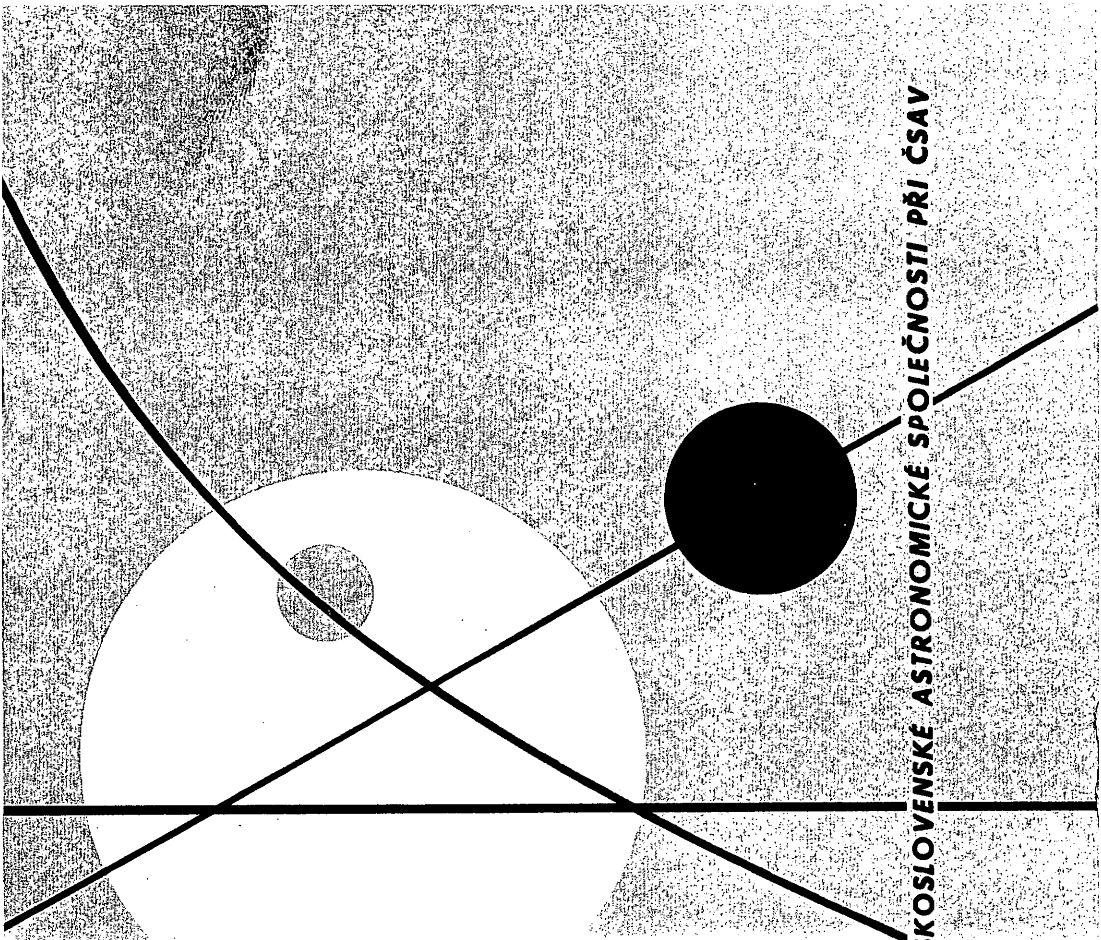


KOSMICKÉ ROZHLEDY

NEPERIODICKÝ VĚSTNÍK ČESKOSLOVENSKÉ ASTRONOMICKÉ SPOLEČNOSTI PŘI ČSAV

1/1977

KOSMICKÉ ROZHLEDY, neperiodický věstník Československé astronomické společnosti při Československé akademii věd

