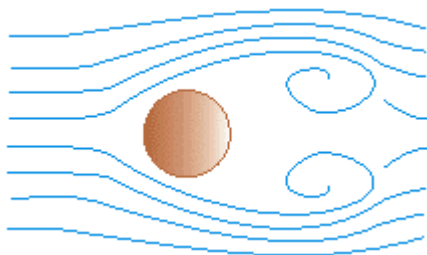
**Prvá časť riešenia vlnovo – časticového dualizmu je práve v tom, že častice z mikrosвета robia kvantové skoky, to je presne to, čo dokáže vysvetliť aj kvantové tunelovanie v KM. Neexistuje teda konkrétna dráha častice medzi kvantovým skokom z miesta A do miesta B.**



Obr. 79 Kvantový skok v priestore, zdroj: vlastný obrázok.

### Pohyb makro objektov

Ako z toho vznikne pohyb makro objektov? Vieme, že makro objekty sú zložené z veľmi veľkej množiny častíc. **Tieto častice interagujú s okolím, medzi sebou a to znižuje pravdepodobnosť kvantového skoku makro objektu k nule.** Vzniká obtekanie makro objektov a klasický pohyb, ktorý všetci dobre poznáme.



Obr.8o Klasické obtekanie objektov, zdroj: internet.



Makro objekt neustále interaguje s veľkým množstvom častíc z okolia, čo mu stále udáva polohu voči okoliu, teda je **detegovaný okolím**. Nám sa potom javí, že taký objekt ide spojite, lenže tu sú taktiež skoky, ibaže veľmi maličké - kvantové. Zo štatistického hľadiska je pravdepodobnosť väčšieho skoku rovná nule (pre bežné telesá v bežnom prostredí). Tento model plne zodpovedá predpovediam kvantovej teórie aj javov, ktoré vznikajú.

### INTERFERENCIA ROZLOŽENIA PRAVDEPODOBNOTI DOPADU

Pokiaľ pozorujeme (teda vieme z detekcie), cez ktorý otvor častica prešla, potom celkový obrazec rozloženia dopadov častíc je daný súčtom cez otvor č.1 a č.2.

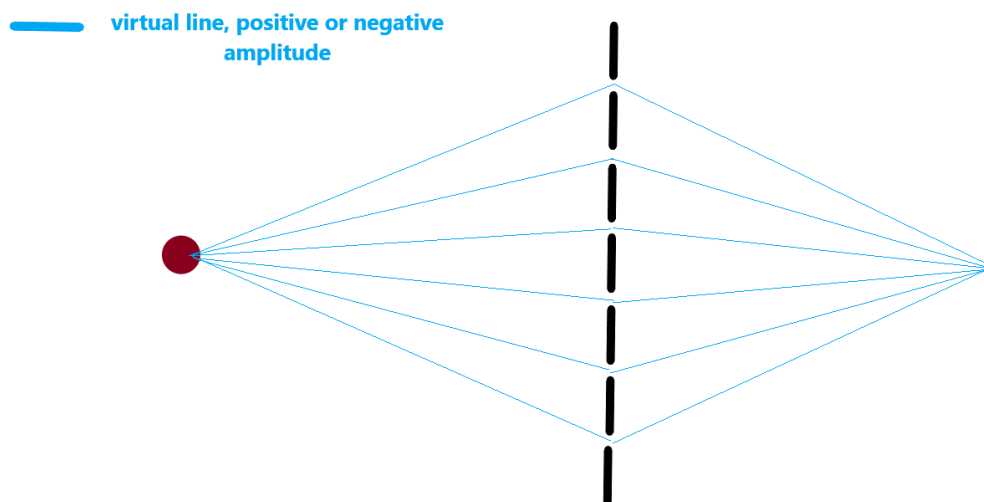
Pokiaľ, ale **princiálne nevieme určiť** (nesúvisí s vedomím človeka), cez ktorý otvor častica prešla, dostaneme interferenciu. Tu je pekne vidieť, že ak vieme kadiaľ častica prešla, nespráva sa to vlnovo, pokiaľ ale nevieme určiť kadiaľ častica prešla, potom dopady budú ako rozloženie intenzity vlny na stene, viď obr.75, obr.76.

Môžeme teda tvrdiť, že aj keď nevieme, kadiaľ častica prešla, musela prejsť alebo otvorom č. 1 alebo otvorom č.2?

**Nie nemôžeme, pretože častica nešla cez jeden z otvorov.**

Musíme uvažovať tak, že miesto kde sa objaví (v zmysle pravdepodobnosti) je dané všetkými virtuálnymi dráhami, ktoré spolu vlnovo interferujú v zmysle obr. 81. To je ten vlnový aspekt. Častica, na miesto dopadu kvantovo, skočí. **To je prvá časť riešenia – kvantový skok.**

**Prečo častica interferuje po rôznych virtuálnych dráhach?**



Obr. 81 Virtuálne dráhy, ktoré spolu interferujú, zdroj: vlastný obrázok.

**To je však oveľa ťažšia otázka.** Úprimne poviem, že následne úvahy budú len v rovine hypotéz.

Povedali sme si, že mikro-objekty v EDQ teórii sú tvorené kvantovými strunami. Kvantové struny môžu mať otvorené konce, alebo sú uzavreté. Rôzne kmitanie (v zmysle teórie superstrún) určuje vlastnosti hmoty všeobecne.





