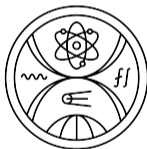


# Základy fyziky

Juro Tekel

Katedra teoretickej fyziky  
FMFI, UK



**FACULTY OF MATHEMATICS,  
PHYSICS AND INFORMATICS**

Comenius University  
Bratislava



`juraj.tekel@gmail.com`

# Čo je to fyzika



# Čo je to fyzika

Fyzika je veda = popisuje pravidlá a predpovedá budúcnosť.

Objekt záujmu teraz



Nejaké pravidlá



Objekt záujmu neskôr

Tiež nás zaujíma aké sú zaujímave vlastnosti systému a ako sa menia.

Objektom záujmu fyziky sú neživé veci alebo systémy.

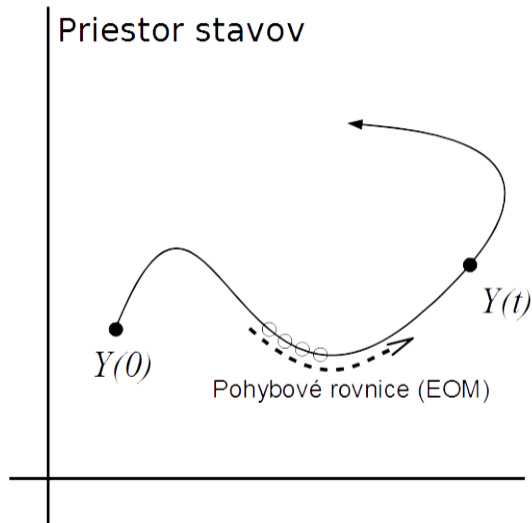


V prípade fyziky to konkrétne znamená:

- systém je popísaný množinou všetkých svojich možných stavov,
- pravidlá sú dané vo forme rovníc, ktoré hovoria ako sa tento stav mení,
- tieto rovnice sú zväčša diferenciálne, tj. iterujú zmenu za veľmi krátky čas,
- zaujímavé vlastnosti (fyzikálne veličiny) sú potom funkcie meniaceho sa stavu.

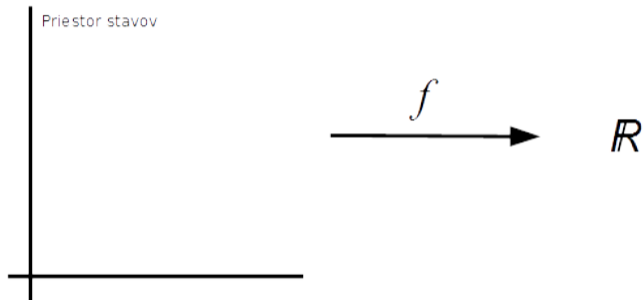






# Čo je to fyzika

Fyzikálna veličina:



$$f(t) = f(Y(t))$$



# Čo je to fyzika

Príklady.

- **Voľná vec na priamke.**

Stavy =  $\mathbb{R}^2$  (poloha a rýchlosť)

Veličiny = rýchlosť, zrýchlenie, energia, hybnosť

$$\text{EOM } \frac{d^2x}{dt^2} = 0$$

- **Vec na priamke v konštantom silovom poli.**

Stavy =  $\mathbb{R}^2$  (poloha a rýchlosť)

Veličiny = rýchlosť, zrýchlenie, energia, hybnosť

$$\text{EOM } \frac{d^2x}{dt^2} = F$$

- **Dve veci v rovine s interakciou.**

Stavy =  $\mathbb{R}^8$  ( $2 \times 2 \times$  poloha a  $2 \times 2 \times$  rýchlosť)

Veličiny = rýchlosť, zrýchlenie, energia, hybnosť, celková energia, celková hybnosť, potenciálna energia

$$\text{EOM } \frac{d^2\vec{x}_{1,2}}{dt^2} = -\vec{\nabla}_{1,2}V(|\vec{x}_1 - \vec{x}_2|)$$

- **Elektromagnetické pole.**

Stavy = dve sady vektorových polí  $\vec{E}(\vec{x}), \vec{B}(\vec{x})$

Veličiny = hustota energie, hustota hybnosti, tok energie, magnetický tok (cez nejakú plochu),



K tomuto treba povedať, že to je strašne pozoruhodné.

- Je zaujímavé, že vôbec existujú pravidlá sveta. Navyiac tie naše sú ohromne jednoduché.
- Je zaujímavé, že tieto pravidlá sa dobre popisujú matematikou.
- Je zaujímavé, že sa v tak zložitom svete vôbec niečo dá rozumne porátať.



K tomuto treba povedať, že to je strašne pozoruhodné.

- Je zaujímavé, že vôbec existujú pravidlá sveta. Navyiac tie naše sú ohromne jednoduché.
- Je zaujímavé, že tieto pravidlá sa dobre popisujú matematikou.
- Je zaujímavé, že sa v tak zložitom svete vôbec niečo dá rozumne porátať.
  - Fyzika je matematika plus škály.
  - Toto tak trochu definuje, čo je predmetom záujmu fyziky.
  - Do hry vstupuje presnosť pozorovania.