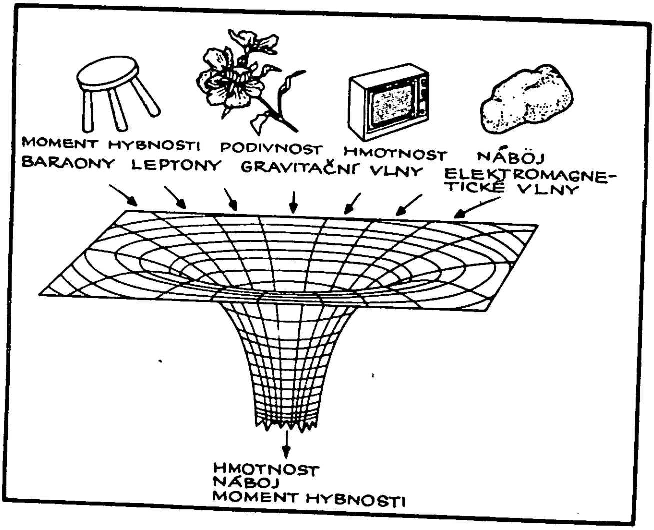
ročník 1977 číslo 1

Seznámení s černou dírou

Quasistelární rádiové zdroje, pulsary, neutronové hvězdy - všechny tyto objekty vstoupily na jeviště moderní fyziky v několika posledních letech. Poslední vstup patří s největší pravděpodobností černé díře. Černá díra, ať již "běžné velikosti" /přibližně o jedné sluneční hmotě, 1 $M_{\odot}$ / nebo mnohem větší /kolem 10^6 až 10^{10} $M_{\odot}$ /, které snad existují v jádrech některých galaxií/ bude naším "laboratorním modelem" pro gravitační kolaps, předpovězený Einsteinovou teorií.

Černá díra je to, co následuje po úplném gravitačním kolapsu objektu. Prostoročas je tak silně zakřiven, že ani světlo z ní nemůže vyjít, žádná hmota nemůže být vypuzena a žádná měřicí hůl nemůže vydržet, je-li strčena dovnitř. Jakýkoliv typ objektu, který spadne do černé díry, ztrácí svou oddělenou identitu a zachovává si jen svou hmotnost, moment hybnosti a hybnost /obr. 1/. Nikdo dokonce ani nemůže najít způsob, jak rozlišit mezi dvěma černými děrami, postavenými z nejrůznějších druhů hmoty, mají-li stejnou hmotnost, náboj a moment hybnosti. Měření těchto tří parametrů je umožněno díky jejich působení na keplerovské dráhy testovacích objektů, nabitých či nenabitých, obíhajících kolem černé díry.

Jak vypadá fyzika černé díry, závisí více na výběru pozorovatele než na čemkoli jiném. Předpokládejme, že se pozorovatel rozhodne následovat hroutící se hmotu kolapsem dolů na černou díru. Pak tuto hmotu uvidí rozmačkanou do nekonečně vysoké hustoty a on sám bude také roztrhán nekonečně narůstajícími slapovými silami. Žádná protipůsobící síla nemá tu moc, aby jej zachránila od katastrofy, jakmile jednou překročil jistou kritickou plochu známou jako "horizont". Výsledný kolaps proběhne v konečné době po průchodu touto kritickou plochou a je nevyhnutelný. Čas a prostor uvnitř černé díry jsou změněny neobvyklým způsobem: směr přibývání vlastního času je pro pozorovatele směrem zmenšující se souřadnice r. Pozorovatel nemá větší možnost vrátit se k větším hodnotám r než pohnout zpět s ručičkami hodin



vlastního života. Nemůže dokonce ani zůstat na jednom místě z jednoduchého důvodu: nemá možnost zastavit chod času.

Předpokládejme, že se pozorovatel raději rozhodne pozorovat kolaps z dálky. Za cenu své vlastní bezpečnosti je mu pak odepřena jakákoliv možnost vidět víc než počáteční kroky na cestě ke zhroucení. Žádné signály, žádné informace z pozdějších fází kolapsu k němu nikdy nepronikonou; jsou chyceny geometrií kolapsu.

Skutečnost, že dostatečná hmotnost chladné hmoty povede nezbytně zhroucení do černé díry /Oppenheimer a Snyder, 1939/, je jedna z nejokázalejších předpovědí běžné Einsteinovy teorie relativity z r. 1915. Geometrie kolem zhrouceného sféricky symetrického /nerotujícího!/ objektu byla vypracována Karlem Schwarzschildem /otcem amerického astrofyzika Martina Schwarzschilda/ již r. 1916. Roku 1963 Roy Kerr našel geometrii spojenou s rotujícím zhrouceným objektem. James Bardeen nedávno vyslovil tvrzení, že většina hvězd nebo hvězdných jader bude mít tak veliký moment hybnosti, že černá díra vytvořená po kolapsu bude rotovat s téměř největší možnou rychlostí rotace /"povrchová rychlost" rovná rychlosti světla/. Roger Penrose /1969/ ukázal, že částice přicházející z dálky do bezprostředního sousedství černé díry /do "ergosféry"/ z ní může čerpat energii. Dematrios Christodoulou /1970/ ukázal, že celkovou hmotnost-energii černé díry lze rozložit do tří částí,

$$E^2 = m_{ir} + L^2/4m_{ir}^2 + p^2 .$$

První část je "irreducibilní" / zůstává neměnná při "vratných transformacích", vždy narůstá při "nevratných transformacích"/, druhá a třetí část /vzniká z momentu hybnosti L a hybnosti p/ může být zvětšena nebo zmenšena podle libosti.