Ďalej, že samotné fyzikálne interakcie sú taktiež prejavom kvantových strún, kde struny prepoja ďalšie objekty mikrosвета vzájomne obr. 70.

To znamená, že pokiaľ objekt mikrosвета neinteraguje s okolím, je kvantovo neurčitý v priestore obr.71.

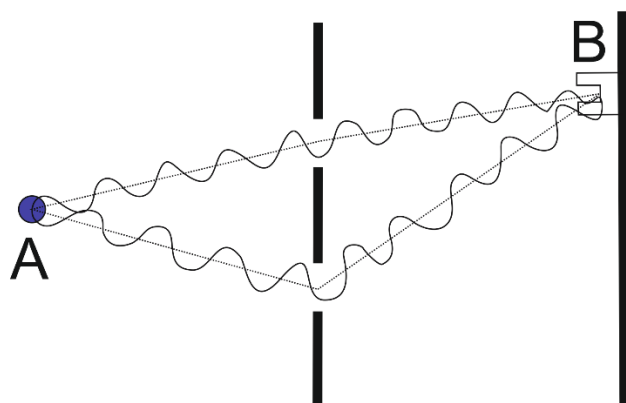
### **Hypotéza o vlnovo – časticovej povahe sveta**

**Častica ako keby z miesta A do miesta B kladie pred seba kvantové struny na zachytenie sa k iným objektom (časticiam, atómom) z okolia, resp. využíva jestvujúce kvantové prepojenia.** To sme si povedali, že táto kvantová struna(struna spájajúca dva mikro-objekty) vytvára v priestore konkrétnu lokalizáciu a zároveň je prenášačom fyzikálnych interakcií.

**Tieto spájajúce kvantové struny sa samozrejme vlnia, kmitajú (prenášajú rôzne vlnenia). Potom, ak takéto kvantové prepojenie viacerých strún po všetkých virtuálnych dráhach obr. 81, obr.82 z miesta A do B je vo fáze (viď vlnová funkcia v KM), tak častica sa tam prostredníctvom kvantového skoku vynorí a prepojí s miestom B (lokalizuje). Následne aj pomenovanie - virtuálne dráhy nie je celkom dobré, keďže by sa jednalo o skutočné prepojenia.** No zdôrazňujem, že toto je hypotéza. Táto hypotéza **je však v zhode s matematickým formalizmom kvantovej teórie.** Táto hypotéza je vysvetlenie tohto správania sa.

Možno by sa dalo nájsť aj iné riešenie, ja som zatiaľ žiadne iné rozumné nenašiel. Možno sa nejak v mieste B častica re-kombinuje po tom, ako prešla cez všetky virtuálne dráhy. No toto sa mi zdá značne nejednoznačné a zložité.

**Keďže struny sú objekty, ktoré prenášajú vlnenie je samozrejme úplne logické, že ak by sa vlnenie rušilo (de konštruktívne vlnenie – v proti fáze) v superpozícii po kvantových strunách (virtuálne dráhy), častice sa tam nemôžu objaviť, lokalizovať z dôvodu toho, že by sa energia postupujúcich vln po kvantových strunách vyrušila. Signatúra (vlnový vzor) častice v mieste A by sa nedala preniesť do miesta B.** Z toho vysvetlenia je zrejmé, že v takýchto miestach sa častica neobjaví, resp. objaví len výnimočne, možno práve v prípade, kedy si častica vytvorí priame kvantové spojenie - strunu priamo z miesta A do miesta B. Vlnenie strún v zmysle teórie superstrún vytvára konkrétne vlastnosti hmoty, tak ako tóny vytvárajú melódiu a bez tónov nie je hudba, tak ani bez vlnenia kvantových strún (konštruktívne vlnenie vo fáze) sa tam častice nemôžu objaviť.



Obr. 82 Schematický obrázok konštruktívneho vlnenia kvantových strún, zdroj: vlastný obrázok.

### EDQ - princíp neurčitosti

Ďalšou podivnou vlastnosťou je princíp neurčitosti v kvantovej mechanike. Povaha mikrosвета kvantovej mechaniky hovorí, že nemôžeme merať fyzikálne veličiny s ľubovoľnou presnosťou.

Vzťahy neurčitosti:

$$\Delta x \Delta p \geq \hbar/2$$

$$\Delta E \Delta t \geq \hbar/2$$

$$\Delta J \Delta \varphi \geq \hbar/2$$

Pričom  $\hbar$  je redukovaná Plancková konštanta.

Princíp neurčitosti naznačuje rozmazanie objektov na kvantovej úrovni. Čím presnejšie poznáme jednu premennú v rovnici, tým viac máme rozmazanie, neurčitosť druhej veličiny.

Z EDQ teórie priamo plynie, že máme diskkrétne objekty (základné elementy), ktoré sú v EDQ kmitajúce, kvantové struny. **Teda Plancková konštanta je elementárna konštanta tejto struny.** Z EDQ priamo teda plynie, že javy budú kvantované, diskkrétne. Teda je to v súlade s kvantovou mechanikou.

