KRAJSKÁ HVEZDÁREŇ A PLANETÁRIUM PREŠOV

F I L O Z O F I A A A S T R O F Y Z I K A

(Niektoré aspekty vzťahov filozofie a astrofyziky)

Metodický materiál pre astronomické a svetonázorové krúžky

1988

O B S A H

Úvod 1

1/ Základné problémy súčasnej astrofyziky

1.1. Kozmologické problémy 2

1.2. Podstata vzniku a evolúcie objektov vesmíru 4

1.3. Problémy mimozemského života 6

2/ Modely vesmíru

2.1. Newtonov model 9

2.2. Sférický Einsteinov model 10

2.3. Nestacionárne Fridmanove modely 11

3/ Štruktúra vesmíru

3.1. Makroskopická štruktúra vesmíru - štruktúra vesmíru a objektov v ňom 13

3.2. Mikroskopická štruktúra - štruktúra elementárnych častíc 14

4/ Niektoré exotické objekty vo vesmíre

4.1. Neutrónové hviezdy - pulzary 16

4.2. Rentgenové zdroje 17

4.3. Čierne diery 19

Záver 20

Literatúra 21

Úvod

V súčasnosti, v období vedeckotechnickej revolúcie, sa kladie zvlášť veľký dôraz na harmonický rozvoj osobnosti človeka. Človek budúcnosti, okrem toho, že bude obklopený technikou, ktorej bude tvorcom i užívateľom, bude sa musieť v tomto svete aj správne orientovať, nájsť a zhodnotiť svoje miesto v spoločnosti, vidieť v správnom svetle výdobytky vedy a techniky.

Objasniť a upevniť pozície človeka má svetonázor, ktorý sa formuje prostredníctvom získavania vedomostí z rôznych vedných oblastí. A práve jednou z moderných vied, ktorá prináša veľké objavy ale i problémy, je astrofyzika. Tá zásobuje svojimi teoretickými i observačnými závermi iné vedné oblasti prírodných vied, ale i filozofiu a tvorivo ich rozvíja. Astrofyzika je veda o fyzikálnych procesoch a podmienkach vo vesmíre a na jednotlivých telesách, skúma ich, opisuje a zaoberá sa aj ich vznikom a vývojom a to teoreticky i experimentálne (modelovanie na počítačoch, pozorovania). Vesmír je totiž ohromné a nenapodobiteľné fyzikálne laboratórium, ktoré nám poskytuje na skúmanie cenný materiál, pomocou ktorého sa naše poznanie o svete v ktorom žijeme posúva stále na vyššiu úroveň. Vesmír nám ukazuje plazmu v extrémnych tepelných i tlakových podmienkach, kozmické žiarenie je skúšobným kameňom teórií elementárnych častíc, vo hviezdach sme objavili udivujúce termonukleárne reaktory, planetárna sústava je grandióznou ukážkou súhry gravitačných síl, čierne diery a neutrónové hviezdy sú zasa skvelým testom teórie relativity. Spájajú sa tu fyzika, astronómia, astrofyzika, kozmológia a filozofia do celku, ktorý

stojí v čelnom rade vedy o vzniku a vývoji vesmíru ako celku i jeho častí, aby človeku priblížili a objasnili materiálnu podstatu všetkých procesov.

1. Základné problémy súčasnej astrofyziky

1.1. Kozmologické problémy

Ani moderná kozmológia, hoci mnohé nejasnosti vyriešila, nie je bez problémov. Existujú v nej štyri základné problémy vyplývajúce z pozorovaní.
Sú to: problém špecifickej entropie, problém horizontu, problém plochosti priestoru a problém prvotných fluktuácií.
Povedzme si teraz bližšie, v čom jednotlivé problémy spočívajú a ako sa dajú riešiť:

1. Problém špecifickej entropie vyplýva z faktu, že počas rozpínania vesmíru zostáva konštantný pomer počtu fotónov reliktového žiarenia k počtu baryónov. V podstate je tento problém spojený s faktom, že vo vesmíre je prebytok častíc nad časticami.
2. Problém horizontu vyplýva z pozorovaní niektorých fyzikálnych parametrov vesmíru (napr. teplota reliktového žiarenia), ktoré sú rovnaké pre ľubovoľné oblasti vesmíru, ktoré nie sú kauzálne viazané a teda (podľa klasických teórií vývoja vesmíru) si nemohli vymeniť informácie.
3. Problém plochosti priestoru spočíva v (zatiaľ) bezvýznamnom rozdiele medzi pozorovanou a kritickou hustotou vesmíru. (Kritická hustota je približne 10^{-26} kgm^{-3}). Ak by totiž hustota látky vo vesmíre mala presne kritickú hodnotu, priestor by bol plochý, euklidovský. Tento jav je však veľmi málo pravdepodobný, ak si uvedomíme, že kritická husto-

ta je práve jedna hodnota, ale ostatných možností je pre hodnotu hustoty nekonečne mnoho.

4. Problém prvotných fluktuácií je založený na tom, že existuje zrejmý rozpor medzi vznikom galaxií z prvotných fluktuácií a medzi homogenitou a izotropiou samého vesmíru.

Ako tieto problémy vysvetliť a nedostať sa do rozporu s pozorovaniami, ani s fyzikálnymi zákonmi?

Na vysvetlenie týchto problémov sa musíme obrátiť na nové fyzikálne poznatky, a to na tzv. teóriu veľkého zjednotenia a teóriu fyzikálneho vákua.