Tři nejslibnější nyní zkoumané způsoby detekce černých děr jsou:

- pulsy a doprovodné gravitační záření vydávané kolapsem při jeho utváření /viz Physics Today, srpen 1969, str. 61, a srpen 1970 str. 41 pro vylíčení pionýrských pokusů Josepha Webera pro detekci gravitačního záření/;

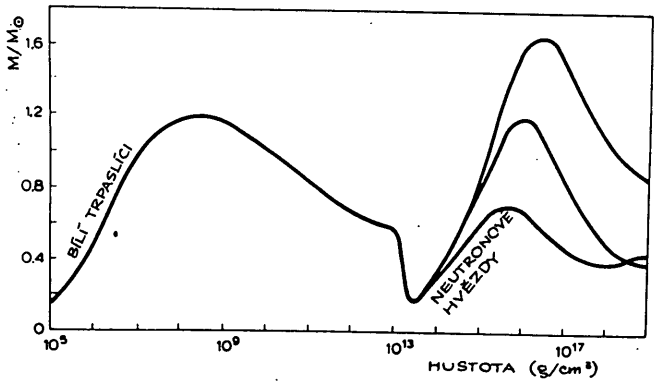
- široká škála elektromagnetického záření v tvrdé X a γ oblasti vysílaného hmotou, která padá do černé díry po jejím utvoření /to je představa Ja. B. Zeľdoviče a I.D.Novikova; záření není emitováno jednotlivými částicemi padajícími dovnitř, ale plynem jako celkem, který je stlačen a zahřát na 10^{10} nebo 10^{11} K "nálevkovým efektem" na své cestě k černé díře/;

- záblesky a jiná aktivita, kterou produkuje ergosféra rotujících černých děr.

1. Rovnovážné konfigurace

Hmotnost superhusté hvězdy /dosažené kolapsem, který nevede k černé díře/ je dána jedině svou centrální hustotou; to plyne ze stavové rovnice spojující tlak a hustotu. Integrací rovnice pro relativistickou hydrostatickou rovnováhu /Harrison et. al., 1965/ až k bodu, kde se tlak blíží k nule, najdeme celkovou hmotnost odpovídající každé hodnotě středové hustoty. Myšlenka, že dostatečně hmotné hvězdy se mohou zhroutit bez omezení pod vlivem svého vlastního gravitačního pole, se nabízela při studiu bílých trpasličích hvězd. To jsou velice husté hvězdy, v nichž tlak pochází přímo z degenerovaného Fermiho elektronového plynu. Neexistuje totiž stabilní řešení pro bílého trpaslíka s hmotností nad Chandrasekharovou mezí, která je kolem 1,2 sluneční hmotnosti. Co je konečným bodem vývoje pro hvězdy hmotnější než tato kritická mez?

Odpověď spočívá v "lokální fyzice" shrnuté ve stavové rovnici a v "globálních vlastnostech" určených gravitačním polem. Lze očekávat, že rozdílné gravitační teorie /tj. např. Newtonova, Einsteinova nebo Jordan - Brans - Dickova/ dají různé výsledky. Stavová rovnice však musí zahrnovat všechny fyzikální jevy, včetně fyziky vysokých energií. Ignorování stavové rovnice při supranukleárních hustotách zhoršuje rozlišení mezi těmito "konkurenčními" teoriemi. Rodina stabilních neutronových hvězd nicméně existuje pro všechny "rozumné" stavové rovnice. Minimální hmotnost členů této rodiny je kolem 0,16 sluneční hmoty, maximální hmotnost je však nejistá až o čtyřnásobek. Na obr. 2 je zakreslena závislost hmotnosti na středové hustotě za předpokladu Harrison-Wheelerovy stavové rovnice, aby se ukázal rozdíl



mezi newtonovskou gravitací a obecnou teorií relativity v oblasti neutronových hvězd.

2. Neutronová hvězda nebo černá díra?

Fyzika tvorby neutronové hvězdy nebo černé díry je mnohem složitější než fyzika samotných těchto objektů. Má se za to, že v tomto procesu jádro hvězdy, snad jádro pozdního obra, se hroutí ze svého původního poloměru několika tisíc kilometrů do kompaktního objektu o poloměru několika desítek kilometrů. Jádro se tisíce let pomalu vyvíjelo až do stádia, kdy je nestabilní vůči gravitačnímu zhroucení. To však neznamená, že jeho hmotnost leží přesně na hranici 1,2 sluneční hmotnosti, prvním vrcholu křivky na obr. 2. Jádro může být dvakrát, pětkrát nebo desetkrát hmotnější a ještě se nezhroutí, je-li "nafukováno" dostatečně vysokou teplotou. Chladnutím je však takový systém automaticky přiveden ke zhroucení. Colgate a White /1966/ a May a White /1967/ provedli výzkum toho, co se stane za zjednodušujícího předpokladu sférické symetrie. Materiál hvězdy se začne pohybovat dovnitř zpočátku pomalu, pak rychleji a rychleji, s charakteristickým časem menším než desítky sekund. Brzy podstatná část této hmoty natolik kontrahuje, že se značně zvětší působnost gravitačního pole, které stahuje vnitřní jádro dohromady. Následkem toho se rychlost kontrakce jádra zvětšuje mnohem víc než je tomu u okolního obalu.

