

KRAJSKÁ HVEZDÁREŇ A PLANETÁRIUM PREŠOV

PODIVNÁ KVARKOVÁ HMOTA

Metodický materiál pre astronomické krúžky

Ako nočná mora leží na pokojnom spánku astrofyzikov a kozmológov záhada skrytej hmoty, ktorá sa prejavuje v galaxiách, hniezdach galaxií aj v celom pozorovateľnom vesmíre. Pozorovanie emisných čiar riedkeho plynu, ktorý sa nachádza v okolí galaxií, naznačujú, že galaxie by mali mať rozsiahle halá tvorené neviditeľnou hmotou a zasahujúce ďaleko za okraj viditeľnej časti galaxie. Hmotnosť týchto hal by mala byť v mnohých prípadoch 5 - 10 krát väčšia ako hmotnosť viditeľnej časti galaxie. Takté upravená hmotnosť galaxií a hniezd galaxií dá po urobení strednej hodnoty cez celý pozorovateľný vesmír strednú hustotu veľmi blízku kritického hustote

$\rho_{cr} \sim 2 \times 10^{-29} \text{ g/cm}^3$. Navyše najnovšie (a snáď korektné) verzie inflačného vesmíru vyžadujú, aby stredná hustota sa takmer presne rovnala kritického hustote. Na druhej strane na observatóriách veľmi dobre overená, teória prvotnej syntézy jadier ľahkých prvkov v prvých minútach po big-bangu jednoznačne tvrdí : stredná hodnota hustoty hmoty obsiahnutej v baryónoch (t.j. obvyčajnej formy hmoty, ktorá je základnou a podstatnou zložkou hviezd, planét alebo aj ľudí) nemôže byť väčšia ako asi $1/10 \rho_{cr}$. Teda asi 90 % vesmírnej hmoty je pred našimi očami skrytej - vyskytuje sa zatiaľ v neznámych formách.

Problém pri riešení záhady skrytej hmoty nie je v tom, že by sme nemali žiadneho kandidáta na vysvetlenie skrytých foriem. Právý opak je pravdou. Kandidátov je príliš mnoho je veľmi ťažko rozhodnúť, ktorý z nich je ten pravý a či tých pravých je hneď niekoľko. Pri galaxiách a hniezdach galaxií môžeme záhadu vysvetliť nielen neobvyklými formami hmoty,

ale i hmotou vytvorenou z obyčajných baryónov, pokiaľ nesvieti a nerozptyľuje príliš svetlo - predstaviteľné možnosti sú napr. čierne diery vzniknuté gravitačným kolapsom hviezd, chladné planéty, čiastočky prachu a pod. V dôsledku obmedzenia daného jadrovou syntézou musíme v rámci celého vesmíru vystačiť len s neobvyklými fermami. Ale i v tomto prípade je možnosťí dosť: hmotné neutrína, fotina či gravitina (ich spoločný názov -ina), magnetické monopóly, malé primordiálne čierne diery. My si podobne všimneme ďalšiu možnosť - podivné kvarkové gule - ktorá súvisí so skutočnosťou, že skrytú hmotu vesmíru môžeme vysvetliť pomocou baryónov, ktorým sa nejakým spôsobom podarilo uniknúť prvotnej jadrovej syntéze.

Doposiaľ poznáme iba dve formy stabilnej jadrovej hmoty, a tie sú veľmi obmedzené. (obr.1)

Atómové jadrá majú $Z \leq 98$ a $A \leq 263$, kým pre neutrónové hviezdy sú prípustné hodnoty $3 \times 10^{54} \lesssim Z \lesssim 2 \times 10^{56}$ a $3 \times 10^{56} \lesssim A \lesssim 1.5 \times 10^{57}$.