Z teórie veľkého zjednotenia totiž vyplýva, že pri určitých podmienkach existujú interakcie medzi elementárnymi časticami, pri ktorých dochádza k zmene baryónového náboja, čím vzniká prebytok častíc nad antičasticami. Na základe tohoto faktu je potom problém špecifickej entropie v zhode s pozorovanými údajmi úspešne vyriešený. Samotná teórie veľkého zjednotenia (tzv. GUT, z angl. Grand Unification Theory) zjednocuje pri extrémnych podmienkach slabú, elektromagnetickú a silnú interakciu do jednej univerzálnejšej.

Vysvetlenie ďalších kozmologických problémov je spojené s vlastnosťami vákua pri teplote vyššej než 10^{28} K. Fyzikálne vákuum odpovedá najmenším energetickým stavom všetkých polí bez prítomnosti reálnych častíc, pričom vákuum má zaujímavú vlastnosť - jeho gravitačná sila zodpovedá silám odpudzovania. Pri teplote 10^{28} K a hustote 10^{80} kgm^{-3}, čo je stav tzv. "falošného vákua", je hustota hrúdej hmoty vyššia a prevláda nad gravitaciou vákua. Nepatrne pod touto hranicou kles-

ne hustota hmoty pod hodnotu hustoty vákua a gravitácia prevládne - vesmír v tomto stave sa začne rozpínať. Toto štádium nazývame "nafukujúci sa vesmír". Vtedy nastal fázový prechod zo stavu "falošného vákua" do stavu "skutočného vákua". Vesmír sa zároveň pri tomto prechode zohrial znovu na 10^{28} K a počas 10^{-34} sekúnd sa jeho rozmery zväčšili 10^{43} krát.

Takto štádium "rozfukujúceho sa vesmíru" rieši problém horizontu tým, že pred týmto štádiom sa v bodoch ležiacich vo vnútri horizontu vytvorí rovnaká teplota. Potom sú tieto body po rozfúknutí zanesené na obrovské vzdialenosti a nachádzajú sa navzajom mimo horizontu. Tým sa kauzalita teda nenarušila, len my v súčasnej dobe pozorujeme výsledný efekt, že oblasti, ktoré podľa našich doterajších znalostí nemohli byť kauzálne spojené, majú rovnaké vlastnosti.

Problém prvotných fluktuácií tiež môžeme vysvetliť pomocou fazového prechodu. Opakované rozohriatie vesmíru nie je všade súčasné v dôsledku konečného šírenia sa informacie a následkom toho sa vytvárajú fluktuácie horúcej látky. Z týchto nehomogenít hustoty látky sa vytvarajú vesmírne objekty.

Takto teda moderná astrofyzika a kozmológia riešia problémy raného vesmíru a poukazujú tak veľmi presvedčivo na dialektické spojenie vlastností megasveta a mikrosveta a procesov v nich prebiehajúcich.

1.2. Podstata vzniku a evolúcie objektov vesmíru.

V predchádzajúcej časti sme sa zmienili o tom, že v rannom vesmíre, veľmi skoro po tzv. Big bangu, vznikli v ňom

fluktuácie hustoty. Toto obdobie datujeme približne pred 12 - 16 miliardami rokov. Trvalo niekoľko stoviek miliónov rokov, kým tieto fluktuácie dali vznik objektov, ktoré môžeme dnes vo vesmíre pozorovať. Najskôr vznikli nehomogenity látky v tvare dlhých strún, ktoré tvoria akési "bunky" vo vesmíre. Mimo strán týchto buniek je hmoty málo a preto aj hovoríme, že vesmír má bunečnú štruktúru. V stenách buniek (strunách) sa ďalej formovali nehomogenity v tvare plochých diskov, zvaných bliny (z angl. blin - lievanec). Z lievancov sa ich drobením na menšie fragmenty stávajú zárodky pre kopy galaxií, či supergalaxie. Formujú sa jednotlivé supergalaxie a kopy galaxií i menšie sústavy, tzv. hniezda, skupiny, mračná galaxií a hypergalaxie i samostatné galaxie. Veľmi rýchlo po vzniku jednotlivých galaxií vzniká v nich prvá generácia hviezd. Takto v relatívne krátkom čase po "vzniku" vesmíru už máme jednotlivé hviezdy, ktoré v procese svojho vývoja produkujú ťažšie chemické elementy, nakoľko ranný vesmír obsahoval takmer výhradne vodík a hélium. Tým dodáva prvá generácia hviezd materiál pre formovanie sa nových generácií hviezd, ktoré už môžu mať planetárne sústavy. Naše Slnko je napríklad hviezdou 2. alebo 3. generácie a vďaka tomu sa už pri jeho vzniku nahromadilo dosť ťažkých prvkov pre vznik planét, ale aj k tomu, aby na našej planéte mohol vzniknúť život, ako najvyššie organizovaná hmota z celého tohto zložitého a dlhého procesu evolúcie hmoty. Tento proces poukazuje na vývoj hmoty z počiatočných fluktuácií v hustote hmoty pred asi 16 miliardami rokov pointeligentný život našej civilizácie v súčasnosti, ako na dlhotrvajúci prirodzený vývoj a postupný vznik kvalitatívne novej formy hmoty, ktorá je schopná

skúmať vesmír i procesy, z ktorých sama vznikla.

1. 3. Problémy mimozemského života

Človeka oddávna zaujíma myšlienka o existencii života mimo našej planéty. Je to zaujímavá problematika, predovšetkým pre biológiu a filozofiu, ale pomôcť môžu práve astronómia a astrofyzika, nakoľko je treba poznať podmienky panujúce na iných vesmírnych telesách a zhodnotiť ich. Dnes však ešte nevieme podať ani presnú definíciu života a preto je aj problematické, čo vlastne chceme vo vesmíre hľadať. Je nám už známe, že hľadať život vo vesmíre musíme až u najbližších hviezd, pretože v Slnečnej sústave takmer iste (okrem Zeme) neexistuje. A na veľké medzihviezdne vzdialenosti musíme na dnešnej úrovni techniky, hľadať len život aspoň na takej úrovni ako náš, teda mimozemské civilizácie, ktoré sú schopné s nami komunikovať.