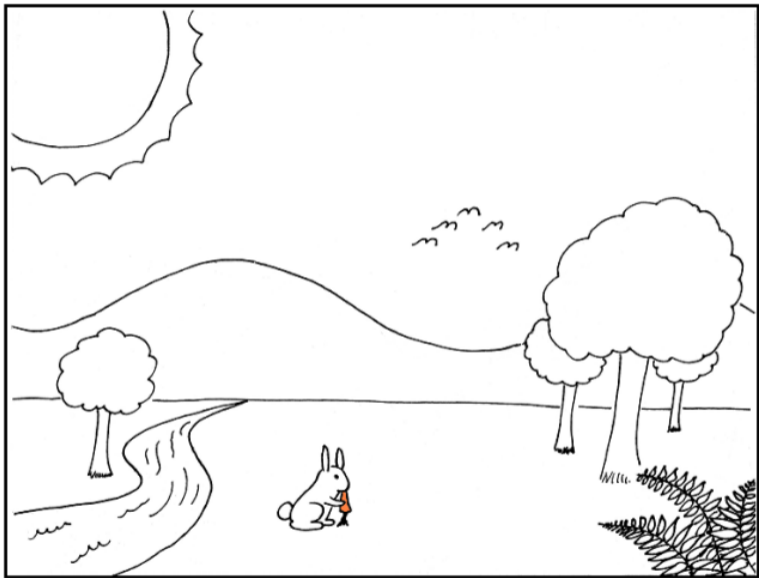
# Čo je to fyzika

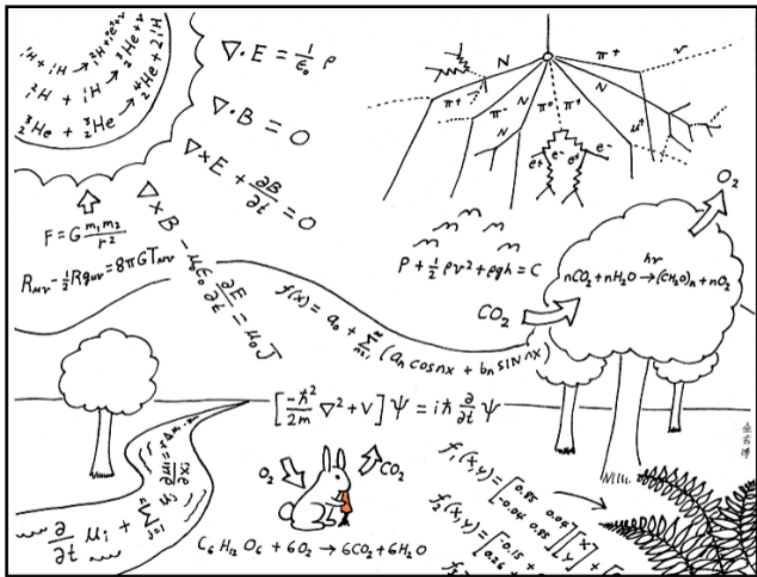
K tomuto treba povedať, že to je strašne pozoruhodné.

- Je zaujímavé, že vôbec existujú pravidlá sveta. Navyiac tie naše sú ohromne jednoduché.
- Je zaujímavé, že tieto pravidlá sa dobre popisujú matematikou.
- Je zaujímavé, že sa v tak zložitom svete vôbec niečo dá rozumne porátať.
  - Fyzika je matematika plus škály.
  - Toto tak trochu definuje, čo je predmetom záujmu fyziky.
  - Do hry vstupuje presnosť pozorovania.

Delenie prírody na fyziku, chémiu, biológiu je tak vcelku umelé. Príroda je len jedna.









# Teoretický vs. Experimentálny prístup



# Teoretický vs. Experimentálny prístup

- Sú dva principiálne rôzne prístupy k fyzike a fyzikálnym problémom.
- Experimentálny - "stláčam gombíky a kukám, čo to robí", ale aké gombíky? ako stláčať? na čom? na čo sa pozeráť?
- Teoretický - ako matematizovať problém tak, aby to dávalo zmysel a čo z takejto matematizácie vyplýva.
- Zväčša sa dopĺňajú, podporujú a navzájom si kladú otázky.
- V každej z oblastí fyziky to znamená vždy niečo trochu iné.

Táto prednáška a celý tento kurz je skôr z teoretického pohľadu.



# Základné princípy fyziky



## Presne riešiteľné problémy.

- Skutočné problémy sa ukazujú byť veľmi komplikované a rovnice je možné doriešiť do konca len občas.
- Preto sú situácie kedy sa to dá extrémne dôležité.
- Nie je ich veľa.
- Na nich sa potom stavajú ostatné. Niekedy prevedením, niekedy (rozumnou) modifikáciou.



## Rozumné aproximácie.

- Nájst' takúto rozumnú modifikáciou je často hlavným problémom.
- Ide o to popísať systém tak, aby bol náš popis dostatočne presný a zahrňoval javy, ktoré chceme na systéme sledovať. Ale aby bol súčasne dostatočne blízko k niečomu, čo vieme presne spočítať.
- Tu musíme mať na pamäti presnosť, s akou sa vieme na systém pozeráť. Často to chce, hlavne pre experimentátorov, veľký cit pre daný problém.
- Kľúčové slovo je zanedbávanie a kľúčové je vedieť, čo môžeme a čo nemôžeme v danej situácii zanedbať.



## Zotrvačnosť.

- Systémy ponechané samé na seba majú tendenciu niektoré svoje charakteristiky nemeniť. Na zmenu stavu systému je potrebná nejaká vonkajšia dynamika.
- Originál v mechanike a Newtonovi, ale objavuje sa takmer všade vo fyzike, a nie len tam.

## Zákony zachovania.

- Ak existuje veličina, ktorá sa pri časovom vývoji nemení. Napríklad energia, hybnosť, elektrický náboj.
- Existencia zachovávajúcej sa veličiny výrazne obmedzuje možnú dynamiku systému.

## Symetrie.

- Transformácie, ktoré nemenia systém a/alebo jeho dynamiku. Môžu byť vonkajšie (rotácie, časová inverzia, ...) ale aj vnútorné (výmena nábojov, protón/neutrón, ...).
- Ak vieme, že náš systém a/alebo jeho dynamika má nejakú symetriu, tiež výrazne to obmedzuje možnosti, čo sa môže diať. Dôležité aj keď iba približné symetrie.



## Rovnovážne, stacionárne situácie.

- Špeciálne riešenia pohybových rovníc, pri ktorých je časový vývoj stavu triviálny.

$$Y(t) = Y(0)$$

- Vyžaduje špeciálne počiatkové podmienky.
- Dôležité kvôli disipatívnym efektom, lebo pod ich pôsobením systém skôr či neskôr skončí v takomto stave.
- V ich okolí sa často výrazne zjednodušuje dynamika systému a je možné čosi porátať.
- Niekedy môže rovnováha znamenať aj celkom čulý ruch vo vnútri systému, ak sa jeho dôležité vonkajšie vlastnosti nemenia.