V obrovskom mori medzi ostrovmi stability ($263 < A < 3 \times 10^{56}$) stabilné jadrá neexistujú a nad limitnou hodnotou neutrónových hviezd $A \sim 1.5 \times 10^{57}$ sa rozkladá ríša gravitačného kolapsu a čiernych dier. Prof. E. Witten z Princetonskej univerzity prišiel však s prevratnou myšlienkou, že vo veľkom počte môžu existovať vaky (t.j. jednoduché nakopenia) približne rovnakého počtu kvarkov u (up - hore) d (down - dole) a s (strange - podivný), ktoré by mohli byť stabilné pre ľubovoľné hodnoty $A < 1.5 \times 10^{57}$ a boli by akýmisi neviditeľnými obyvateľmi tzv. jadrového koláča. Jadrový koláč by teda mal byť rozmanitejší ako sme si doteraz predstavovali - mal by byť bohatší o podivnú kvarkovú hmotu. Ale čo nás opravňuje k takým záverom a aké sú vlastnosti hypotetickej podivnej kvarkovej hmoty? Ako a kde,

kedy vznikajú podivné kvarkové gule? Môžeme ich registrovať aj na Zemi? Aké experimenty môžu dokázať existenciu podivnej kvarkovej hmoty? To sú otázky, na ktoré sa v tomto článku pokúsime odpovedať.

Každé dieťa vie, že jadrá atómov sú zložené z protónov (p) a neutrónov (n). Vzdelanejším deťom je ďalej známe, že protóny a neutróny sú zložené z kvarkov u a d. Keďže jadrá atómov nie sú jednoduché vaky kvarkov u a d, musú byť pre to isté A súbor protónov a neutrónov ľahší (t.j. stabilnejší), než hypotetický kvarkový vak, v ktorom by boli protóny a neutróny rozložené na kvarky. Pri danom A musí teda platiť nerovnica $M(p+n) < M(u+d)$ - inak by sa jadrá atómov rozpadli a premenili na kvarkové vaky. Ak by v hypotetickom vaku zloženom z kvarkov u a d boli niektoré kvarky nahradené podivnými kvarkami, zdalo by sa, že musí byť $M(u+d) < M(u+d+s)$ pretože $m_s > m_u, m_d$. Ale podľa Pauliho vylučovacieho princípu je energeticky výhodnejšie vyplniť kvantové stavy tromi druhmi kvarkov, čo kvarkovému vaku obsahujúcemu i podivné kvarky redukuje hmotnosť, inak povedané - väzbová energia s počtom druhov častíc rastie. Súboj medzi hmotnosťou kvarkov m_s a Pauliho vylučovacím princípom teda rozhoduje, či je (pri danom A) $M(p+n)$ väčšie, či menšie než $M(u+d+s)$. Ak zvíťazí Pauliho princíp, budú sa prepisovať učebnice : základným stavom jadrovej hmoty by v tomto prípade boli jednoduché vaky obsahujúce približne rovnaký počet kvarkov u, d, s. Výpočet stability podivných kvarkových gúl uskutočnili v rámci tzv. vakového modelu kvantovej chromodynamiky Farhi a Jaffe

z MIT (Massachusetts Institute of Technology). Stabilita podivných kvarkových vakov závisí od troch parametrov: hmotnosti m_s , štruktúrnej konštanty kvantovej chromodynamiky a tzv. vakového parametra. Výsledky výpočtov ukazujú, že v rámci experimentálne prípustných hodnôt týchto parametrov sa nedá rozhodnúť, či sú podivné gule stabilnejšie ako obyčajné jadrá. Avšak existujú oblasti povolených hodnôt parametrov, v ktorých je podivná kvarková hmota stabilná pre hodnoty Λ idúce rádovo od 1 až k limite čiernych dier 1.5×10^{57} . Odhad hustoty podivných gúl

$\rho_p \sim 3.6 \times 10^{14} \text{ g/cm}^3$ sa príliš nelíši od hustoty obyčajnej jadrovej hmoty. Keďže je $m_s > m_u, m_d$, musia podivné gule obsahovať trochu menej kvarkov s ako kvarkov d . Ich kladný elektrický náboj ($Z \sim A^{1/3}$) je trochu menší než pre obyčajné jadrá ($Z \sim A/2$) a je kompenzovaný elektrónmi. Ak je veľkosť podivného kvarkového vaku menšia ako typický rozmer atómu ($1 \text{ \AA} = 0,1 \text{ nm}$) t.j. jeho hmotnosť $M < 1,5 \text{ ng}$, má kompletná neutrálna podivná guľa vždy rozmer $R \sim 1 \text{ \AA}$ a pripomína obyčajný atóm s elektrónovým obalom. Podivné gule s hmotnosťou $M > 1,5 \text{ ng}$ pripomínajú skôr neutrónové hviezdy - elektróny sú rozložené vo vnútri kvarkového vaku a von vyčnieva len akási "elektrónová atmosféra". Takéto podivné gule môžu mať rozmery od niekoľkých \AA po niekoľko km.