Z výpočtů plynou dva velice rozdílné výsledky, které závisí na tom, zda hmotnost jádra a kinetická energie jeho imploze bude či nebude dostatečná pro to, aby přivedla systém k úplnému gravitačnímu kolapsu. Úplný kolaps vytváří "černou díru". Na druhé straně však, je-li hmotnost příliš malá nebo rychlost imploze příliš nízká, je kolaps zastaven na nukleárních hustotách nebo poblíž nich. Zastavení tak velkého množství hmoty má za následek náhlou přeměnu ohromné kinetické energie v energii tepelnou, jakoby ve středu systému byla umístěna "nálož dynamitu". Vysoká teplota /kolem 10^{12} K/ vyvine značný tlak. Obal obklopující vnitřní jádro padá mnohem pomaleji a náhle pocítí tento tlak. Imploze je obrácena. Obal je vymrštěn ven za výronu kosmického záření a expanze ionizovaného plynu. Známým příkladem takového jevu tzv. supernovy je Krabí mlhovina s hmotností zhruba řádu velikosti sluneční hmotnosti.

Rotace a magnetické pole spojené s rotací může významně změnit charakter imploze, což ukázala nedávná práce Le Blanca a Wilsona /1969/. Středové části hvězdy se smršťují a točí se rychleji a rychleji, neboť musí být zachován moment hybnosti. Při tom se na jádro namotávají magnetické siločáry jako provázek na cívku. Faraday-Maxwellovo odpuzování mezi siločarami nutí cívku, aby se prodlužovala. Siločáry táhnou hmotu s sebou za vzniku záblesků u obou pólů. Bude zajímavé podívat se na to, jak se budou tyto efekty měnit, zahrneme-li do výpočtů všechny fyzikální detaily Colgate-May-Whiteovy analýzy stejně jako jaderné reakce.

3. Nepřetržitý kolaps

Jestliže jádro kolabující hvězdy je příliš hmotné, nebo má příliš velkou kinetickou energii, může se imploze při dosažení nukleárních hustot zpomalovat, ale ani jaderné síly ji nezastaví. Gravitační síly se stávají zdrcujícími, systém přejde přes stádium neutronové hvězdy a následuje úplný gravitační kolaps. Výsledný systém bývá různě nazýván: "nepřetržitým kolapsem", "zamrzlou hvězdou" nebo "černou dírou". Každé jméno vyjadřuje odlišný aspekt kolabujícího systému. Kolaps je nepřetržitý, protože dokonce ani v nekonečném čase, měřeno vzdáleným pozorovatelem, není ještě kolaps dokončen. Odchylka od statické konfigurace Schwarzschildova poloměru $r = 2m$, jak ji vidí vzdálený pozorovatel, se zmenšuje exponenciálně v čase s charakteristickou dobou řádu 2m, tj. kolem 10 mikrosekund pro objekt se sluneční hmotností. /tabulka 1 vysvětluje čistě geometrickou soustavu jednotek používanou v obecné relativitě/.

Tabulka 1 - Geometrické jednotky

Einsteinův přístup ke gravitaci je čistě geometrický, každou veličinu lze vyjádřit v jednotkách délky. Z tohoto pohledu je rozdíl mezi kilogramy a metry nebo mezi sekundami a metry stejně umělý jako rozdíl mezi kilometry a metry.

V geometrických jednotkách tedy máme:

1 m času /tj. čas na 1 m cesty světla/ je $1m/(3x10^8 ms^{-1}) =$

$= 3,3x10^{-11}s = 1/30$ ns.

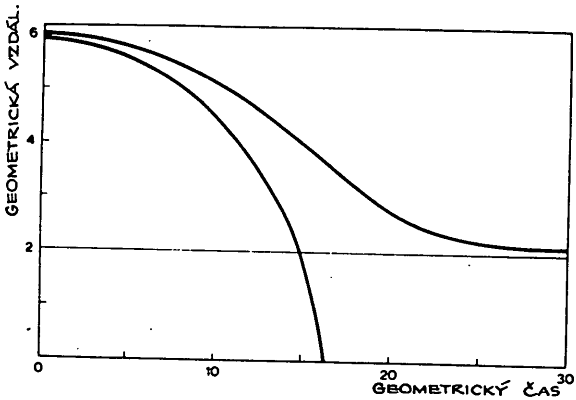
1 m hmotnosti je $1m/(G/c^2) = 1m/(0,742x10^{-27}m\ kg^{-1}) = 1,4x10^{27}$ kg,

což je srovnatelné s hmotností Země. Hmotnost Slunce, 1,987x10^{30} kg v konvenčních jednotkách, je 1,47 km v geometrických jednotkách. Ohyb světla, které míjí objekt o hmotnosti <u>m</u> v geometrických jednotkách ve vzdálenosti <u>b</u> je $\theta = 4m/b$.