## Rozdiel medzi stabilnou a labilnou rovnováhou.

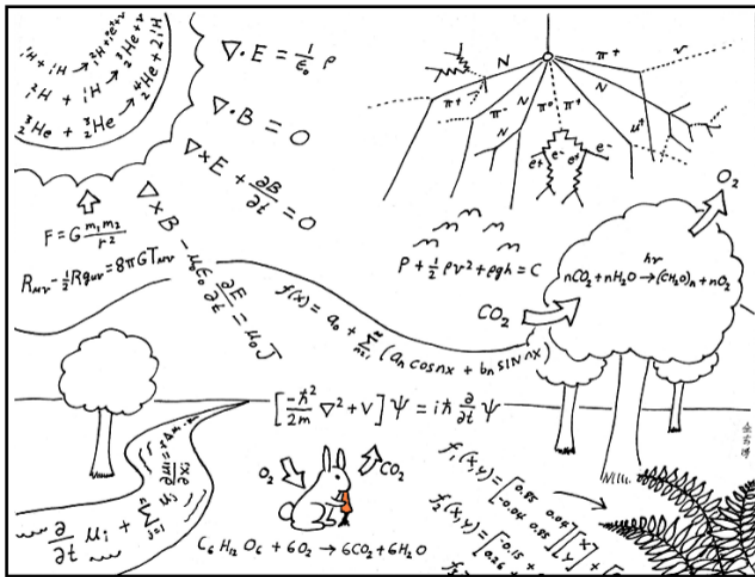
- Nainicializovať systém do rovnovážneho stavu znamená, že v ňom zostane.
- To sa všad dá len veľmi ťažko a vlastne vôbec. Lebo konečná presnosť merania, konečná vedomosť o systéme, motýle v Mexiku.
- Dôležité sú také rovnovážne stavy, v ktorých malé vychýlenie nespôsobí (veľké) vzdiaľovanie sa od pôvodného stavu. Hovoríme im stabilné rovnovážne stavy.
- Tie druhé sú labilné a zväčša až také užitočné nie sú.
- Predstava : guľička na kopci vs. guľička v doline.





# Mapa fyziky





# Mechanika

$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$   
 $\nabla \times \mathbf{E} + \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = 0$   
 $\nabla \times \mathbf{B} - \mu_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} = \mu_0 \mathbf{j}$

$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$

$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} R g_{\mu\nu} = 8\pi G T_{\mu\nu}$

$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx)$

$P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g h = C$

$n \text{CO}_2 + n \text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n + n \text{O}_2$

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

$[\frac{-\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V] \Psi = i \hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi$

$f_1(x, y) = \begin{bmatrix} 0.15 & 0.07 \\ -0.04 & 0.05 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.15 \\ 0.26 \end{bmatrix}$

$f_2(x, y) = \begin{bmatrix} 0.15 & 0.07 \\ -0.04 & 0.05 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.15 \\ 0.26 \end{bmatrix}$

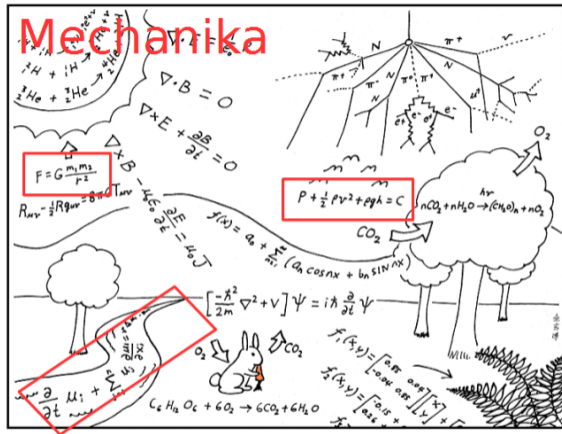
$\frac{\partial}{\partial t} \mu_i + \dots$

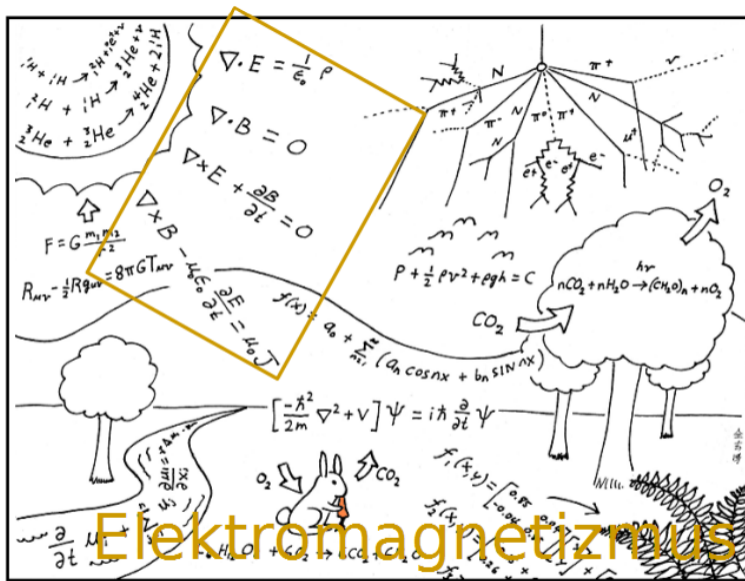
$\frac{\partial \mu_i}{\partial t} + \dots$

$\frac{\partial \mu_i}{\partial t} + \dots$

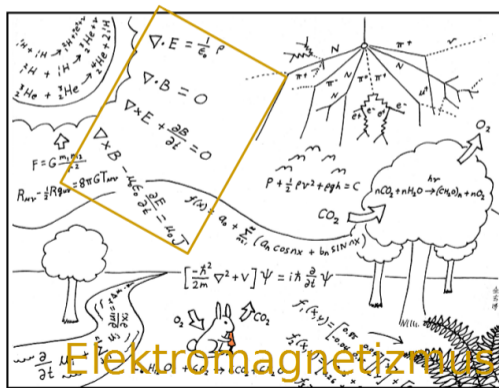


- Pohyb telies alebo skupín telies pod vplyvom rôznych síl.
- Pravidlá - Newtonove pohybové zákony
  - 1 zotrvačnosť,
  - 2 sila  $F = ma$ ,
  - 3 akcia a reakcia.
- Pohyb planét okolo Slnka, tečenie vody, ohýbanie stromov.
- Historicky najstaršia, lebo študuje najdostupnejšie javy.