### ANALÓGIA S PRÚDENÍM KVAPALÍN

Vzťah rovnice kontinuity:

$$v S = k$$

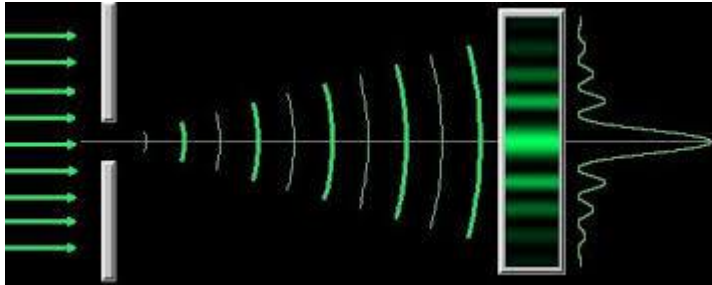
pričom  $v$  – je rýchlosť prúdenia kvapaliny,  $S$  - je prierezová plocha,  $k$  – je konštanta a vyjadruje objem prietoku za časovú jednotku.

V ľubovoľnom priereze platí, že to je rovné konstante -  $k$ . Ak máme napríklad potrubie a zmenšíme prierez rýchlosť  $v$  nám stúpne, stúpne nám aj tlak v potrubí. **Teda analogicky s**



*princípom neurčitosti, ak chceme poznať presnejšie polohu – zužujeme prierez a teda sa nám objaví väčšia neurčitosť v rýchlosti/hybnosti.*

Princíp neurčitosti je analogicky ako rovnica kontinuity toku kvantových strún, pričom struny sú kmitajúce objekty, ktoré sa pohybujú a sú tesne naviazané na Planckovú konštantu, ktorá reprezentuje charakteristiku práve jednej struny.



Obr. 83 Difrakcia ako dôsledok princípu neurčitosti, zdroj: internet.

### ENERGIA FOTÓNU

Ďalším veľmi známym vzťahom je:

$$E = h f$$

Pričom,  $E$  – je energia,  $h$  – je Plancková konštanta,  $f$  – je frekvencia svetla.

Znova vo vzťahu vystupuje Plancková konštanta. ***Tento vzťah ukazuje, že žiarenie je kvantované***, niečo ako balíčky energií, ktoré sa šíria priestorom. Z tohto vzťahu je zrejmé, že Plancková konštanta je energia, pričom frekvencia je len počet kvánt za jednotku času – charakterizujúci tok žiarenia v kvantách.

***Z pohľadu EDQ teórie je teda Plancková konštanta energia jednej struny. To, že teória EDQ je postavená na strunách, ako základných elementoch sú práve zistenia z kvantovej mechaniky.*** Potom samozrejme tok energie strún musí byť daný súčinom jednej struny a frekvencie. Znova nenájdeme žiadnu nezrovnalosť EDQ teórie s fyzikou.

### EDQ - tunelový jav

Ďalším dôležitým efektom v kvantovej mechanike je tunelový jav/kvantové tunelovanie.

Tunelový jav - je známy jav, kde objekt mikrosвета porušuje princípy klasickej fyziky, kde prechádza potenciálnou bariérou, na ktorú nemá patričnú energiu. Klasická mechanika neumožňuje prejsť bariérou, na ktorú nemá častica patričnú energiu. Ľudovo povedané, nevyšplháte sa na kopec, pokiaľ nemáte patričnú energiu.

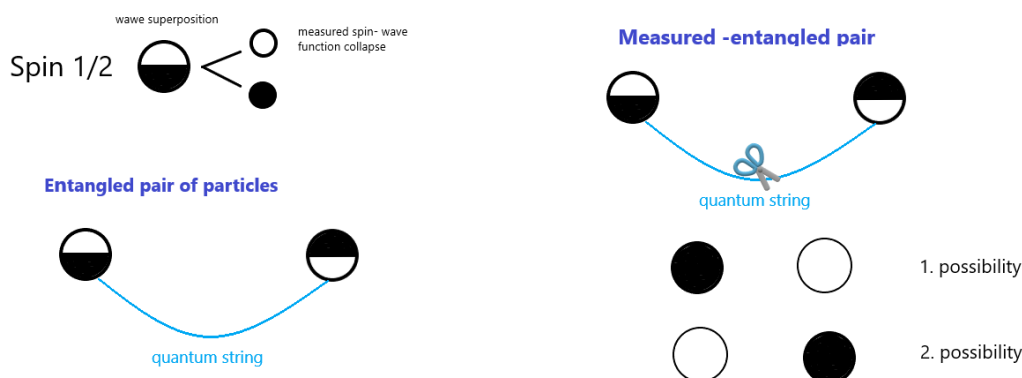
Podľa KM existuje nenulová pravdepodobnosť, že niektorým časticiam sa to podarí. Vysvetlenie tohto javu v zmysle EDQ teórie, v ktorom je kvantové tunelovanie označené ako kvantový skok, resp. veľmi úzko s ním súvisí. ***V EDQ teórii častice nevykonávajú spojitý pohyb, čím žiadnu bariéru klasicky neprekráčajú.*** Bližšie to je popísané v stati: Spoločné vlastnosti pre makrosvet



a mikrosvet. Tunelový jav plne vysvetľuje EDQ teória a je v súlade so závermi kvantovej mechaniky.