1 m^2 úhlového momentu je $1m^2/(G/c^3) = 1m^2/(2{,}47x10^{-36}) = 4{,}05x10^{35}$ kg m^2 s^{-1}.

Maximální úhlový moment pro černou díru o hmotnosti 1 km je /1 km/^{2}.

Pro pozorovatele, který se pohybuje spolu s hroutící se hmotou, se naproti tomu rozměry zmenšují do nekonečně malých hodnot v konečném a velmi krátkém vlastním čase /obr. 3/.



Sférický systém se navíc jeví zvenčí jako černý; žádné světlo nemůže uniknout. Světlo k němu vyslané i částice na něj hozená padají dovnitř. "Měřící tyče" pro měření rozměrů by bylo zbytečné spouštět do takového objektu. Tyč se roztrhá na kousky slapovými silami a zbytky tyče, jejíž struktura je zcela rozrušena, spadnou dovnitř beze stop. V tomto smyslu je systém černá díra.

4. Proces tvoření

Předpokládá se, že černé díry vznikají nejméně třemi procesy:

1. Přímý katastrofický kolaps hvězdy s jádrem podobným bílému trpaslíku; kolaps přejde přes hustoty neutronové hvězdy bez zastávky.

2. Dvojkrokový proces: kolapsem přejde hvězda s jádrem bílého trpaslíka do stavu horké neutronové hvězdy, následuje chladnutí a kolaps do černé díry.

3. Několikakrokový proces: z počátku se vytvoří stabilní neutronová hvězda a pak následuje pomalá akrece hmoty, čímž se

zvýší hmotnost nad kritickou mez nutnou pro kolaps.

Co se stane, dojde-li ke kolapsu, bylo dobře analyzováno pro případ sférické symetrie, který dovoluje rozbor perturbačními metodami. V obecném a velmi důležitém případě velkých odchylek však bylo dosud řešeno jen několik velice jednoduchých případů. Toto fantastické pole je ještě z větší části neprozkoumané. Hlavní otázku si položíme snadno: dojde každý systém po úplném gravitačním kolapsu do "obvyklého konečného stavu", jednoznačně určeného jeho hmotností, nábojem, momentem hybnosti a žádným jiným dalším parametrem?

5. Prachový oblak

Začněme s oblakem prachu o hustotě 10^{-13} kg m^{-3} a poloměru $1{,}7\times10^{17}$ m. Mrak ať se smršťuje svou vlastní gravitační přitažlivostí, až se jeho poloměr zmenší na 10^{-5} jeho původní hodnoty, tj. $1{,}7\times10^{12}$ m. Prach je ještě prachem. Nevzniká zde žádný tlak, který by mohl zabránit pokračujícímu smršťování. Navzdory běžným vlastnostem lokální dynamiky však bude globální dynamika dosahovat extrémních relativistických podmínek. Jak tedy vlastně lze popsat, co se zde děje?

Bylo odvozeno mnoho různých variant řešení tohoto problému, původní analýzou Oppenheimera a Snydera /1939/ počínaje a řešením O. Kleina /1961/ a jiných konče. Nejjednodušší analýza pro naše účely pochází od Beckedorffa a Misnera /1962/, v níž je geometrie uvnitř oblaku shodná s geometrií Friedmannova vesmíru, tj. nadkoule stejné křivosti.

Geometrie na ní je

$$ds^2 = a^2(\eta)\left[-d\eta^2 + d\chi^2 + \sin^2\chi(d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\phi^2)\right]$$

kde $a(\eta)$ je poloměr křivosti, a hyperbolický úhel χ nabývá hodnot od 0 do π, je-li koule celá. Není-li, vzrůstá pouze od středu k povrchu mraku.

Hustota mraku v počátečním okamžiku je vztažena k počáteční křivosti a_0 obvyklým vztahem pro Friedmannův vesmír $\varrho_0 = 3/8\pi a_0^2$. Během kolapsu je vzrůstající část gravitační energie prachového oblaku převáděna na energii kinetickou. Celková hmotnost -energie se však nemění.

Vně prachového oblaku se zachovává statická Schwarzschildova geometrie /Birkhoffův teorém/:

$$ds^2 = -(1 - 2m/r)dt^2 + (1-2m/r)^{-1}dr^2 + r^2(d\theta^2+\sin^2\theta\, d\phi^2).$$

Friedmannova a Schwarzschildova geometrie se setkávají na hranici prachového oblaku. Částice umístěná na této hranici padá podle dvou různých zákonů, což lze spočítat z Friedmannova a Schwarzschildova řešení. Výsledky se však musí shodovat - a tomu tak skutečně je.