- Pohyb nabitých telies pod vplyvom elektrickej a magnetickej sily. Napríklad elektrické prúdy, vodiče. Viac menej mechanika s Coulombovym zákonom  $F = kq_1q_2/r^2$  (prípadne Lorentzovou silou)
- Ale k tomu čosi (oveľa viac). Elektrické a magnetické polia majú vlastnú dynamiku. Túto popisujú Maxwellove rovnice.
- Elektromagnetické vlny, interakcia týchto vlný s nabitými telesami, optika, viditeľné a neviditeľné žiarenie telies.



$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{1}{\epsilon_0} \rho$   
 $\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$   
 $\nabla \times \mathbf{E} + \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = 0$   
 $\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{j} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$

$\mathbf{F} = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$   
 $R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} R g_{\mu\nu} = 8\pi G T_{\mu\nu}$

$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{1}{\epsilon_0} \rho$   
 $\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$   
 $\nabla \times \mathbf{E} + \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = 0$   
 $\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{j} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$

$\rho + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g h = C$   
 $n \text{CO}_2 + n \text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n + n \text{O}_2$

$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx)$   
 $f_1(x, y) = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ t \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \end{bmatrix}$

$[-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V] \Psi = i \hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi$

$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v}) = 0$

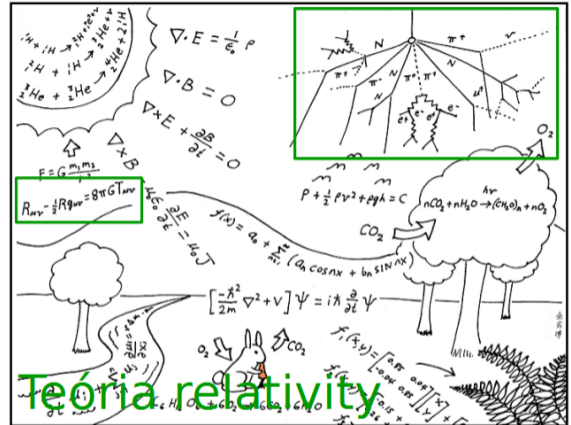
$\text{CO}_2$   $\text{O}_2$

$\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 + 6 \text{O}_2 \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$

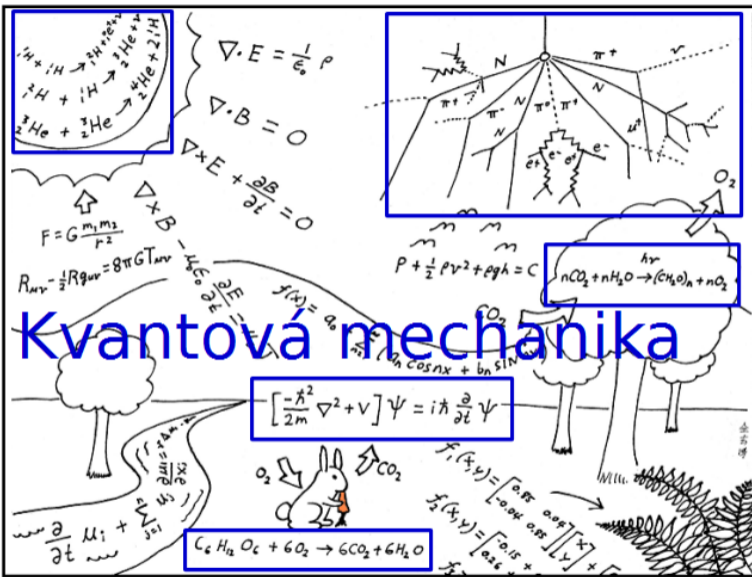
# Teória relativity



- "Popisuje veci, ktoré sa pohybujú veľmi rýchlo."
- "Nadstavba nad mechanikou."
- Pohybujúci sa elektromagnetizmus. Výsledok snahy spojiť mechaniku a elektromagnetizmus do jedného balenia.
- Objavuje sa fundamentálna rýchlosť "c", rýchlosť svetla. Výsledky ako kontrakcia dĺžky, dilatácia času, ale hlavne relativnosť súčasnosti a ekvivalencia hmotnosti a energie.
- Efekty zväčšia na úrovni  $v^2/c^2$ .
- Zahnutie gravitácie vedie na "všeobecnú" relativitu a tá na čierne diery, gravitačné vlny.







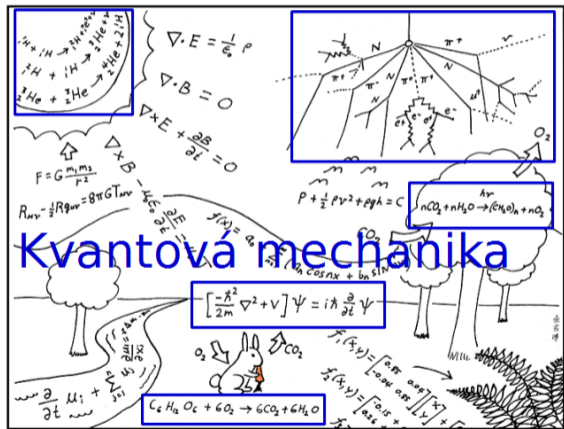
# Kvantová mechanika



- "Fyzika veľmi malého."
- "Nadstavba nad mechanikou."
- Nadstavba nad časťou mechaniky.
- Riešenie rozporu medzi pozorovanými vlastnosťami sveta a mechanikou. Fotoelektrický efekt, Comptonov rozptyl, diskrétna spektrum prvkov.
- "Energia sa môže šíriť iba po dávkach." Vlnovo - časticová dualita.
- Opäť nová fundamentálna konštanta  $\hbar$ , schrödingerova rovnica, objavujú sa pravdepodobnosti.
- Prakticky všetko, čo si viem predstaviť, sa v istou pravdepodobnosťou môže stať. Pre "veľké" veci je tá pravdepodobnosť lokalizovaná na jednom jave, pre "malé" sú

rozumne pravdepodobné rôzne možnosti. Tieto možnosti sú často diskkrétne.