### EDQ – kvantové previazanie

**Kvantové previazanie** je fyzikálny jav, ktorý nastáva, keď skupina častíc vznikne alebo spolu interaguje spôsobom, ktorý vylučuje, aby ich kvantové stavy boli popísané nezávisle. Potom existuje iba kvantový stav celého systému.

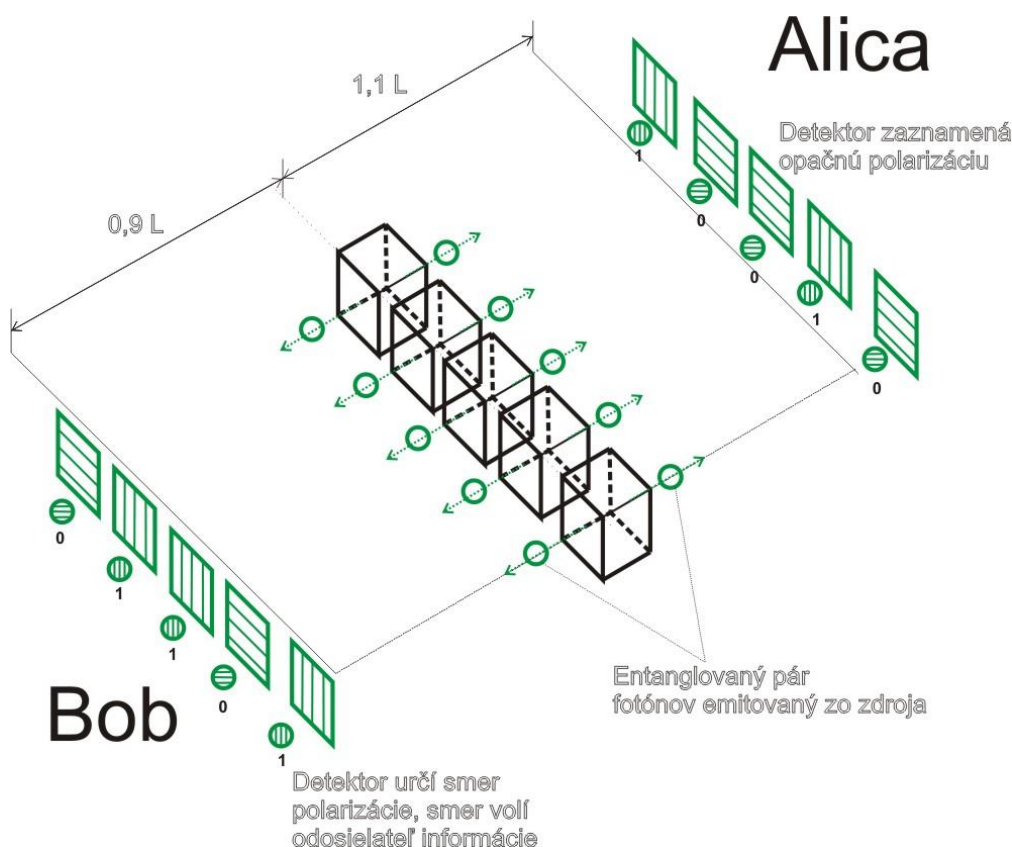


Obr. 84. Schematické, kvantové previazanie v EDQ teórii, zdroj: vlastný obrázok.

Na obrázku je schematicky označený previazaný pár častíc so spinom  $\frac{1}{2}$ . To znamená, že samotná častica môže nadobudnúť iba dva stavy (čierny, biely). To, čo pod samotným spinom rozumieme, nie je nateraz dôležité (ide o vnútorný moment hybnosti častice). Einstein sa pokúšal prísť na túto záhadu (EPR paradox), no neuspel. Nazval toto pôsobenie ako strašidelné pôsobenie na diaľku, ktoré sa šíri rýchlejšie ako svetlo ( v podstate nekonečnou rýchlosťou, okamžité spojenie).



## MYŠLIENKOVÝ EXPERIMENT NA PRENOS INFORMÁCII



Obr. 85 Pokus s kvantovým previazaním na prenos informácii, zdroj: vlastný obrázok.

### Popis pokusu

Na obr. č.85 je zhruba v strede zdroj entanglovaných fotónov, ktorý vysielajú dvojicu fotónov (jeden k Alici, druhý k Bobovi). Bob je bližšie k zdroju fotónov  $0,9 L$ , Alica je  $1,1 L$ . Bob chce poslať zmysluplnú šifrovanú informáciu k Alici, ktorú by mohla rozlúštiť iba Alica. Má na to sadu polarizátorov, v rade za sebou. Alica má taktiež obdobnú sadu. Technické detaily nie je nutné popisovať, pretože ide o myšlienkový pokus a nič z toho, čo by sa nedalo technicky realizovať súčasnou technológiou.