V súvislosti s touto problematikou sa vynárajú najmenej dve závažné otázky:

1. Keď sú splnené fyzikálno-chemické podmienky, je vznik života nevyhnutný?
2. Keď vznikol život, je nevyhnutné, aby sa vyvinul až do rozumnej formy?

Vychádzajúc z dvoch princípov dialektického materializmu - princípu materiálnej jednoty sveta a princípu vývoja, môžeme na obidve otázky odpovedať kladne.

Zostáva nám teda nájsť hviezdy, pokiaľ možno blízko, s planetárnou sústavou, v ktorej sú podmienky pre vznik života. Ani tento problém nie je jednoduchý. My poznáme, alebo

sa domnievame, že poznáme, podmienky pre vznik a vývoj života, ale nájsť konkrétne planéty obiehajúce okolo vzdialených hviezd je mimo naše prístrojové možnosti. Preto sa celá činnosť v tejto oblasti redukuje na hľadanie rádiových signálov a pokusy o nadviazanie spojenia s mimozemskými civilizáciami.

Keďže len v našej Galaxii je okolo 400 miliárd hviezd, veríme, že pátranie po rozumnom živote nie je beznádejné. Prvý pokus o zachytenie signálov od civilizácií z vesmíru bol podniknutý v roku 1960, kedy sa rádioastronóm F. Drake sústredil na dve blízke hviezdy a v šume rádiových signálov sa snažil nájsť signály umelého pôvodu. Neskôr vznikol program CETI (Communication with extraterrestrial inteligence) ktorý sa premenoval na SETI (Searching for extraterrestrial inteligence), Teda miesto komunikacie už reálnejšie - pátranie. Hľadanie signálov n rádiových vlnách pokračovalo veľkými projektami: napríklad v roku 1976 sa sledovalo 650 "podozrivých" hviezd, potom v priebehu piatich rokov sa podarilo na všetkých vhodných vlnových dĺžkach prehľadať 80 % oblohy. Hviezdy však stále mlčali. Neprítomnosť dôkazov existencie však nie je dôkazom neprítomnosti. Preto vedci zaoberajúci sa problematikou mimozemského života pracujú usilovne ďalej. Sovietsky vedec, profesor N. Kardašev, rozdelil dokonca mimozemské civilizácie na tri skupiny: civilizácie I. typu sú porovnateľné s našou, civilizácie II. typu sú tie, ktoré zvládli využitie energie svojej hviezdy a III. typ predstavujú civilizácie, ktoré svoju činnosť prejavujú v rámci celej svojej galaxie. Preto je najefektívnejšie sústrediť sa na typy II. a III., ktoré majú k dispozícii toľko energie,

že môžu vysielať správy do všetkých smerov v priestore. Predpokladá sa, že signály civilizácie III. typu by sa dali zachytiť až zo vzdialenosti 10 miliárd svetelných rokov. Okrem pasívneho čakania na registráciu signálov umelého pôvodu sa ľudstvo snaží o kontakt s inými civilizáciami aj inak. V roku 1974 bolo vyslané najväčším rádioteleskopom rádiové posolstvo ku guľovej hviezdokope M 13 v súhvezdí Herkulesa. Táto hviezdokopa obsahuje približne milión hviezd a je vzdialená 21 tisíc svetelných rokov. Je veľká pravdepodobnosť, že tam existuje nejaká civilizácia, avšak jej odpoveď môžeme "počuť" až o 42 tisíc rokov. Naše posolstvo obsahuje niektoré informácie o človeku, jeho vedomostiach z biológie a chémie a o Slnečnej sústave. Druhým pokusom o kontakt bolo umiestnenie zlatej plakety na medziplanetárnych sondách Pioneer 10 a 11. Po prieskume Slnečnej sústavy letia obe sondy do medzihviezdneho priestoru a za niekoľko stotisíc rokov dorazia do oblasti najbližších hviezd. Na plakete sú zobrazení ľudia, Slnečná sústava, sonda a ďalšie údaje, ktoré by pomohli identifikovať polohu našej sústavy v Galaxii. Avšak nádej, že niektorá civilizácia zachytí túto "fľašková poštu", je veľmi malá. Aj v tomto prípade by sme si museli na odpoveď počkať veľmi dlhú dobu.

Je teda otázka: ak aj existujú civilizácie, ako sa môžu dorozumieť, keď ich delia vzdialenosti, ktoré aj ten najrýchlejší signál prekonáva rádove za tisíce rokov? Ak napríklad jedna civilizácia vyšle správu alebo otázku v určitom čase, potom v čase, keď dostane odpoveď, nebude už táto vôbec aktuálna, pretože medzitým prejde obrovský úsek dejín. A nakoniec

ešte jeden problém: ako pokračuje vývoj civilizácií? Nie je to proces, ktorý končí napríklad samozničením civilizacie? (Príklad na Zemi - jadrová vojna). Na tieto i ďalšie otázky očakávame odpovede od filozofie a sociológie a ich riešenie nám objasní aj to, či je reálna nádej na spojenie s inou civilizáciou.