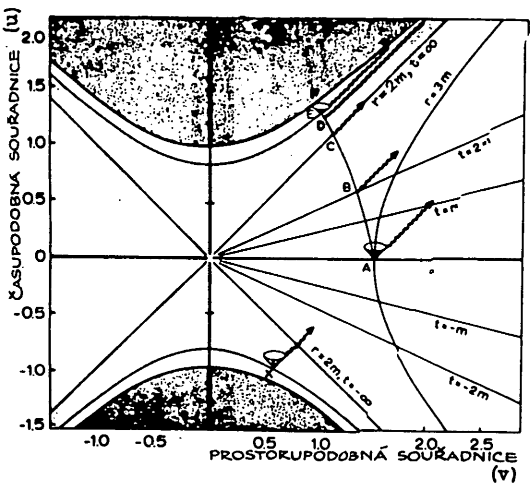
6. Světelný kužel

Světlo vyslané z částice na obvodu prachového oblaku, která ještě nedošla na Schwarzschildův poloměr, vždy unikne, je-li emitováno radiálně ven. Odchyluje-li se však od radiálního směru o nějaký úhel ve své vlastní lokální Lorentzově soustavě, bude se od něj stále více odchylovat, až se stane, že dosáhne nulové radiální rychlosti. Vyslaný foton tedy bude zachycen, nebyl-li vyslán v povoleném kuželu kolem radiálního směru. Tento povolený kužel se zmenšuje, až zcela zmizí, smrští-li se oblak na Schwarzschildův poloměr. Světlo, které se vyzařuje radiálně "ven" poté, co se mrak zhroutil pod Schwarzschildův poloměr, nepronikne nikdy ke vzdálenému pozorovateli. Je chyceno; ne ve hmotě, ale v kolapsu geometrie, která hmotu obklopuje.

7. Kruskalův diagram

Podle obr. 3 končí pád zkušební částice směrem na černou díru ve vzdálenosti $r = 2m$, viděno vzdáleným pozorovatelem. Podle někoho, kdo sám padá se zkušební hmotou, končí pád na $r = 0$. Jak mohou dvě tak rozdílné verze pravdy být slučitelné ? Pro odpověď stačí upřít pozornost na samu Schwarzschildovu geometrii a na zkušební částici, která v této geometrii padá.

Hlavní myšlenka je jednoduchá. Rozpětí souřadnic $2m \leqslant r \leqslant \infty$, $-\infty < t < +\infty$ nebude stačit k pokrytí celého Schwarzschildova prostoročasu. Čas "jde za nekonečno" stejně jako Achilles předhoní želvu ve známém Zenonově paradoxu. Neúplnost obvyklého rozpětí souřadnic je vidět nejlépe tím, že použijeme Kruskalovy souřadnice /Kruskal, 1960; Fronsdal, 1959/, což je znázorněno na obr. 4.



V tomto diagramu je u časupodobná a v prostorupodobná souřadnice. Body o stejné t-hodnotě leží na přímkách v/u = konst. Body stejné r-hodnoty leží na hyperbolách $u^2 - v^2$ = konst. s asymptotami $u = \pm v$. Radiálně ven se pohybující světelný paprsek je vždy představován přímkou se sklonem $dv/du = +1$, radiálně dovnitř se pohybující paprsek přímkou se sklonem $dv/du = -1$.

Je vidět, že r je skutečně "poziční souřadnice" pro hodnoty r větší než 2m; ale pro hodnoty r menší než 2m mění tato souřadnice charakter - stává se souřadnicí spíše časovou než prostorovou. Je možné udržet se na neměnné hodnotě $r > 2m$ např. pomocí raketového výtahu. Nelze se však udržet na $r < 2m$ víc než je možné zastavit čas. Vývoj času nutí takového pozorovatele sestoupit z $r = 1,9$ m na $r = 1,8$ m a tak dál až do $r = 0$. Je sevřen světelným kuželem uvnitř, únik není možný.

8. Odchylky od symetrie

Sférický oblak padá do Schwarzschildovy "černé díry". Co se stane, jestliže se mrak mírně odchýlí od sféričnosti? Nemá-li moment hybnosti, zhroutí se ještě do Schwarzschildovy černé díry. Má-li moment hybnosti menší než kritický, skončí jako jednoznačně definovaná, byť i zkroucená černá díra daná Kerrovou geometrií, která přísluší rotujícímu systému.