### Dohodnú sa predtým na pravidlách:

1. Polarizátor môže byť nastavený vertikálne, alebo horizontálne, aby zvislo a rovnobežne bolo to isté na oboch stranách u Alice a Boba, kalibrujú si najskôr smery merania.
2. Zvislý polarizovaný fotón bude znamenať „1“, vodorovne bude znamenať „0“. V tomto myšlienkovom experimente budú odosielať binárny kód, od Boba k Alici.
3. Pretože je Bob bližšie, on urobí meranie ako prvý, čím donúti fotóny ku konkrétnej polarizácii, alebo zvislo, alebo vodorovne, nedokáže ale vnútiť polarizáciu, takže štatisticky dostane  $\frac{1}{2}$  z celého súboru fotónov do požadovanej polarizácie.
4. Požadovanú polarizáciu si určuje Bob nastavením zvislo alebo vodorovne.
5. Alica si na svojej strane nastavuje smery taktiež, podľa svojho uváženia – teda náhodne. Nemá žiadnu informáciu o tom, ako bude priletávajúci fotón polarizovaný. Na obrázku je celá sada polarizátorov, každý jeden polarizátor bude symbolizovať podľa nastavenia „1“ alebo „0“.



Bob nastaví každý jeden polarizátor v rade tak, aby vytvoril želaný binárny kód. Alice na druhej strane bude chcieť rozlúštiť tento kód.

### Pre pochopenie:

Pokiaľ by sa podarilo čistou náhodou u Boba nastaviť polarizátor v rade tak, že priletavajúci fotón by si zvolil smer polarizácie zhodný s Bobovým želaním, potom priletavajúce fotóny k Alici už **majú určenú polarizáciu (inverznú k Bobovi)**. To Alice vie, že jej správne nastavenia musia byť inverzné k polarizácii u Boba. Keby čírou náhodou mala aj ona nastavené správne svoje zariadenia v rade, potom by mala informáciu od Boba cca 2 krát rýchlejšie ako klasickou cestou.

Z hľadiska štatistiky to, ale takto ideálne nebude. Preto je nutné zaviesť toto pravidlo:

1. Pokiaľ Bob nedosiahne požadovanú polarizáciu a to sa dozvie tak, že fotón neprejde polarizátorom, Bob posielá informáciu k Alici klasickou cestou, napr. cez vysielачku, označí „FALSE“. Urobí to na každom jednom polarizátore v rade za sebou, kde nedošlo k želanej polarizácii Boba.
2. Zo štatistického hľadiska by to malo byť okolo  $\frac{1}{2}$  polarizátorov správne.

### Rekonštrukcia informácie u Alici:

Alice má nejak nastavené svoje zariadenie postupne. Na každom zariadení zistí, či fotón prešiel alebo neprešiel. Ak prešiel a nemá od Boba informáciu „FALSE“, potom je nastavenie správne. Pokiaľ jej fotón prešiel, ale má k tomu správu od Boba FALSE, tak urobí inverziu polarizácie. Tretia možnosť je tá, že jej neprejde žiaden fotón a nemá od Boba FALSE, potom urobí inverziu k nastaveniu polarizátora. Posledná možnosť je, že neprešiel fotón a má informáciu od Boba FALSE, potom mala správne natočený polarizátor k Bobovi. Takto zrekonštruuje celú informáciu. Je to šifrovaná informácia, nie je ju možné nijak prelomiť, zrekonštruovať, to dokáže iba Alice.

### Záver pokusu:

Okrem toho, že sme poslali šifrovanú informáciu, poslali **sme štatisticky iba polovicu opráv**. Je však ale jasné aj to, že pokiaľ by sa neposielalo nič (nulové opravy) šťastnou náhodou, tak prostredníctvom previazania **to vieme urobiť nad svetelnou rýchlosťou**. Je zrejmé, že niečo bolo len zaslané nad svetelnou rýchlosťou. **Nad svetelnou rýchlosťou bol zaslaný šifrovaný podklad a zasielané opravy sú kľúč k dešifrovaniu** (zaslané klasickou cestou, rýchlosťou svetla). Zaujímavé bude sledovať tento experiment z nejakej letiacej sústavy voči sústave Bob - Alice, objaví sa zaujímavý fenomén. Nelokálnosť dokáže urobiť značné problémy s pojmom relativita súčasnosti.

## AKO POSLAŤ INFORMÁCIU RÝCHLEJŠIE

Máme Alicu na planéte Zem, Bob odlieta vyspelou kozmickou raketou na cestu do vesmíru. Alice a Bob majú zariadenie, kde majú entanglované častice. Dnes je možné previazať aj atómy, aj sadu atómov. Pred odletom Boba si previažu svoje častice. Dohodnú sa na rovnakých pravidlách ako predtým. Budú merať na svojich previazaných časticách - spiny. Máme častice s  $\frac{1}{2}$  spinom, ktoré môžu nadobudnúť smer hore, alebo dole. Ostatné pravidla ostávajú, až na jedno. **Nezáleží na tom, kto prevedie meranie ako prvý, je ale veľmi dôležité, aby to bolo s minimálnou časovou odchýlkou (oneskorením)**. Dôležité pravidlo je to, že ak je nameraný spin hore - symbolizuje to „1“, ak je nameraný spin dole - symbolizuje to „0“. Teda binárny kód.