2. Modely vesmíru

2.1. Newtonov model

Najprimitívnejší model vesmíru je možné popísať pomocou gravitačného zákona za predpokladu plochého a nekonečného priestoru - stacionarnym homogénnym Newtonovým modelom. Predpokladá sa teda, že takýto vesmír je rovnomerne vyplnený hmotou, napríklad hviezdami, galaxiami. Takýto model, známy už v 19. storočí, nemôže uspokojiť a nesie so sebou tri vážne paradoxy, kvôli ktorým bolo nutné od neho upustiť.

Prvý z nich je Olbersov paradox, ktorý spočíva v tom, že vesmír vyplnený žiariacimi objektami, ktorý je nekonečný, by žiaril tak, že i v noci by musela obloha žiariť tak jesne ako slnečný povrch.

Druhý paradox je v tzv. tepelnej smrti vesmíru. Ak totiž existuje nekonečne dlho stacionárny vesmír, potom podľa zákonov termodynamiky by už dávno všetka hmota dospela do stavu termodynamickej rovnováhy a dnes už by sme žiadnu zmenu nepozorovali.

Tretím je Seeligerov paradox, podľa ktorého by v dôsledku príťažlivej gravitačnej sily všetkých telies vo vesmíre

na ľubovoľne zvolené teleso v nekonečnom vesmíre pôsobila nekonečne veľká sila.

Ak chceme odstrániť všetky tri paradoxy, musíme sa zbaviť predpokladu o homogenite rozloženia hmoty i stacionárnosti a nekonečnosti plochého euklidovského priestoru a tým opustiť Newtonov model. Inou možnosťou by bolo, ak by sme nepovažovali Newtonov zákon všeobecnej gravitácie platný pri veľkých vesmírnych vzdialenostiach. Na základe pozorovaní i zo znalosti teórie však na to dôvody nemáme. Preto v historickom procese poznávania vesmíru bolo nutné tento model zavrhnúť a nahradiť ho progresívnejším.

2.2. Sférický Einsteinov model

Model, ktorý nazývame sférický Einsteinov svet, publikoval jeho autor v roku 1917. Je to trojrozmerný priestor s konštantným konečným objemom, neeuklidovský (teda zakrivený), homogénny a nemenný s časom. Einstein sa pokúsil vo svojom modele spojiť pomocou rovníc všeobecnej teórie relativity polomer krivosti vesmíru so strednou hustotou hmoty. Ukázalo sa však, že takéto riešenie nie je možné a preto sa pokúsil o zovšeobecnenie svojich rovníc zavedením nového člena (tzv. lambda člen Λ). Rovnice potom majú od času nezávislé riešenie, pričom polomer krivosti priestoru R a konštanta Λ sú spojené jednoduchým vzťahom $R = 1/\sqrt{\Lambda}$, stredná hustota je $\varrho = c^2\Lambda / 4\pi G$, kde c je rýchlosť svetla a G gravitačná konštanta, z čoho potom $R = c/\sqrt{4\pi G \varrho}$. Konštanta Λ sa často nazýva pre svoj význam aj kozmologickou konštantou a fyzikálne v rovniciach sprostredkúva tzv. zápornú gravitáciu, teda

odpudzovanie. Je však umelo, z núdze, zavedenou veličinou. Neskôr sa ukázalo, že vesmír nie je stacionárny, ale že sa rozpína. Tým definitívne padol Einsteinov sférický model vesmíru, aby ho nahradili moderné nestacionárne Friedmanove modely. Sám Albert Einstein považoval potom svoj model za najväčší omyl svojho života.

2.3. Nestacionárne Friedmanove modely

Sovietsky matematik A. A. Fridman v roku 1922 ukázal, že podľa všeobecnej teórie relativity nemôže byť vesmír stacionárny, ale musí sa s časom rozpínať alebo zmršťovať. Vtedy sa jednalo o teoretické výpočty, ktoré v roku 1929 podložili a potvrdili pozorovania vzdialených galaxií. Ukázalo sa, že galaxie sa vzďaľujú a teda že náš vesmír sa rozpína. Pritom sa zmenšuje stredná hustota hmoty s časom. Fridmanove modely sú všeobecné, v nich lambda-člen nie je nevyhnutný, je len ďalším parametrom teórie. Preto je najskôr potrebné preskúmať a porovnávať s pozorovaniami modely s $\Lambda = 0$. V týchto modeloch sa vychádza z predpokladu, že vo veľkých mierkach v danom okamihu je vesmír homogénny a izotropný. Celkove existuju tri základné modely, podľa strednej hustoty hmoty vo vesmíre. Pri kritickej hustote je priestor plochý, euklidovský, a rozpína sa stále sa zmenšujúcou rýchlosťou nekonečne dlho. Pri hustote nadkritickej je geometria priestoru kladne zakrivená, ako na trojrozmernej guli, rozpína sa stále sa zmenšujúcou rýchlosťou, ale len v určitých konečný čas, pokiaľ rozpínanie nenahradí zmršťovanie (kontrakcia). Niekedy sa nazýva pulzujúci vesmír. Pri podkritickej

hodnote hustoty máme model priestoru so zápornou krivosťou (ako na hyperboloide) a rozpína sa konštantnou rýchlosťou nekonečne dlho. Všetky tri modely sa začínajú okamihom, kedy sa polomer vesmíru rovná nule a tento okamih, ktorý predchádzal začiatku rozpínania, tzv. Big bangu, môžeme nazývať vznikom vesmíru. Samozrejme že to nie je vznik v pravom zmysle slova, pretože hmota, ktorú teraz pozorujeme, tu bola aj pred týmto "vznikom", ale v inej, neznámej forme. Od tohto okamihu uplynulo pravdepodobne 12 - 18 miliárd rokov.