- Chémia je (tak trochu) fyzika.



# Termodynamika a Statistická fyzika

${}^1\text{H} + {}^1\text{H} \rightarrow {}^2\text{H} + e^+ + \nu_e$   
 ${}^2\text{H} + {}^1\text{H} \rightarrow {}^3\text{He} + \gamma$   
 ${}^3\text{He} + {}^3\text{He} \rightarrow {}^4\text{He} + 2{}^1\text{H}$

$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$   
 $\nabla \times \mathbf{B} - \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} = \mathbf{j}$

$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$   
 $R_{\text{HVR}} = \frac{1}{2} R g_{\text{HVR}} = 8\pi G T_{\text{HVR}} - \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} = \mu_0 J$

$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx)$

$P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = C$

$n\text{CO}_2 + n\text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n + n\text{O}_2$   
 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

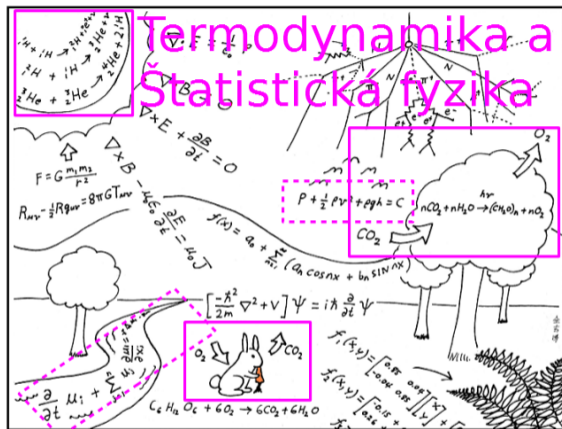
$[\frac{-\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V] \Psi = i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi$

$f_1(x, y) = \begin{bmatrix} 0.15 & 0.07 \\ -0.04 & 0.05 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.15 \\ 0.26 \end{bmatrix}$   
 $f_2(x, y) = \begin{bmatrix} 0.15 & 0.07 \\ -0.04 & 0.05 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.15 \\ 0.26 \end{bmatrix}$

$\frac{\partial}{\partial t} \mu_i + \sum_j \frac{\partial \mu_j}{\partial x_j} = -\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{j}$



- Systémy s obrovským množstvom stupňov voľnosti  $\sim 10^{23}$ . Vtedy sú dôležité iba nejaké "priemerné" vlastnosti, vzťahy medzi nimi sú často vcelku nezávislé od mikroskopickej fyziky systému.
- Termodynamické zákony - prvý = zákon zachovania energie, druhý = systémy sa chcú dostávať do (spoločného) rovnovážneho stavu.
- Štatistická fyzika toto všetko vysvetľuje z prvých princípov, tj. vysvetľuje priemerovanie.
- Zaujímavé sú rozdelenia pravdepodobnosti na množine stavov.
- Dôležitú úlohu hrá zákon veľkých čísel.



**Blue boxes (top left):**

$${}^1_1\text{H} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^2_2\text{He} + \gamma$$

$${}^2_1\text{H} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + \gamma$$

$${}^3_2\text{He} + {}^3_2\text{He} \rightarrow 2\text{He} + 2\text{H}$$

**Red box (middle left):**

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

**Green box (middle left):**

$$R_{MUV} = \frac{1}{2} R g_{UV} = 8\pi G T_{MUV}$$

**Yellow diamond (center):**

$$\nabla \cdot E = \frac{1}{\epsilon_0} \rho$$

$$\nabla \cdot B = 0$$

$$\nabla \times E + \frac{\partial B}{\partial t} = 0$$

$$\nabla \times B - \frac{\partial E}{\partial t} = \mu_0 J$$

**Purple box (top right):**

Diagram of particle interactions showing various particles:  $N$ ,  $\pi^+$ ,  $\pi^-$ ,  $e^-$ ,  $e^+$ ,  $\mu^+$ ,  $\mu^-$ .

**Pink box (middle right):**

$$P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = C$$

**Blue box (middle right):**

$$n\text{CO}_2 + n\text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n + n\text{O}_2$$

**Blue box (bottom center):**

$$[\frac{-\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V] \Psi = i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi$$

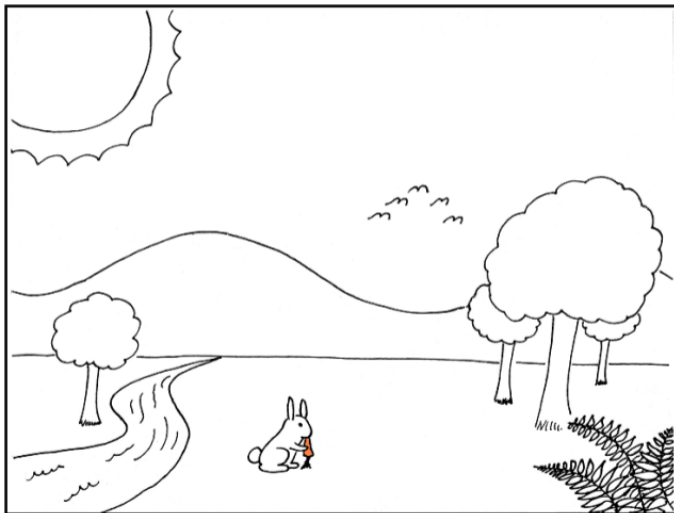
**Blue box (bottom left):**

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$

**Other elements:**

- Wave function:  $\psi(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx)$
- Partial derivative:  $\frac{\partial}{\partial t} u_i + \dots$
- Matrix:  $f_1(x,y) = \begin{bmatrix} 0.15 & 0.05 \\ -0.04 & 0.15 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \dots$
- Matrix:  $f_2(x,y) = \begin{bmatrix} 0.15 & \dots \\ 0.24 & \dots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \dots$





# História fyziky



← Newton 1666 ↔ "klasická fyzika" ↔ Einstein 1905 → "moderná fyzika"





## 1666 - Annus Mirabilis

- Mor a zavretý Cambridge, Newton vymyslel calculus a jeho aplikáciu v mechanike a geometrickej optike.
- 1687 - Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica
- Tri strašne dôležité veci
  - Zotrvačnosť.
  - Zákony prírody sú napísané v matematike.
  - Zjednotenie nebeskej a pozemskej mechaniky.