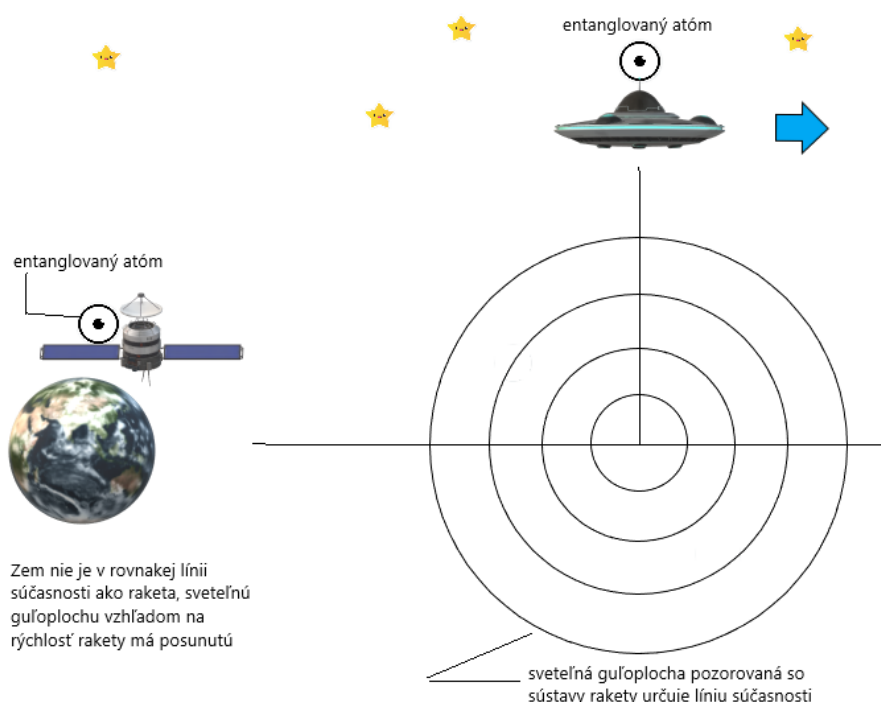
Dohodnú si aj presný plán letu s Bobom, majú presné atómové hodiny, aj Alica aj Bob. Bob pôjde presne v stanovených rýchlostiach, v presných dohodnutých časoch, po fáze zrýchlenia Bobovej rakety v presne zadefinovanom čase pôjde ďalej zotrvačnosťou.

V určitej vzdialenosti od planéty začnú prevádzať v presne dohodnutých časoch merania spinov na svojich časticiach. Máme obdobnú sadu častíc, aby bolo možné poslať zmysluplnú informáciu. Pre binárny kód ich potrebujeme veľa. No, aby prebehlo meranie skoro súčasne, je potrebné zohľadniť všeobecnú relativitu, kde hodiny netikajú rovnako z dôvodu gravitačného poľa a vzájomnej rýchlosti. Je dokonca posunutá súčasnosť. Chce to zložitejšie výpočty a odpočty od týchto efektov.

Takže Alica prevedie všetky merania na svojich časticiach. Ak by to Alica urobila ako prvá, potom Bob ma už určené spiny, ktoré nameria na svojich časticiach. Platí to aj obrátene. Ak posiela Bob informáciu Alici posiela chybové hlásenia on „false“, presne v zmysle predošlého článku (vyšle signál rýchlosťou svetla k Alici s opravami). Ak vysielala informácie Alica, posiela ona chybové hlásenia Bobovi. Rýchlosť svetla signálu doženie raketu. Rozkódujú svoje informácie rovnako, ako v predchádzajúcom popise.

**Pri šťastnej náhode** namerané spiny budú v zhode pre Boba s jeho požadovanou informáciou, ktorú chce zaslať Alici. Alici teda neposiela žiadne opravy rýchlosťou svetla. **Informácia je rozkódovateľná pre Alicu okamžite v zmysle pravidiel. Došlo k nad - svetelnému prenosu.** Vysvetlenie je také, že kvantová informácia je v zhode s Bobovou informáciou. Alica urobí inverziu kvantovej informácie a má tú Bobovu. To, čo nie je možné, sa stalo možné vďaka náhode a kvantovej previazanosti.

### NAPRIEČ ČASU



Obr.86 Schematický obrázok pokus s entanglovaným párom v letiacej rakete, zdroj: vlastný obrázok.



V zmysle teórie relativity je takýto problém. Bob a Alica majú posunutú súčasnosť. To, čo je pre Boba pojem súčasne – teraz, pre Alicu to tak nie je, ona to môže vnímať ako budúcnosť alebo minulosť. Toto je aj problém, ako sa teda dohodnú kedy budú merať? Na hodinách u Alicy je iný čas ako u Boba. Teda nemôže to byť tak, že prevedú meranie vtedy, keď bude napr. presne 12 hod. Tak sa dohodnú takto. Ak pôjde poslať Bob informáciu Alici, urobí to v dohodnutý čas na svojich hodinách a v zmysle potrebných korekcií vplyvu relativity dopočítame, kedy to má urobiť Alica. Takže si stanovia Harmonogram. V 12:00 Bobového času poslať informácie Bob, napr. o 20:00 Alicinho času poslať informácie Alica.

Teraz, ale nastane niečo zaujímavé. **Ak to prevedú takto v korekciách, potom odosielame informácie naprieč časom (alebo do minulosti alebo do budúcnosti).** Neuveriteľné? No tak to je, pokiaľ dokážeme zaslať informáciu rýchlejšie ako svetlo, vieme ju zaslať naprieč časom, toto nutne plyní z fyzikálnych zákonov.