Modely s nenulovou kozmologickou konštantou sú komplikovanejšie a je ich viac. Zaujímavé na niektorých z nich je, že sa v nich vesmír nemusí rozpínať neustále, ale že môže existovať obdobie (tzv. "čas oddychu"), kedy sa vesmír nerozpína a po ňom pokračuje rozpínanie ďalej. Z nášho hľadiska je však podstatné, že stále nevieme, ktorý zo základných troch Fridmanových modelov sa realizuje v našom vesmíre. Dnešné pozorovania stále ešte nedávajú rozhodnú odpoveď. Najnovšie teórie predpokladajú model s euklidovským plošným priestorom s hustotou rovnou kritickej. Pozorovania tomuto neodporujú, ale rozptyl údajov je príliš veľký na to, aby sa to dalo jednoznačne potvrdiť. Ktorý model teda platí? Na túto otázku sa možno dozvieme odpoveď v najbližšej dobe. Materialistická filozofia má na riešení tejto otázky veľký záujem, pretože je to jedna zo základných otázok, ktoré ukazujú veľkolepý materialisticko-dialektický obraz sveta a jeho evolúcie.

3. Štruktúra vesmíru

3.1. Makroskopická štruktúra vesmíru - štruktúra vesmíru a objektov v ňom

Čiastočne sme sa touto problematikou zapodievali v kapitole 1.2., ale nebude na škodu povedať si ešte niečo viac o štruktúre vesmíra a konkrétnejšie definovať jednotlivé objekty. Začneme od základných najjednoduchších a prejdeme k najväčším a najzložitejším objektom.

Ak vynecháme nepatrnú časť hmoty skondenzovanú do planét, komét a podobných "teliesok", konštatujeme, že základnými stavebnými kameňmi vesmíru sú hviezdy. Hviezdy sú telesá s vysoko ionizovaného plynu, plazmy, udržiavané vlastnou gravitáciou a majú hmotnosť 0,08 až 100 hmotností Slnka. Taká je definícia hviezdy. Pretože veľká časť hmoty vo vesmíre je sústredená do hviezd, alebo vo viac či menej skondenzovanej plazme (napr. hmloviny, medzihviezdna a medzigalaktická hmota), je prakticky náš vesmír vyplnený plazmou. Z hľadiska ďalšej hierarchie tvoria hviezdy viacnásobné systémy (dvoj- troj- až šesťhviezdy) a hviezdokopy obsahujúce stovky ale aj milióny hviezd. Ďalším stupňom sú galaxie - sú to samostatné stabilné útvary skladajúce sa najčastejšie až zo stoviek miliárd hviezd, z hviezdokôp a medzihviezdnej hmoty. Typickým príkladom nám môže poslúžiť naša Galaxia - Mliečna cesta. Často je okolo väčšej a hmotnejšej galaxie niekoľko malých galaxií - tieto sústavy nazývame hypergalaxie. Niekoľko až niekoľko desiatok galaxií, prípadne hypergalaxií tvorí skupinu galaxií. Špeciálnym prípadom týchto skupín sú

hniezda galaxií, kde sú galaxie veľmi blízko seba. Niekoľko skupín potom tvorí mrak galaxií. Ešte vyšším stupňom sú kopy galaxií, obsahujúce tisíce až desaťtisíce galaxií. Najvyšším stupňom v tejto kozmickej hierarchii by mali byť supergalaxie, skladajúce sa z kôp galaxií a s rozmermi až do 150 miliónov svetelných rokov. Ich existencia však ešte nie je uspokojivo dokázaná. Všetky tieto objekty, ktoré sme tu menovali, potom vytvárajú náš pozorovateľný vesmír, pre ktorý sa hlavne v sovietskej literatúre zaužíval názov Metagalaxia. Ako sme uviedli už v kapitole 1.2., všetky galaxie a objekty vyššieho rádu nevypĺňajú vesmír rovnomerne. Vytvarajú v ňom akúsi bunkovitú štruktúru, kde sú tieto objekty v stenách týchto buniek a medzi nimi je priestorová hustota objektov oveľa nižšia.

Takto teda vyzerá podľa našich súčasných znalostí makroskopická štruktúra megasveta - pozorovateľnej časti vesmíru. Z filozofického hľadiska sú zaujímavé otázky: čo ak toto je len určitá časť vesmíru a či neexistujú mimo nej ďalšie "vesmíry", ktoré nemôžeme pozorovať, lebo náš vesmír je svojou gravitáciou uzavretý? Budeme potom hovoriť tomuto komplexu "vesmírov" tiež vesmír? Ale má vôbec zmysel uvažovať o niečom, čo nemôžeme priamo dokázať a overiť praxou, t.j. pozorovaniami? To sú veľmi závažné otázky, na ktoré musí v budúcnosti kozmológia spoločne s filozofiou nájsť odpoveď.