"Standardní řešení" pro černou díru dané hmotností a momentem hybnosti obsahuje jistý moment kvadrupólový i momenty vyšší. Bylo zjištěno /Israel,1967,Doroškevič et al.,1965,1966/,že jakékoliv perturbace od obvyklého Kerrova řešení se zmenšují exponenciálně s časem. Vnějšímu pozorovateli se smývají všechny podrobnosti gravitačního pole s výjimkou hmotnosti a momentu hybnosti, což svědčí o tom, že původní perturbace nebyly příliš velké.

Podobně se všechna rozložení náboje poblíž černé díry jeví jako sféricky symetrická. Extrémní gravitační pole v blízkosti černé díry siločáry obvyklého tvaru značně zkroutí. Dál od černé díry siločáry vypadají, jakoby vycházely z místa mnohem blíže ke středu než je skutečné umístění náboje. Dipólový moment jde k nule, blíží-li se poloha náboje 2m. Ve výsledném vzorku již nic nevyzradí skutečné umístění náboje. V černé díře jednoduše vidíme hmotnost a náboj, ale žádné jiné podrobnosti. Zákon pro vymizení dipólu p, jak jej odvodil Price, zní:

$$p \sim \frac{\log t}{t^4} .$$

Toto zmizení probíhá podle zákona stejného druhu jako je zákon ztrácení perturbací vyšších momentů než je dipólový moment rozložení hmoty.

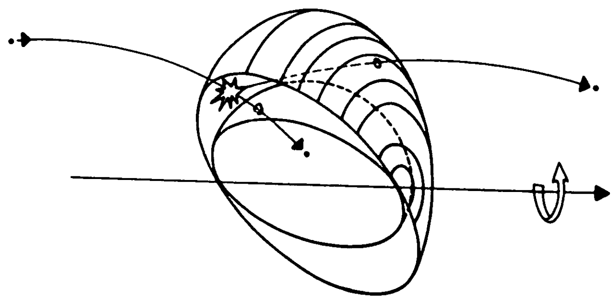
Kolapse vede k černé díře, jež je vybavena hmotností, nábojem a momentem hybnosti, ale jak dnes můžeme soudit, žádnými jinými parametry: "černá díra nemá vlasy". Udělejme jednu černou díru celou z hmoty; jinou, stejné hmotnosti, momentu hybnosti a náboje, celou z antihmoty. Potom nikdo nebude moci navrhnout použitelnou metodu na zjištění, která je která. Není ani znám způsob, jak odlišit tyto dvě od třetí černé díry, utvořené kolapsem mnohem menšího množství hmoty a pak dostavěné na vymezenou hmotnost a vymezený moment hybnosti přidáním dostatku fotonů nebo gravitonů. Na stejné úrovni je i čtvrtá černá díra, vybudovaná kolapsem oblaku záření úplně bez jakékoliv "hmoty".

Elektrický náboj je rozlišitelná veličina, protože vyvolává síly dlouhého dosahu /zachování toku, Gaussův zákon/. Baryonové číslo a podivnost žádné takové síly dlouhého dosahu nevyvolávají. Neřídí se Gaussovým zákonem. Je pravda, že žádný pokus pozorovat změnu baryonového čísla nebyl dosud úspěšný. Stejně tak nelze dát přesvědčivý smysl očekávání přímého a spontánního porušování zákona o zachování baryonového čísla. V gravitačním kolapsu však není tento zákon přímo porušován, je transcendentní. Je transcendentní proto, že se při kolapsu ztrácí možnost měřit baryonové číslo a tedy tato veličina nemůže být pro kolabující objekt dost dobře určena. Podobně ani podivnost není dále zachována.

9. Moment hybnosti

Třetí vlastnost černé díry je moment hybnosti. Je-li nenulový, stává se geometrie komplikovanější. Máme co činit s Kerrovým /1963/ řešením rovnic pole místo Schwarzschildova řešení. Existují dvě zajímavé plochy spojené s Kerrovou geometrií: "povrch nekonečného rudého posuvu" a uvnitř "horizont událostí". Objekt na nebo uvnitř horizontu událostí nemůže vyslat žádné fotony ke vzdálenému pozorovateli, nezávisle na pohybu objektu nebo směru emise fotonu. Z tohoto důvodu je horizont událostí též nazýván "jednocestná membrána".