Ak však existuje stav jadrovej hmoty, ktorý je ľahší ako obyčajné jadrá, potom sa obyčajné jadrá musia na tento stav premeniť v dôsledku rozpadu protónov a neutrónov. Napr. slabé interakcie ($ud \rightarrow su, u \rightarrow se^{+\nu}$) kvarkov v jadre železa ^{56}Fe by mali toto jadro premeniť na vak obsahujúci až 56 podivných kvarkov, pričom by došlo k emisii protónov párov $e^{+\nu}$, prípadne niekoľkých protónov. Z pozorovanej stability obyčajných jadier

sa bohužiaľ nedá vyvodiť, že stabilnejší stav jadrovej hmoty neexistuje, lebo napr. v prípade premeny jadra železa na kvarkový vak obsahujúci podivné kvarky, ide o slabú interakciu 56 -tého rádu. Teda aj keď je podivná kvarková hmota stabilná a obyčajná hmota nestabilná, doba života obyčajnej hmoty je v podstate nekonečná i podľa kozmologických meradiel. Pokiaľ by sme mali nádej pozerať okolo seba podivné kvarkové gule, tak museli vzniknúť ináč ako premenou obyčajnej hmoty.

Dnes poznáme dva mechanizmy, ktoré mohli viesť ku vzniku podivných kvarkových gúl. Prvý mechanizmus je kozmologický. Ide o fázový prechod, pri ktorom dochádza pri teplote okolo 1 GeV ku vzniku viazaných kvarkových stavov zo zmesi voľných kvarkov a gluónov (kvarkovej plazmy). Podľa štandardných predstáv by pri tomto fázovom prechode mali vzniknúť protóny a neutróny, ak sú však podivné kvarkové vaky stabilnejšie, mala by väčšina kvarkov (t.j. väčšina baryónového čísla vesmíru) skončiť ako podivné gule. Podľa Wittenovho modelu by to mal byť osud asi 90 % baryónového čísla vesmíru, pričom rozmery primordiálnych kvarkových gúl by mali byť v rozmedzí od 1 mm do 10 cm. V priebehu celej nasledujúcej histórie vesmíru sa s podivnou kvarkovou hmotou už nič nedialo, takže 90 % baryónového čísla vesmíru obsiahnutého v primordiálnych podivných guliach môže predstavovať hľadanú skrytú hmotu vesmíru, nakoľko sa nijako nezúčastnilo dejov prebiehajúcich v období prvej jadrovej syntézy ktoré sa odohrávali pri energiách ~ 1 MeV, teda až po ére "uväznenia" kvarkov. Podľa týchto predstáv je jasné, že primordiálne podivné kvarkové vaky by boli najstaršími obyvateľmi (praobyvateľmi) v ríši jadrovej baryonickej hmoty. Druhým mechanizmom

vzniku podivných guľ môžu byť astrofyzikálne katastrofy, ako sú zrážky neutrónových hviezd alebo supernovy, pretože neutrónové hviezdy môžu obsahovať pomerne značné množstvo podivnej kvarkovej hmoty. Pri takýchto katastrofických udalostiach by mohlo dochádzať k uvoľňovaniu podivných guľ - balvanov ľubovoľnej veľkosti.

V okolí Zeme sa teda môže nachádzať pomerne značné množstvo podivných guľ. V dôsledkoch prípadných zrážok týchto objektov so Zemou a možnostiach ich detekcie podrobne diskutoval na konferencii EPS Praha 1984 prof. de Rújula z CERNu; podivnú guľu, ktorá sa dostala do kontaktu so Zemou, nazýva analogicky s meteoritmi nuklearitom. Ukázalo sa, že pri love na nuklearity sa môžu uplatniť lovcia rôznych profesií: teoretický fyzik vedľa geológa, hvezdár vedľa geofyzika - seizmológa a pochopiteľne experimentálny fyzik.