### PREDBEŽNÝ ZÁVER

S kvantovou previazanosťou a charakterom vlnovej funkcie v kvantovej mechanike dokážeme **poslať informácie aj v čase**. Ak by to chcel niekto využiť, tak ho sklamem, keďže Bob sa nachádza na inom mieste ako Alica. **Tieto pokusy nenarušili teóriu relativity**. Lebo jediné, čo sme mohli urobiť je - alebo to urobiť v Bobovej súčasnosti, alebo v Alicinej, ibaže sme tým okamžite preniesli informáciu do iného času. Ak sa podarí raz vnútiť časticiam kvantový stav, čo je dnes vylúčené, **potom máme 100% nad svetelný prenos**.

### PODSTATA KVANTOVÉHO PREVIAZANIA

Vráťme sa najskôr k tomu, čo vlastne znamená previazaný pár častíc v EDQ teórii (obr. 84).

#### Postulát č. 10

**Previazané častice v teórii EDQ sú spojené kvantovou strunou, ktorá sa vlní (stojaté vlnenie). Existuje teda nenulová funkcia zmeny stavov vzhľadom na čas.**

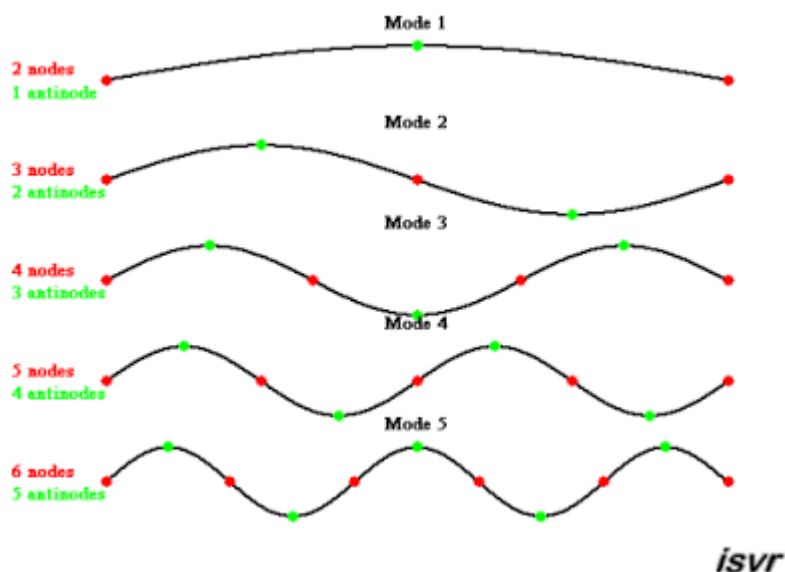
**To je priamo predpoklad EDQ teórie.** Prečo práve tento predpoklad? Na to je viac dôvodov. Prvým a najsilnejším dôvodom je, že ak zavedieme túto strunu, priamo vytvoríme spojenie, ktoré medzi časticami existuje. **Druhý podstatný dôvod je ten, že kvantová struna všetky záhady okolo kvantovej previazanosti vysvetlí.**

Previazaný pár častíc na obrázku č. 84 je vo vlnovom stave. To je pojem z kvantovej fyziky. V teórii EDK to bude znamenať, že stav častice osciluje v čase. To je veľmi dôležitá zmena oproti kvantovej fyzike. **V kvantovej fyzike totiž tento pojem znamená mŕtvu mačku, aj živú mačku zároveň.**

**Lenže to je predpoklad KM (interpretácia KM) a dá sa to obísť tak, že tieto dva stavy nie sú súčasné, ale tak, že oscilujú v čase, viď. obr.87.** To znamená - tá istá previazaná častica má vo vlnovom stave chvíľku stav čierny, chvíľku stav biely. Druhá častica má presne v tom istom čase opačné stavy. Struna medzi previazanými časticami totiž kmitá stojatým vlnením. **Žiadna informácia sa nešíri z jednej previazanej častice na druhú previazanú časticu.** Nie je teda narušený postulát max. rýchlosti svetla – c.



*Nápad prepojenia s kvantovou strunou rieši okamžite záhadu nelokálnosti kvantovej mechaniky. Netreba žiadne všadeprítomné potenciály (viď. D. Bohma interpretácia KM). Navyše je toto vysvetlenie plne v súlade s výsledkami predpovedi kvantovej fyziky.*



Obr. 87 Stojaté vlnenie kvantovej struny, zdroj: internet.

*Ak vykonáme meranie na jednej z previazaných častíc, struna sa pretrhne, nameriame konkrétne stavy na časticiach, prerušíme meraním previazanie.*

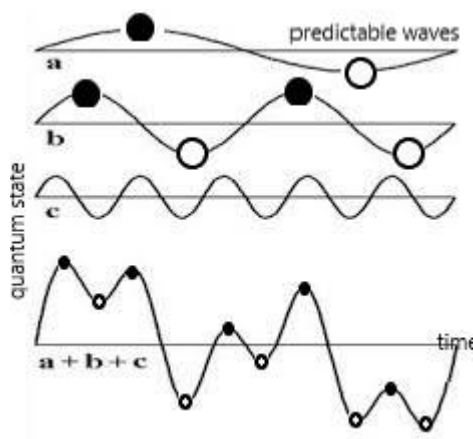
*Oproti štandardnej interpretácii kvantovej fyziky netvrdíme, že objekty neexistujú, kým ich nezmeriame, resp. nevieme čo je medzi tým. Netvrdíme to, že mesiac tu nie je, keď sa naň nepozerať. Teória EDQ tvrdí, že vlnová povaha neznamena, že veci sú neurčité, len to, že pokiaľ nepoznáme presne vlnovú funkciu v čase, nedokážeme zistiť, ktorý stav nastane pri meraní.*