## 1905 - Annus Mirabilis

- Einstein publikoval 5 prác, ktoré znamenali kľúčový obrat v troch z oblastí fyziky.
- Špeciálna relativita - fundamentálnosť rýchlosti svetla.
- Fotoelektrický efekt - svetlo môže byť aj častica.
- Brownov pohyb - definitívny test existencie atómov.

Oba tieto zázračné roky nespádli z neba, ale sú dôsledkom postupného kumulovania vedomostí a nápadov od veľkého množstva ľudí. Len to vždy chcelo génia s finálnou ideou, čo to dal všetko dohromady.



Dva ďalšie dôležité momenty.

- Aristoteles (384-322 BC) - vznik prírodných vied oddelených od filozfie v tom, že hlavným testom platnosti hypotéz je experiment.
- 1862 - Maxwellova elektrodynamika a zahrnutie optiky do elektromagnetizmu.

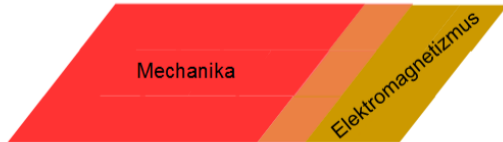
Pokrok vo fyzike je veľmi často spojený v pokrokom v technológií a s potrebou lepšie vysvetliť staré alebo aspoň nejak pochopiť novoobjavé javy.



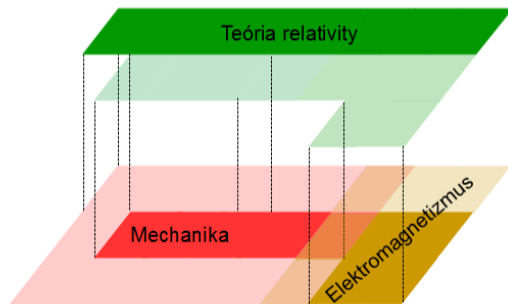


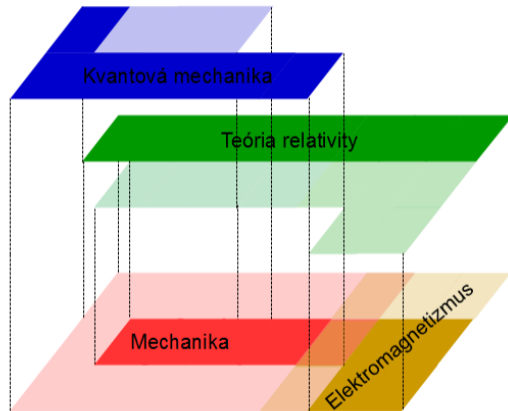


~1865

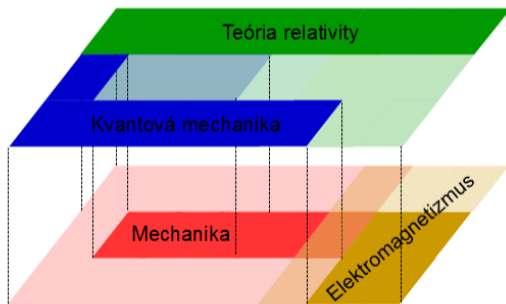


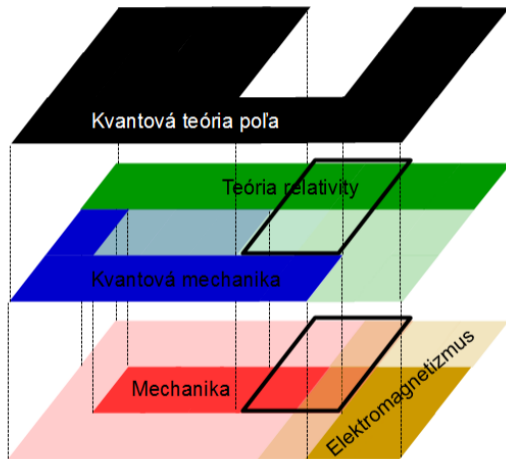










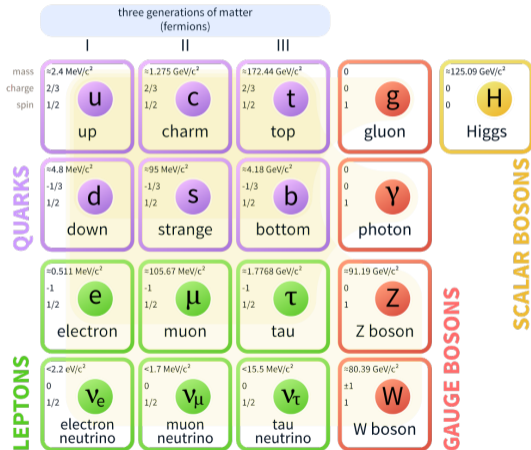


# Od kvarkov po vesmír

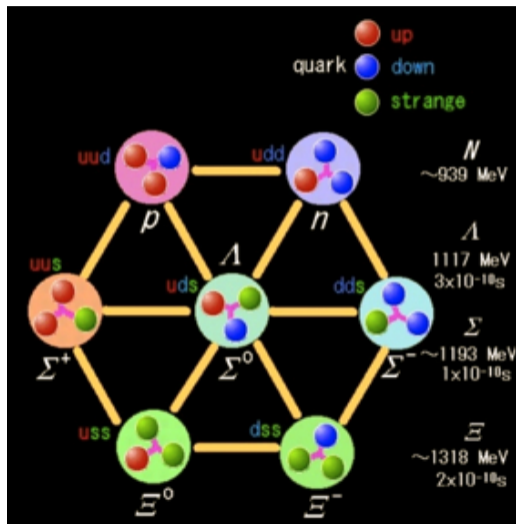


# Od kvarkov po vesmír - zhrnutie stavby sveta

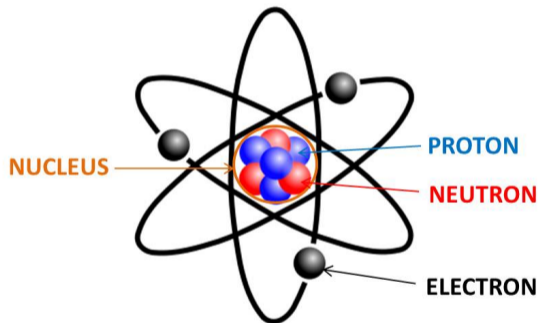
## Standard Model of Elementary Particles



