

Open problems in physics

Juro Tekel

juraj(dot)tekel(at)gmail(dot)com

Poznamky k prednaske o tom, na akych najzaujivavejsich projektoch momentalne pracuju fyzici a ktore su najvacsie nevyriesene problemy sucasnej fyziky.

Jun 2010

Lazy pod Makytou, Jun 2010

tato zbierka problemov je iba moj vyber z obrovského množstva projektov, na ktorých sa v súčasnosti pracuje a verím, že iní ľudia by si vybrali inú sadu

absentujú rydzo experimentálne problémy, z ocividného dôvodu, tak isto chyba veľmi veľa veľmi zaujímavých problémov, ktoré sú o čosi viac aplykované

- veľa otázok prečo je svet taký, (ako sa zdá) že je

hierarchy problem, 3 generations, matter/antimatter asymetry, isotropy od the universe, ...

a niečo, o čom rec nebude, ale dost ľudí sa tomu venuje : supersymetry, cosmological constant, neutrino mass, stability of proton, string theories, q. computing and q. information, condensed matter, quantum chemistry problems (fyzika molekúl a ich rakcii), biophycs problems (fyzikálne procesy v živých organizmoch), ...

a o čom teda bude rec : high tempterature superconductivity ; turbulence ; exoplanets ; global topology of the space ; dark matter and dark energy ; higgs mechanism and symetry breaking in the standard model ; quark confinement ; quantum theory of gravity / gut's

- **high tempterature superconductivity**

tu nie je kompletná ani teória, ani experiment, o čo vlastne ide?

supravodivosť = tecenie prúdu bez odporu, pohyb elektrónov bez odporu, 'klasická' supravodivosť pri veľmi nízkych teplotách (okolo 10K, horný teoretický limit je 30K), tomuto rozumieme dosť dobre → BCS teória a interakcia elektrónov s kmitmi mriežky, čo je prechod do inej fázy látky

HT supravodivosť je pri vyšších teplotách a tento efekt nevieme vysvetliť BSC, momentálny rekord je 135K s látkami typu $HgBa_2Ca_2Cu_3O_x$; možné vysvetlenie je interakcia s inými druhým vlnových častíc (spinové vlny), teda elektrón-elektrón a spin-spin pôsobenie

teoretická otázka je vysvetliť mechanizmi HTSC a najst prípadne ohraničenia, experimentálna otázka je najst supravodiv s stále vyššou a vyššou teplotou prechodu do suprevodivej fázy ; ultimate goal je room temperature superconductivity

- **turbulence**

toto veľmi úzko súvisí s jedným z matematických milonových problémov

teenie viskoznej stlačiteľnej kvapaliny popisujú Navier-Stokesove rovnice (19te storočie), ktoré majú ale veľké problémy ; sú nestabilné, teda dve riešenia, ktoré sú na začiatku veľmi blízko pri sebe sa za konečné čas od seba ľubovoľne vzdialia -; preto sa neda predpovedať počasí poriadne rýchle a nepravidelne prúdenia riešenia rovníc vybuchujú = v konečnom prípade nadobudnú nekonečné hodnoty (otázka či sa to deje vždy je tým matematickým problémom), vzniká nestále zdanlivo úplne chaotické prúdenie, nestále výry a podobné veci ktoré nijak presne nevieme popísať, súčasny popis je štatistický a ide o to tam aj o interakciu molekúl

veri sa, ze riesenie sa moze nast v zdanlivo uplne odlisnej casti, fyziky, ako je AdS/CFT correspondence, co je startovací bod pre vacsinu modernych strunovych a kozmologickych teorii

tento problem je dolezity aj z praktickeho hladiska, ako je prudenie veci v potrubiach, odpor lietadiel, aut, ...

- **exoplanets**

hladanie planet, ktore obiehaju okolo inych hviezd ako slnko (prve v roku 1992), hlada sa planeta, ktora by bola podobna zemi a bol by na neja mozny zivot → male planety sa velmi zle hladaju, lebo ich prejavy su velmi male

hlada sa alebo pohybom hviezdy, zmenou jasnosti alebo sa v dnesnej dobre na ne pozerat aj priamo ; tu to vsetko strasne rychle napreduje

nemame ani dobru teoriiu, ako take planetarne systemy vznikaju → teda mame teoriiu na nasu sustavu ale ta strasne nefunguje ta ostatne systemy (disk, planety, skalnate pri slnku, plynné od neho), problemy ako horuce jupitery a pod

- **global topology of the space**

vesmir je lokalne zakriveny, z coho dostavame gravitaciu ako vseobecnu teoriiu relativity ; otazka teraz je, ako to vyzerá vo velkom ; predpoklady - izotropny a homogenny vesmir, to sa dosadi do rovnic vtr → iba tri moznosti - gula, rovina, hyperbolicka gula (=konstantna kladna, nulova a zaporna krivost)

to znamena ze vesmir je taky pokrčeny papier, ktory tvori povrch gule, tej specialnej gule alebo je pokrčeny, ale v rovine

naviac z rovnic vyplyva ze to, ktora z tychto moznosti nastava urcuje mnozstvo hmoty, ktora sa vo vesmire nachadza ; pre istu kriticku hranicu je to rovina, nad je to gula a pod je to ta specialna gula ; teraz sa vsade pozzerame poratame hmotu a zistime, ze sme v ramci experimentalnej chyby od tej kritickej hodnoty

takze hned niekoľko otazok - fakt to je presne ta kriticka hodnota? ak nie, ktora hodnota to je? ak ano, je nejaky specialny dovod, preco to ta kriticka hodnota je?