3.2. Mikroskopická štruktúra vesmíru - štruktúra elementárnych častíc

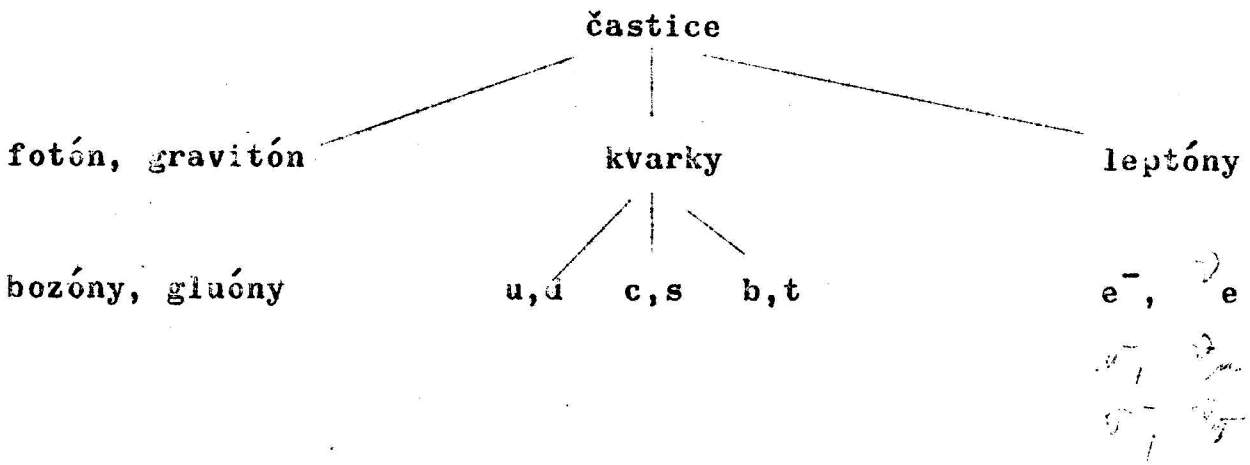
Antipólom k predchádzajúcej téme o štruktúre vesmíru je štruktúra mikrosveta - sveta elementárnych častíc. Štúdium štruktúry elementárnych častíc má svoj význam nielen pre astro-

fyziku, atómovú, jadrovú fyziku a fyziku elementárnych častíc, ale aj pre praktické využitie (jadrová energia, termonukleárna energia) a v neposlednom rade skvele potvrdzuje materialisticko-dialektický pohľad na svet z hľadiska súčasnej materialistickej filozofie.

Otázka mikroštruktúry hmoty je veľmi zaujímavá ale na jej vedecké riešenie sme si museli počkať až na prelom 19. a 20. storočia, kedy boli urobené prvé kroky v spoznávaní elementárnych častíc. Za približne 90 rokov bolo objavených niekoľko stoviek elementárnych častíc, z ktorých spomeňme napríklad: protón, elektrón, neutrón, fotón, neutrino, mión, pi-mezón, pozitrón. Fyzikom ale aj filozofim nedali pokoj niektoré problémy: sú to všetko naozaj elementarne častice v pravom zmysle tohto významu? Nemajú (aspoň niektoré) ešte svoju štruktúru? Dá sa zostaviť nejaká klasifikácia, do ktorej by sa dali zahrnúť všetky častice?

V súčasnej dobe sa nám už darí poodhaľovať niektoré tajomstva mikrosveta a hľadať odpovede na otázku štruktúry hmoty. V roku 1953 vypracovali Gell-Mann a Nishijima jednoduchú schému, v ktorej sa častice delili na tri skupiny. V prvej boli len fotón (a prípadne hypotetický gravitón), v druhej tzv. leptóny (elektrón, neutrino, mión a tau-leptón) a v tretej hadróny, ktoré sa delia na tri skupiny: mezóny (pí-, K-, mezóny), nukleóny (protón, neutrón) a hyperóny (Λ, Σ, Ξ hyperón). Pri experimentoch so zrážkami častíc na veľkých urýchľovačoch sa zistilo, že niektoré hadróny majú ešte vnútornú štruktúru, to znamená, že nie sú vlastne "pravými" elementárnymi časticami. Tak vznikla v roku 1964 (Gell-Mann a Zweig) hypotéza o štruktúre hadrónov, ktoré sa skladajú s ešte "elementárnejších" častíc, tzv.

kvarkov. Podľa tejto hypotézy, ktorá sa mimoriadne dobre zhoduje s experimentami, je klasifikácia častíc iná:



a ich antičastice.

Existenciu častíc, ako napríklad mezóny či nukleóny a hyperóny môžeme odvodiť z kvarkov. Napríklad všetky mezóny sa skladajú z jedného kvarku a jedného antikvarku. Nukleóny a hyperóny sa skladajú z troch kvarkov, napríklad protón z dvoch "u" kvarkov a jedného "d" kvarku, a neutrón z dvoch "d" a jedného "u" kvarku. Takto sa až prekvapivo jednoducho a správne dá vysvetliť pozorovaná rôznorodosť častíc. Aj napriek pokroku v poznávaní štruktúry hmoty zostávajú niektoré otázky otvorené: Pokračuje delenie na menšie častice ďalej? Ak áno, kde končí táto hierarchia? Aké sú všetky, v prírode, možné kombinácie kvarkov do častíc? Už existujú aj hypotézy o tom, že kvarky majú svoju vnútornú štruktúru. Takéto odvážne hypotézy však na súčasnom stupni rozvoja vedy nie sme schopní vyvrátiť ani dokázať.

4. Niektoré exotické objekty vo vesmíre

4.1. Neutrónové hviezdy - pulzary

Neutrónové hviezdy sú ideálnymi telesami pre potvrdenie predpovedí astrofyziky, fyziky elementárnych častíc, kvantovej mechaniky i teórie relativity a sú teda akoby skúšobným kame-