### PREDPOVEDE KVANTOVÝCH STAVOV

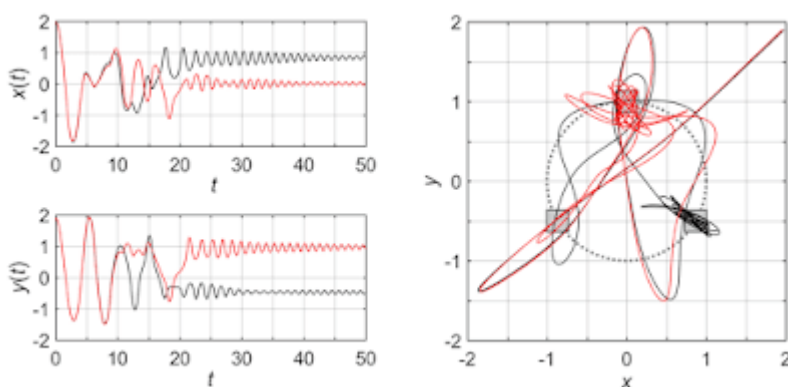
Vlnová funkcia medzi previazanými časticami môže nadobudnúť tieto tri základné možnosti:

1. Predvídateľné harmonické vlnenie struny s konkrétnou periódou.
2. Kvázi chaotické vlnenie struny (úseky pravidelnosti a úseky turbulentie).
3. Chaotické- turbulentné vlnenie struny.

V prípade 1,2 možnosti máme šancu cez túto vlastnosť poslať informáciu okamžite na druhú stranu vesmíru, **viac ako 50% informácií**. V nadväznosti na zmienený pokus (obr.85 ) vieme, že cez previazaný pár sa dá poslať 50% informácií okamžite. **Pokiaľ budeme poznať ako STRUNA KMITÁ, budeme vedieť poslať od 50-100% informácií.**



Obr. 88 Predvídateľné vlnenie stavov, zdroj: internet.



Obr. 89 Príklad kvázi chaotického vlnenia, pohybu – magnetické kyvadlo, zdroj: internet.

### Ako zistiť priebeh kmitania struny?

No zrejme by sme potrebovali celé sady previazaných častíc, ktoré by sme museli rovnako spriahnuť tak, aby sme dosiahli rovnaké kmitanie (pokiaľ je to možné). Následne by sme merali na jednotlivých previazaných časticách stavy v závislosti na odstupňovanom čase. Týmto spôsobom by sme hľadali konkrétny priebeh kmitania kvantových strún. Vedeli by sme z nameraných hodnôt určiť priebeh funkcie. Pre jednoduché kmity by to problém nebol. Pokiaľ by struny kmitali chaoticky (nepredvídateľne), hľadanú funkciu by sme nevedeli zrekonštruovať.

***Preto je zaujímavé urobiť takýto pokus a hľadať tú funkciu kmitania kvantových strún. Ak by sme vedeli predpovedať namerané stavy dopredu, vieme potom poslať informácie rýchlejšie ako svetlo (aj 100% hodnotu informácie).***

## EDQ – interpretácia kvantovej fyziky

V teoretickej kapitole č.8- Kvantová fyzika boli uvedené interpretácie kvantovej fyziky. EDQ teória vysvetleniami jednotlivých záhad kvantovej mechaniky, teda kľúčových vlastností kvantovej fyziky **vytvorila novú interpretáciu kvantovej fyziky**. Nie je v zhode so žiadnou súčasnou interpretáciou. Najviac podobná je Kodanskej interpretácii.



EDQ interpretácia kvantovej fyziky úplne vylúčila ezoterické interpretácie súvisiace s vedomím človeka.

Myslím si, že táto interpretácia (vysvetlenia kvantovej fyziky) je najucelenejšia zo všetkých. No nechám to na posúdenie čitateľa.

### Záver – EDQ a kvantová fyzika

Dostali sme sa k úplnému záveru kapitoly, no zároveň aj samotnej knihy. Kvantové struny pomohli objasniť, resp. nájsť spôsob, ako sa pozeráť na kvantové záhady. Táto kapitola otvorila aj nové nápady, ktoré pri správnosti EDQ teórie (súvislosť s kvantovou fyzikou) v budúcnosti, môžu poslúžiť k ďalšiemu technologickému pokroku.



## Podakovanie

Chcel by som sa poďakovať všetkým fanúšikom stránok robopol.sk, facebookovej stránke robopol – myšlienky, ktorí si zakúpili knihu a tak podporili aktivitu aj z malého súkromného zdroja v oblasti vedy a techniky.

Pevne dúfam, že kniha Vám poskytla nové informácie z rôznych oblastí, podala predstavy, nápady o mystériu nášho sveta. *To bol účel knihy o zrode EDQ teórie*. Dúfam, že to zrodom neskončí a naďalej sa budú vynárať nové nápady v súvislosti s problematikou EDQ. Tak ešte raz ďakujem za podporu.