# Od kvarkov po vesmír - zhrnutie stavby sveta



# Od kvarkov po vesmír - zhrnutie stavby sveta



## Common Chemical Compounds

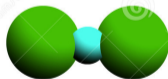
Water



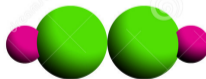
Ammonia



Carbon Dioxide



Hydrogen Peroxide



Download from  
Dreamstime.com

This watermark content image is for previewing purposes only.

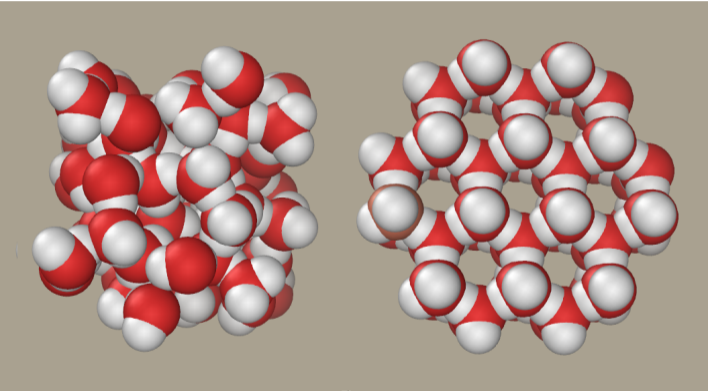


6530329

Tercio Assis | Dreamstime.com

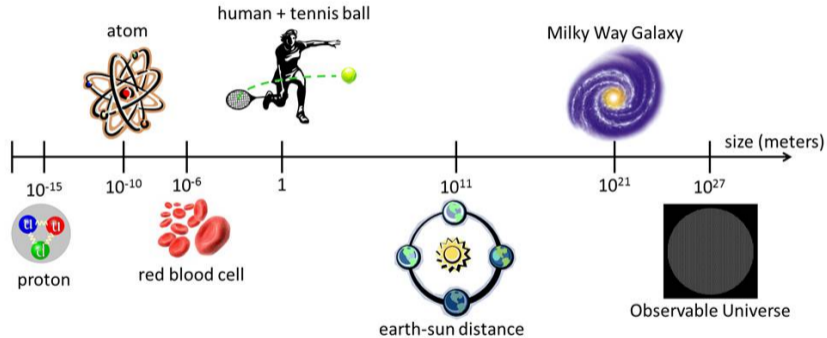


# Od kvarkov po vesmír - zhrnutie stavby sveta

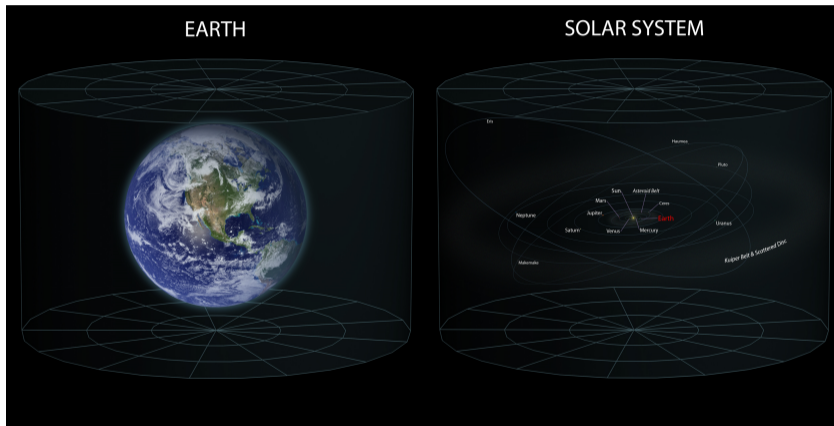




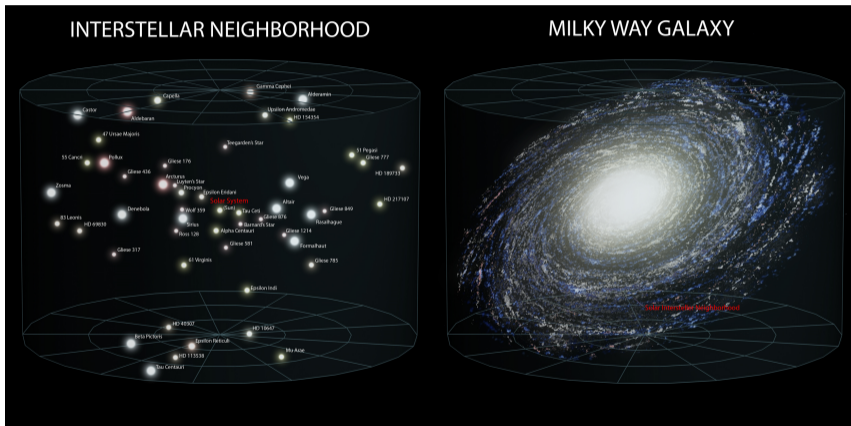
# Od kvarkov po vesmír - zhrnutie stavby sveta



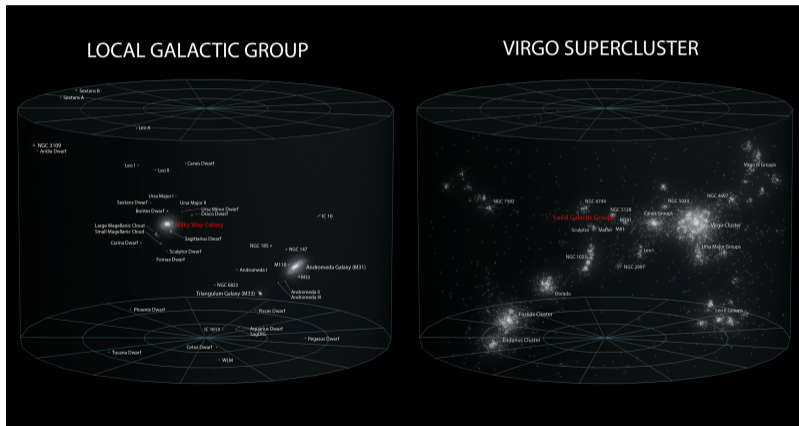
# Od kvarkov po vesmír - zhrnutie stavby sveta