ňom nášho poznávania sveta. Z evolučného hľadiska ide o konečné štádium vývoja hviezd strednej hmotnosti (s počiatočnou hmotnosťou radove 10 hmotností Slnka). Jedná sa o malé telesá s rozmerom okolo 10 km, s hmotnosťou do 3 hmotností Slnka (priemerne však len približne 1 až 1,5 hmotností Slnka) ale zato s fantastickou hustotou 10^{17-18} kg/m^3. Práve vďaka svojej vysokej hustote, silnému magnetickému poľu a rýchlej rotácii (až niekoľko stoviek otáčok za sekundu) sa stali predmetom podrobného výskumu astrofyziky. Pri obrovských hustotách a tlakoch vo vnútri neutrónových hviezd má hmota iné vlastnosti než na aké sme zvyknutí. Prebiehajú tu procesy ako neutronizácia, vytváranie voľných kvarkov, látka sa stáva supravodivou a vzniká kryštalická mriežka z neutrónov a hyperónov. Práve vďaka tomu sú neutrónové hviezdy a ich modelové výpočty porovnávané s pozorovaniami veľmi dôležité pre potvrdenie predpovedí fyziky elementárnych častíc a kvantovej mechaniky. Pre rýchlu rotáciu ktorá spôsobuje vysielanie v pravidelných rádiových pulzoch (zábleskoch) z okolia magnetických pólov neutrónových hviezd, často sa im hovorí pulzary. V sústavách dvojhviezd, kde je aspoň jednou zložkou neutrónová hviezda, sa vďaka takmer bodového rozmeru (voči vzájomnej vzdialenosti hviezd) a silnému gravitačnému poľu správaju ako hmotné body a sú dokonalým testom všeobecnej teórie relativity - teórie gravitácie.

Spolu s ďalšími unikatnymi kozmickými objektami sú tak neutrónove hviezdy silným dôkazom správnosti našich znalostí založených na materialistickom výklade prírodných zákonov.

4.2. Rentgenové zdroje

História rentgenovej astronómie začala prakticky až v roku 1970 vypustením prvej družice (Uhuru), schopnej registrovať toto žiarenie. Odvtedy poznáme viac než 300 rentgenových zdrojov. Väčšina bola stotožnená s dvojhviezdami, kde jednou zložkou je veľmi malá hustá hviezda, totiž biely trpaslík, neutrónová hviezda, alebo čierna diera. Len málo prípadov sa vysvetľuje ako zvyšky po výbuchoch supernov, prípadne niektoré galaxie. Rentgenové žiarenie vo dvojhviezdach vzniká pri prenose hmoty z normálnej hviezdy na kompaktnú zložku pri dopade tejto hmoty a jej následnom zohriatí na vysoké teploty dosahujúce milióny stupňov. Podľa charakteru vyžarovania rentgenového žiarenia, môžeme rozdeliť rentgenové zdroje na stále, záblesková, rentgenové novy, rentgenové pulzary a polary. Okrem polarov je všade za vznik rentgenového žiarenia zodpovedná neutrónová hviezda, prípadne čierna diera (v polaroch je to biely trpaslík). Práve tieto zdroje a ďalšie objavy v rentgenovej astronómii veľmi dramaticky ovplyvňujú súčasné názory na vznik a vývoj hviezd a hviezdnych sústav. Vďaka nim poznáme uspokojivo parametre neutrónových hviezd - hmotnosť a intenzitu magnetického poľa, čo nám dovoľuje overiť si správnosť teoretických modelov založených na výpočtoch z oblasti fyziky elementárnych častíc, kvantovej mechaniky, všeobecnej teórie relativity a astrofyziky. Prispievajú tak, ako maloktoré objekty, k významnému pokroku astrofyziky, s ňou už spomínaných spojených oblastiach fyziky i k presnejšiemu chápaniu evolúcie hmoty v kozmických podmienkach.

4.3. Čierne diery

Nesporne k najzaujímavejším objektom vo vesmíre patria čierne diery. Tešia sa popularite aj medzi laikami, ktorí sa o nich dozvedajú z populárnovedeckej literatúry. Čo viedlo astronómov k ich názvu? Čierne diery sú záverečným štádiom života veľmi hmotných hviezd (s počiatočnou hmotnosťou okolo 50 hmotností Slnka). Po výbuchu supernovy sa jadro takejto hmotnej hviezdy zmršťí do prakticky nulového objemu, pričom jeho hmotnosť prevyšuje minimálne 3 krát hmotnosť Slnka. Gravitačné pole takéhoto objektu je neobyčajne silné - vedie k zakriveniu priestoru tak, že z oblasti pod tzv. Schwarzschildkovým polomerom (horizontom) neunikne už žiadna častica, ani svetlo, a teoreticky by sa teda taký objekt javil ako absolútne čierny. Odtiaľ názov - čierne diery. Predpoveď existencie takýchto objektov vyplýva zo všeobecnej teórie relativity, ako dosiaľ najlepšej teórie gravitacie. Dodnes však prakticky s istotou môžeme považovať za čiernu dieru len zložku rentgenovej dvojhviezdy Cygnus X-1 v súhvezdí Labute. Existuje ešte niekoľko kandidatov na čierne diery, ale ešte čakajú na definitívne potvrdenie pozorovaniami. Okrem zakrivenia priestoru v okolí čiernych dier sa tu stretávame s ďalšími efektami: dilatácia času v okolí čiernych dier, vytváranie virtuálnych častíc, tzv. kvantové vyparovanie čiernych dier atď. To všetko robí z týchto už tak pozoruhodných objektov unikátne laboratóriá na testovanie fyzikálnych teórií. Zatiaľ sa tak deje len teoreticky, pretože priamo pozorovať čierne diery nemôžeme. Je len možné registrovať ich interakciu s druhou hviezdou (zložkou dvojhviezdy) alebo s medzihviezdnou hmotou. Ale aj z týchto nepriamych pozo-

rovaní sme schopní vyťažiť dôležité informacie, ktoré nám napomáhajú overovať naše predstavy vychádzajúce z najmodernejších fyzikálnych teórií, aby ovplyvnili naše myslenie, predstavy i vedecké hypotézy v smere pokroku vo všetkých vedných oblastiach.