De Rújula určuje minimálnu citlivosť experimentov, ktoré by mohli objaviť nuklearity zodpovedajúcich hmotností. Vychádza teda z predpokladu, že všetká skrytá hmota našej galaxie ktorej hustota by mala byť v našom okolí $\sim 10^{-24} \text{ g/cm}^3$, sa vyskytuje vo forme podivných guľ. Charakteristické galaktické rýchlosti orbitálnej rotácie Slnečnej sústavy ($\sim 250 \text{ km/s}$) potom dávajú lokálny tok skrytej hmoty $\sim 2.5 \times 10^{-17} \text{ g/cm}^2 \text{ s}$. Ak predpokladáme, že hmotnosti všetkých podivných guľ sú silne sústredené okolo strednej hodnoty M , potom uvedenému toku skrytej hmoty zodpovedá maximálny tok $n \sim 7.8 (1 \text{ g}/M)$ nuklearitov/ km^2 (2π ster). Z tohoto výrazu môžeme pre ľubovoľné prípustné M určiť maximálny počet nuklearitov, ktoré by sa mohli dostať do kontaktu so Zemou.

Pre nuklearity, ktoré sa pohybujú galaktickými alebo menšími rýchlosťami (popr. sa vplyvom odporu prostredia zastavia), sú odpudivé coulombovske sily ich elektrónovej "atmosféry" dostatočne veľké na to, aby zabránili priamym jadrovým interakciám s okolitými atómami obyčajnej hmoty. Nuklearity, ktoré sa pohybujú hmotným prostredím strácajú energiu v dôsledku atómových zrážok - pri prechode prostredím sa odstrašujú hmotu zo svojej dráhy elastickými alebo kvazielastickými zrážkami s okolitými atómami. Strata energie nuklearitov pozdĺž dráhy bude pri týchto zrážkach daná ako u meteoritov vzťahom:

$$dE/dx = -a \rho v^2$$

kde a je účinný prierez nuklearitu (t.j. plocha jeho povrchu), v je jeho rýchlosť a ρ je hustota prostredia. Rýchlosť nuklearitu bude teda pozdĺž jeho dráhy exponenciálne klesať, pre nuklearit s hmotnosťou M bude po prekonaní vzdialenosti L rýchlosť určená výrazom

$$v(L) = v(0) \exp \left\{ -\frac{a}{M} \int_0^L \rho dx \right\}$$

ak rýchlosť nuklearitu klesne na hodnoty blízke rýchlosti zvuku v prostredí, v ktorom sa pohybuje, začne naňho pôsobiť konštantná brzdiaca sila, ktorá sa rovná sile, ktorou sa prostredie bráni narušeniu. Táto konštantná sila potom nuklearit veľmi rýchlo zastaví, takže pre "priemik" nuklearitu (t.j. integrál z hustoty prostredia pozdĺž dráhy nuklearitu) bude smerodajné, kedy počiatočná rýchlosť $v(0)$ poklesne na rýchlosť zvuku v prostredí. Dosah nuklearitu pri prechode Zemou je v závislosti na jeho hmotnosti M daný vzťahom:

$$\int_0^L \rho dx = \frac{M}{a} \ln \frac{v(t)}{v(0)} \begin{cases} 3 \times 10^7 (M/1ng)^{1/3} g/cm^2 & \text{pre } M > 1.5ng \\ 2.3 \times 10^7 (M/1ng) g/cm^2 & \text{pre } M < 1.5ng \end{cases}$$

Odtiaľ vidieť, že nuklearity s hmotnosťou väčšou ako $4 \times 10^{-14} g$ preniknú atmosférou Zeme bez toho, aby stratili kozmickú rýchlosť. Pri hmotnostiach väčších ako 0,1 g vždy prejdú celou Zemou, t.j. majú prienik väčší než prienik zodpovedajúci prechodu zemským polomerom $\int_0^{R_z} \rho dx \sim 10^{10} g/cm^2$. Nuklearity s hmotnosťami ležiacimi v intervale $4 \times 10^{-14} g < M < 0,1 g$ by teda mali byť zachytené a uväznené v Zemi (obr.2)