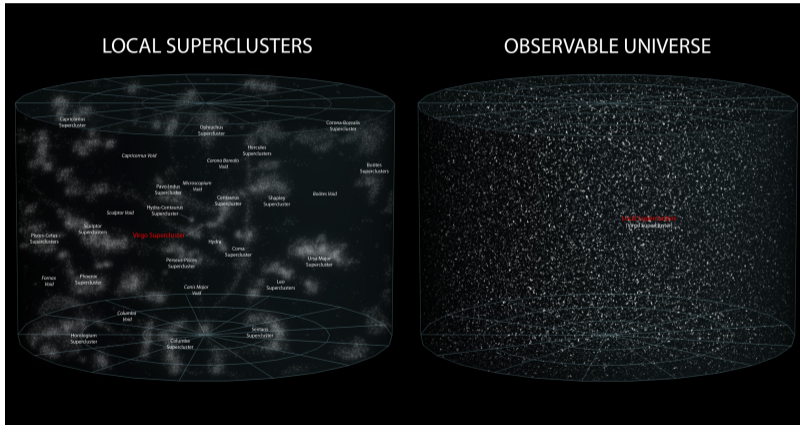
# Od kvarkov po vesmír - zhrnutie stavby sveta



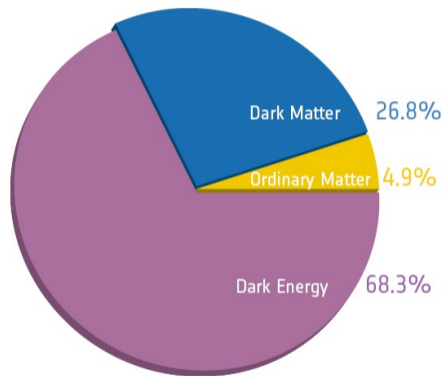
# Od kvarkov po vesmír - zhrnutie stavby sveta



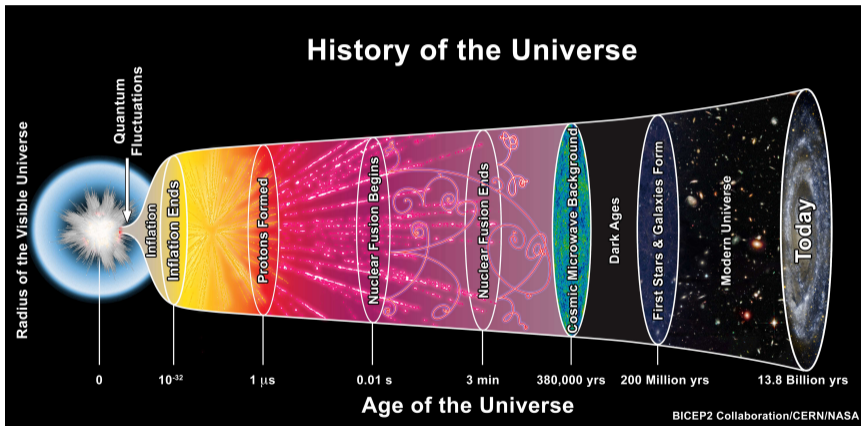
# Od kvarkov po vesmír - zhrnutie stavby sveta



# Od kvarkov po vesmír - zhrnutie stavby sveta



# Od kvarkov po vesmír - zhrnutie stavby sveta



# Nevyriešené problémy súčasnosti





Veľmi subjektívny výber najzaujímavejších problémov, na ktorých fyzici v súčasnosti pracujú.

- Prečo je svet taký, ako je, aj keď by nemusel.
- Kvantová informácia a kvantové počítače.
- Chémia z prvých princípov.
- Vysokoteplotná supravodivosť.
- Turbulencia.
- Exoplanéty.
- Tmavá hmota a tmavá energia.
- Supersymetria.
- Ranný vesmír.
- Kvantová teória gravitácie.



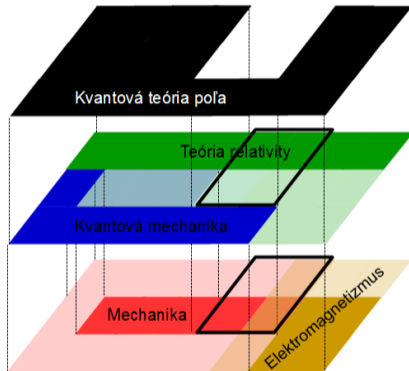
# Náš predmet



# Náš predmet

O čom to bude?

- Prejdeme vcelku podrobne klasickú mechaniku a základy špeciálnej teórie relativity.



## O čom to bude?

- Prejdeme vcelku podrobne klasickú mechaniku a základy špeciálnej teórie relativity.
- Stretne sa tak so spúšťou základných myšlienok, slovíčok a techník, ktoré sa objavujú všade vo fyzike.
- Formát bude prednáška v utorok a nadväzujúce cvičenie v piatok.
- Po každom cvičení bude domáca úloha. Časť nasledujúceho cvičenia budeme venovať jej riešeniu, časť riešeniu príkladov spojených s minulou prednáškou.
- Domáce úlohy budú hodnotené systémom výborne/dostatočne/nedostatočne.
  - Výborná úloha je výborná.
  - Za nedostatočnú úlohu dostanete vypočítať nejaké dodatočné príklady hodnotené rovnako.
  - Dostatočná úloha je dostatočná, ale na Ačko by ich človek nemal mať príliš veľa.
- Všetko podstatné na : [davinci.fmph.uniba.sk/~tekel1/teaching.html](http://davinci.fmph.uniba.sk/~tekel1/teaching.html)