Záver

V niekoľkých krátkych kapitolách tejto práce som chcel naznačiť prudký rozvoj astrofyziky, jej úspechy i problémy, ktoré sú spojené aj s filozofiou vysvetľujúcou dnešný materialistický názor na človeka i vesmír. Charakteristickým rysom posledných rokov v oblasti fyziky je totiž úzka väzba medzi mikrofyzikou a megafyzikou prejavujúca sa práve v úspechoch súčasnej astrofyziky. Nekonečno v malom a večnosť vo veľkom si tu navzájom podávajú ruky. Úloha astrofyziky má v tejto obrovskej hierarchii poznania dôstojné postavenie. Umožňuje sledovať stavy hmoty nedosiahnuteľné v pozemskom laboratóriu, platnosť teórie relativity, kozmické žiarenie i superhusté stavy hmoty v neutrónových hviezdach a čiernych dierach. Prepojenie mikrofyzikálnych a megafyzikálnych javov, ako bolo naznačené v kapitolách o makro- a mikroštruktúre vesmíru má obrovský význam pre pochopenie všeobecnej súvislosti javov, i vzájomnej podmienenosti a jednoty prírody ako celku, napriek jej kvalitatívnej rozmanitosti, v duchu dialektiky.

Toto poznanie nás môže napĺňať hrdosťou, môže prinášať blaho, ale aj skazu celému ľudstvu, nikdy však nemôže byť úplne zavŕšené.

Literatúra:

1. Ambarcumjan, V. A.: Problemy sovremennoj kosmologii; Nauka, Moskva, 1969
2. Beiser, A.: Úvod do moderní fyziky: Academia, Praha, 1977
3. Bodnár, J.: Filozofia a kozmológia, Filozofia 1983, s. 229
4. Delokarov, K. H.: Filosofia i sovremennaja fizika, Znanije, Moskva, 1974
5. Dubnička, J.: Aktuálne filozofické a metodologické problémy súčasnej astronómie, Filozofia 1983, s. 184
6. Ginzburg, V. L.: Astrofyzika, Alfa, Bratislava, 1979
7. Hajduk, A.: Problematika súčasných astronomických metód poznávania štruktury vesmíru, Filozofia 1974
8. Hajduk, A.: K problematike mimozemských civilizácií, Filozofia 1983, s. 229
9. Ildis, G. M.: Revoljucii v astronomii, fizike i kosmologii, Nauka, Moskva, 1985
10. Kaplan, S. A.: Problema poiska vnezemnych civilizacij, Nauka, Moskva, 1981
11. Kazjutinskij, V. V.: Filosofskoje značenije dostiženij sovremennoj koskogonii, v zborníku Logika i metodologija nauki, Moskva, 1967
12. Klušin, V., Pinkava, J.: Filozofické a metodologické otázky přírodních věd 20. století, SPN Praha 1976
13. Kvig, K.: Elementarnyje častici i ich vzajimodejstvija, V mire nauki, 1985, No.6
14. Martynov, D. J.: Zvezdy i zvezdnyje sistemy, Nauka, Moskva, 1981
15. Misner, Ch. W., Thorne, K. S., Wheeler, H. A.: Gravitation, Freeman and Comp., San Francisco, 1973
16. Mostepanenko, A. M.: Priestor a čas v makrosvet, megasvete a mikrosvete, Pravda, Bratislava, 1976

17. Omeľjanskij, M. E.: Lenin i filosofskije problemy sovremennoj nauki, Znanije, Moskva, 1976
18. Omeľjanskij, M. E.: Dialektika v sovremennoj fizike, Nauka, Moskva, 1976
19. Parnov, E. I.: Na křižovatce nekonečna, Orbis, Praha, 1974
20. Petrovič, N. T.: Hľadanie vesmírnych civilizácií, Smena, Bratislava, 1978
21. Pikeľner, S. B.: Proischoždenije i evoľucija galaktik i zvezd, Nauka, Moskva, 1976
22. Polikarov, A.: Problémy vedeckého poznania, Pravda, Bratislava, 1980
23. Sandage, A., Sandage, M., Kristian, J.: Galaxies and the Universe, Univ. Chicago Press, Chicago, 1976
24. Smith, F. G.: Puľsary, Mir, Moskva, 1979
25. Sobotka, M.: Formy pohybu hmoty v metagalaxii, Filosofický časopis 1982, s. 899
26. Šama, D. V.: Sovremennaja kosmologija, Nauka, Moskva, 1973
27. Tursunov, A.: Filozofia a súčasná kozmológia, Pravda, Bratislava, 1980
28. Vanović, J.: Atómová fyzika, Alfa, Bratislava, 1980
29. Vanýsek, V.: Základy astronómie a astrofyziky, Academia, Praha, 1980
30. Veinberg, S.: Gravitacuja i kosmologija, Nauka, Moskva, 1975
31. Voroncov-Veľjaminov, B. A.: Vnegalaktičeskaja astronomija, Nauka, Moskva, 1978
32. Zeľdovič, J.B., Novikov, I.D.: Stojenije i evoljucija vselennoj, Nauka, Moskva, 1975
33. Zborník: Filosofskije osnovanija jestestvennych nauk, Nauka, Moskva, 1976

bl. č. X-Z/88 PL

Metodický materiál pre hvezdárne, astr. kabinety a astronomické krúžky vo Vsl. kraji.
Vydala: Krajská hvezdáreň a planetárium v Prešove
Zodpovedný: Štefánia Lenzová, riaditeľka KHaP
Náklad: 500 ks
Autor: RNDr. Z. Komárek
Odborný posudok: Prof. PhDr. A. Lokaj, CSc., UPJŠ Prešov
Nepredajné!