Pokiaľ je tiež nuklearitu väčšia ako odpor okolitého prostredia, bude sa nuklearit prepadať ku stredu Zeme. Nuklearity ľahšie ako 0,3 ng sa však môžu zastaviť v zemskej kôre a vytvoriť tam pozorovateľné koncentrácie. (Maximálny možný tok takých nuklearitov by mohol v priebehu existencie Zeme vyprodukovať koncentráciu zodpovedajúcu desatmilióntine hmotnosti zemskej kôry). Hľadanie týchto nuklearitov je veľmi zložitý problém, treba veľmi starostlivo robiť výber ako možných nálezísk (ustriece, usadeniny v hlbokých moriach,...) tak i detekčných techník (hmotnostná spektroskopia...)

Počas prechodu prostredím galaktickou rýchlosťou $\sim 250 km/S$ udeľuje nuklearit pri elastických zrážkach okolitým atómom rýchlosti približne rovnakej veľkosti. Teplota prostredia tým rastie na $T \sim 1 keV$, čím vzniká horúca plazma, ktorá sa šíri ako rázová vlna. Pokiaľ je prostredie v nejakej frekvenčnej oblasti priehľadné pre svetlo (ako je to v prípade vody a vzduchu), časť generovanej tepelnej energie môže byť vyžiarená vo forme viditeľného svetla. De Rújula ukazuje, že účinnosť tejto pre-

meny je pre zemsú atmosféru asi 4 % v prípade čistej vody je to asi 0,003 % a pre registráciu prechodu nuklearitov navrhuje použiť aj detektory vybudované pre registráciu rozpadu protónov. Ako príklad uvádza IMB (Irvine-Michigan - Brookhaven) detektor, ktorý obsahuje 80 kiloton superčistej vody, je vybavený zariadením schopným zaznamenať udalosti vytvárajúce viac než 3×10^4 fotónov a ktorý môže registrovať nuklearity s hmotnosťou väčšou než 2×10^{-11} g, schopné ohriať vodu na niekoľko tisíc K. Lovci nuklearitov sa však môžu prižívať aj v ďalších prípadoch, pri hľadaní magnetických monopólov alebo pri sledovaní meteorov na nočnej oblohe.

V niektorých experimentoch zameraných na detekciu kozmických magnetických monopólov sa používajú veľké plochy scintilačných materiálov, ktoré sú na prechod nuklearitov ešte citlivejšie ako voda. Nezakryté scintilátory umiestnené na úrovni hladiny mora sú schopné detekovať nuklearity s hmotnosťou iba 10^{-13} g, takže môžu preverovať možnosti existencie nuklearitov vo veľmi širokej oblasti ich hmotnostného spektra.

Rovnako ako meteory, aj nuklearity vytvárajú pri prechode zemskou atmosférou viditeľné svetlo (obr.3). Účinnosť premeny generovanej energie na svetlo je pomerne značná ($\sim 4\%$) takže možnosť registrácie prechodu nuklearitov atmosférou by mala byť reálna. Výpočty ukazujú, že pre hmotnosti väčšie ako 10^{-5} g sú nuklearity schopné zahriať okolitý vzduch tak, aby emitoval viditeľné žiarenie. Zrejme ťažké nuklearity pritom môžu byť viditeľné voľným okom - napr. zdanlivá magnitúda 20 g nuklearitu vzdialeného 10 km je rovnaká ako najjasnejšej hviezdy - Sírila.

Je jasné, že sa ponúka široké pole pôsobnosti pre lovcov z radov astronómov - amatérov, nakoľko atmosférické nuklearity možno ľahko odlíšiť od obyčajných meteorov. Nuklearity musia byť predovšetkým podstatne rýchlejšie (minimálne 3x) ako obyčajné meteorory, nakoľko sa pohybujú galaktickými rýchlosťami ~ 250 km/s, zatiaľ čo meteorory, ktoré sú viazané na Slnecnú sústavu, nemôžu mať rýchlosť väčšiu ako 80 km/s.