tato geometria podla tych rovnic aj urcuje buducnost nasho vesmiru

- **dark matter and dark energy**

velmi uzko suvisi s predchadzajucim problemom ; totiz ked sa rata vsetka hmota vo vesmire deju sa zaujimave veci ; pozrieme sa nebo a vidime nejaku svietiacu hmotu, potom zaratame vsetky mozne planety a hnedé trpasliky a cierne diery a podobne veci a cosi nam nevychadza → hmota sa nehybe tak, ako by sme cakali (rychlost hviezd v galaxiach, rychlost galaxii v kopach)

to vysvetlime tak, ze tu je 'dark matter', teda specialne neziariaca hmota, ktoru nevidno nijak inak ako cez jej gravitacne posobenie (napríklad vyzerá, ze aj okolo zeme je oblak tejto hmoty)

a otazkou teda je co t presne tato hmota je - susy castice? neutrina? nieco uplne nove? alebo je zle nasa teoria gravitacie?

4% su normalna hmota, 23 % je tato dark matter ale este tu cosi je !!! a je toho viac ako toho ostaneho, nejaka ina forma hmoty, ktoru volame 'dark energy' (to vieme zo zrychlovania rozpínania vesmiru, pozorovanie dalekych hviezd, cmb) - tato forma hmoty sa v rovniciach sprava o cosi inak, ako 'klasicka' hmota (zaporny tlak) ; moze to byt napríklad kozmologicka konstanta (teda energia vakua), pripadne nejake ine druhy poli ; presne vlastnosti stale nie su znamé, takže aj experimentalny problem

- **higgs mechanism and symmetry breaking in the standard model**

standard model = teoria elementarnych castic, ktora vysvetluje uplne dokonale vsetko, co sme kedy na urychlovacoch videli ; sucastou sm je sposob, ako elementarne castice nadobudaju hmotnostu (z nejakych dovodov musia byt pri narodení nehmotne (renormalizovatlenost)) → toto sa vola symmetry breaking a najjednoduchsi sposob ako to dosiahnut predpoveda casticu, ktoru sme este nikde nevideli

toto je ten higgsov bozon, ktory sa tak urputne hlada na lhc ; je to castica, ktora ma o dost ine vlastnosti ako ostatne castice

no a otazky? je higgs? ak nie, ako je symetria narusená? ak nie, ako ziskavaju castice hmotnost? ak nie sm, tak co ine?

- **quark confinement**

uz davnejsie sa prislo na to, ze protony a neutrony su z coshosi (silne zrazky), ale rychlo bolo jasne ze toto cosi sme nikdy nevideli ; toto cosi sa ukazali kvarky a myslime si, ze samostatne kvarky sa vyskytovat nemozu, je to zakazane !!! tomu sa hovori uzavazenie kvarkov

kedze standardny model je teoria (aj) kvarkov, malo by sa z nej toto tvrdenie dat dokazat alebo vyvratit

takze otazka je - su kvarky uzavazene a ak ano aky mechanizmus ich vazni? toto je velmi uzko spojene k dalsiemu milonovemu matematickemu problemu o ym teoriach

sucasna predstava je, ze vazba medzi kvarkami pri ich trhani ziska tolko energie, ze sa z nej mozu stat nove kvarky (v nekonecnej vzdialenosti (= volne kvarky) je tato energia nekonecna)

- **quantum theory of gravity / gut's**

sm spaja 3 zo 4 fundamentalnych sil do jednej teorie, ostava gravitacia, ktora posobi na uplne inych skalach a uplne slabucko ; teoria gravitacie tak ako ju mame je klasicka (vtr) a kvantovu nemame ; problem je ze sa neda len tak povazovat gravitaciu ako nove castice podobne ako sa to robi pri elamg poli (fotony)

takze treba hladat inu teoriu, ktora popise gravitaciu pri obrovskych enregiach (velmi male vzdialenosti) = kvantovu teoriu gravitacie

plus bonusova otazka - da sa tato teoria sklbit so sm do jednej velkej teorie (grand unified theory)?

hlavnym prudom su struny (vsetko vo svete su struny, pricom rozne castice su len rozne mody kmitania toho isteho druhu struny), ktore odstranuju problem s nekonecnami, ale maju kopu svojich problemov (extra dimenzie, technicka zlozitost a zatiaľ slaba prediktivna sila)

jedna z inych zaujimavych moznosti je diskretnost casopriestoru na velmi malych skalach, ale nie jednoducho mriezkovanim ale komplikovanejsie (fuzzy geometry) → casopriestor sa stane kvantovym a ziska svoju vlastnu dynamiku, ktora je vlastne gravitaciou