Ďalší rozdiel medzi nuklearitami a meteorami je daný výškami, v ktorých produkujú viditeľné svetlo. Zatiaľ čo meteorory žiaria väčšinou v horných vrstvách atmosféry (> 60 km), kde sa postupne rozpadajú a do spodných vrstiev nestačia doletieť, nuklearity, ktoré sa samozrejme nerozpadajú, môžu žiariť len v najspodnejších vrstvách atmosféry, kde je hustota vzduchu dostatočne vysoká, aby mohlo dôjsť k ohrevu potrebnému pre emisiu viditeľného svetla. Maximálna výška, v ktorej môže nuklearita generovať viditeľné žiarenie je podľa De Rújula a Glashova daná vzťahom $h_{\max} \sim 2,7 \text{ km} \ln (M/12 \mu\text{g})$, takže napr. nuklearita s hmotnosťou 10^{-4} produkuje svetlo vo výškach menších než 6 km, pri hmotnosti 1 g je to pod 30 km a pre hmotnosť 10^4 g žiari vo výškach menších ako 60 km. Pri pozorovaní hĺbnej oblohy teda treba dávať pozor na veľmi rýchle objekty, ktoré začnú žiariť pomerne nízko nad Zemou a žiaria až do svojho dopadu. Zdanlivé magnitúdy (pre vzdialenosť 10 km) atmosférických nuklearitov sa pohybujú od +6 pre $M \sim 10^{-4}$ g do -3 pre $M \sim 10^4$ g - ťažké nuklearity by teda mali byť pomerne ľahko pozorovateľné. Na druhej strane však takých nuklearitov môže dopadať len veľmi málo. Z absolútnych obmedzení na tok nuklearitov (daných množstvom skrytej hmoty v našej galaxii) plynie, že nuklearit s hmotnosťou 4×10^4 g

by sme z jedného miesta na Zemi mohli registrovať maximálne raz za rok. Predsa len by astronómické pozorovania mali byť schopné dať obmedzenia na počet hypotetických nuklearitov s hmotnosťou väčšou než 10^{-4} g.

Pokiaľ je Zem skutočne bombardovaná nuklearitmi, mali by existovať nejaké pozorovateľné následky takýchto udalostí. Hľadanie týchto následkov však vyžaduje rozsiahlu spoluprácu geológov a experimentálnych fyzikov, pretože sa môžu prejavovať na (mikro) štruktúre zemskej kôry. Nuklearity s hmotnosťou nad $2,4 \times 10^{-10}$ g môžu zanechať pozorovateľné stopy vo veľkých hĺbkach - to je ďalší jav, ktorý môže presvedčivo preukázať existenciu nuklearitov, nakoľko meteority, prirodzená rádioaktivita ani normálne kozmické žiarenie to nedokážu. Nuklearity ľahšie ako 1 g vytvárajú iba mikroskopické stopy, čo vyžaduje veľmi dôkladné hľadanie vo vhodne vybraných materiáloch.

Jeden takýto experiment už vlastne prebehol a predstavuje prvé výsledky pátrania po nuklearitoch - treba povedať, že ide o výsledky negatívne, ktoré nás presvedčujú o tom, že tok nuklearitov s hmotnosťou v intervale 10^{-10} g až 1 g musí byť nutne menší, ako je maximálny možný tok daný skrytou hmotou našej galaxie. V uvedenom experimente boli hľadané poruchy v štruktúre sludových doštičiek vybraných v hĺbke asi 5 km. Pôvodne sa hľadali iba stopy po magnetických monopóloch, ale negatívne výsledky tohto experimentu možno vzťahovať nielen na magnetické monopóly, ale tiež aj na tok kozmických nuklearitov.

Nuklearity s hmotnosťou väčšou ako 1 g môžu v hornine vytvárať poruchy viditeľné voľným okom. Napr. energia disipovaná

nuklearitom s hmotnosťou 1 g dokáže v skale rozdrviť valec s priemerom $\sim 0,1$ mm, pokiaľ by všetok prípustný tok pozostával z 1 g nuklearitov, vznikol by v skale starej miliardu rokov jeden záznam na cm^2 . Podstatne väčšie nuklearity by po sebe pocho- piteľne nechali oveľa väčšiu spúšť, nuklearit s hmotnosťou $\sim 10^9$ g a polomerom $\sim 0,1$ mm by rozdrvil skalu v okruhu niekoľ- kých metrov. K takýmto zrážkam mohlo samozrejme dochádzať len veľmi zriedka, za miliardu rokov pripadá maximálne jedna na 100 km^2 . (Pre nuklearity s hmotnosťou $\sim 10^{18}$ g vychádza maximálne jedna zrážka so Zemou za celú dobu jej existencie). Zdá sa teda, že geologické výskumy môžu dať podstatné obmedzenia na počet nuklearitov s hmotnosťou väčšou ako 1 g.

Máme však ešte jednu možnosť detekcie prechodu veľmi hmot- ných nuklearitov Zemou. Už pre nuklearity s hmotnosťou $\sim 10^6$ g, ktoré sa nemôžu so Zemou zraziť častejšie ako raz za 1 rok, sa uvoľní toľko energie, že ich prechod môže byť pomerne ľahko registrovaný seizmickými zariadeniami. Prechod obrieho nukleari- tu by mohol vyvolať tzv. epilineárne zemetrasenie, ktoré by mohlo byť registrované na veľmi vzdialených miestach na povrchu Zeme v približne rovnakej dobe. (Nuklearit prejde Zemou asi za minútu). Také zemetrasenie je možné seizmickými prístrojmi pomerne ľahko odlíšiť od normálneho zemetrasenia, ktoré máva v podstate bodový zdroj: signály od lineárneho zdroja prichá- dzajú úplne inakšie ako od bodového zdroja (obr.3) Podľa ná- zoru prof. De Rújula by v existujúcich seizmických záznamoch snáď mohli byť objavené veľké epilineárne zemetrasenia s magni- túdou väčšou ako 5. (Seizmické údaje, ktoré sú dnes k dispozícii

obmedzujú počet takýchto udalostí na maximálne jednu za 10^8 rokov).

Existencia značného množstva skrytej hmoty vo forme podivných kvarkových guľí by samozrejme mala mať ďalekosiahle kozmologické dôsledky, ktoré bude treba najprv poriadne preskúmať. Iste by sa prejavila v modeloch tzv. primordiálnej supergravitačnej inflácie pri skúmaní obdobia baryogénézy a kľúčovú úlohu by určite zohrala v teóriách vzniku veľkoškálovej štruktúry vesmíru.

Ako je to ale s možnosťou laboratórnej "výroby" veľmi ľahkých podivných jadier? Prof. De Rújula i tu necháva otvorené dvere pre experimentátorov, ktorí by si radšej vyrobili vlastné podivné guľe v laboratóriu, ako by ich hľadali na dne mora, v ustriciach, hlboko pod povrchom Zeme, či niekde inde. Najvhodnejším kandidátom predpovedaným "vakuovým" modelom kvantovej chromodynamiky je stabilný dihyperon s číslami $A=-S=2$. Ďalšie stabilné podivné jadrá pravdepodobne existujú až pre $A \gtrsim 70$, i keď sa napríklad nedá vylúčiť existencia stabilného izotopu uhlíka s podivnosťou -3 alebo -4. Snáď sa v laboratóriách niektoré obyčajná ľahké jadrá príležitostne rozpadnú na ľahké jadrá podivného pôvodu, snáď budeme schopní vytvoriť kvarkovú plazmu (quagma) obsahujúcu podivné kvarky a z quagmy potom vyrobiť podivné jadrá, snáď...

Dúfajme, že už blízka budúcnosť ukáže, či svet okolo nás naozaj obsahuje "podivnú" hmotu.

Vydala : Krajská hvězdárna a planetárium Prešov

Zodpovedný : riaditeľ KHAP Prešov - Š. Lenzová

Autor: Zdeněk Stuchlík, katedra fyziky, VŠB, Ostrava-Poruba

Odborný posudek : RNDr. Juraj Zverko, CSc.

Náklad: 500 ks

Nepredajné !

Len pre vnútornú potrebu !

Bl.č. 127 - 143 /86 Pl.