Schwarzschildova geometrie představuje degenerovaný případ Kerrovy geometrie, ve které horizont událostí a povrch nekonečného rudého posuvu splývají. Tyto dva povrchy jsou však v obecném případě od sebe odděleny všude s výjimkou polů, jak ukazuje obr. 5. Velice významná oblast mezi těmito povrchy se nazývá



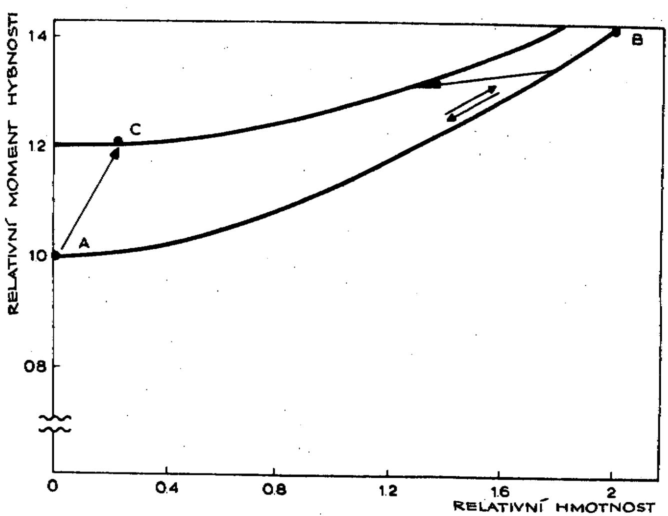
"ergosféra". Částice přecházející přes ergosféru ještě může, je-li vhodně zásobena energií, uniknout do nekonečna. Její život v této oblasti má však neobvyklé vlastnosti; neexistuje pro ni způsob jak zůstat v klidu, ať má jakoukoliv energii.

Z ergosféry může být extrahována energie mechanismem, který může mít význam pro vysvětlení energie kosmického záření. Uvažujme částici, která vstoupí do ergosféry a rozdělí se tam. Jeden úlomek spadne do černé díry a druhý unikne do nekonečna

/viz obr. 5/. Penrose /1969/ ukázal, že celý proces může být uspořádán tak, že unikající úlomek má v nekonečnu víc energie než původní částice.

Tato energie navíc je extrahována z rotační energie černé díry. Může-li částice proletět ergosférou a uniknout s trochou energie a momentu hybnosti černé díry, je také pravda to, že chycená částice může energii a moment hybnosti černé díry zvýšit. Zachycení je možné v tom případě, že částice míjí dostatečně blízko černou díru. Kritický poloměr oběžné dráhy je menší pro zachycení, které zvětšuje moment hybnosti systému. Náhodná akrece částic vede tedy k postupnému snižování momentu hybnosti systému. Selektivní akrece částic s maximálně vhodnými srážkovými parametry spíš přísluší černé díře ponořené v troskách po kolapsu rotující hvězdy. Taková výhodná akrece může zvýšit moment hybnosti černé díry až ke kritické hodnotě $L = m^2 = 2m_{ir}$, při které je 29 % celkové energie černé díry ve formě energie rotační. Po dosažení této hodnoty není další urychlování již možné.

Možnost zvětšování a zmenšování momentu hybnosti černé díry vede k "fázovému diagramu", tak trochu podobnému fázovému diagramu z termodynamiky. Na obr. 6 /podle Demetriose Christodoulou/ jsou vratné změny momentu hybnosti způsobovány akrecí částic z nejvýhodnější dráhy, téměř se dotýkající černé díry. Je-li moment hybnosti změněn zachycením částice z méně výhodné dráhy, musí vzrůstat "irreducibilní hmotnost" /hmotnost černé díry bez rotace/. Žádný proces, který by mohl být příčinou zmenšení irreducibilní hmoty, však neexistuje. Transformace docílené akrecí částic z méně výhodných drah /např. přímou srážkou/ jsou tedy nevratné a vedou ke stálému pohybu nahoru po

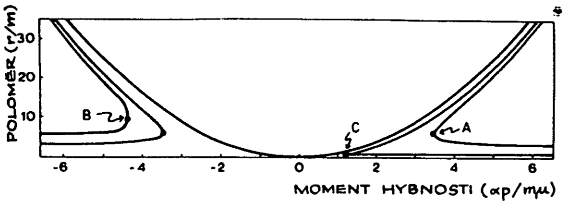


"fázovém diagramu" hmotnosti a momentu hybnosti.

10. Gravitační záření

Objev quasarů - objektů se značným výdajem energie - měl za následek vyšetřování gravitačního kolapsu jako mechanismu nadřazenému štěpení či syntéze jader pro převod hmotnosti v energii. Bližší pohled však ukázal řadu nesnází.

Obtíže lze pochopit, prostudujeme-li si obr. 7, který ukazuje poloměry drah různých momentů hybnosti v Kerrově, Schwarzschildově a Newtonově případě. V newtonovském případě existují stabilní oběžné dráhy pro všechny poloměry až k nule.



Jednorozměrný potenciál radiálního pohybu má své minimum pro všechny hodnoty úhlového momentu. Ale není tomu tak v případě obecné relativity. Zde můžeme najít nejmenší hodnotu pro moment hybnosti a odpovídající poloměr, pro který existuje minimální potenciál. Je to stabilní dráha, která je nejbližší černé díře.

Emituje-li částice gravitační záření, pohybuje se ve spirálách k černé díře a jak ztrácí energii, dostává se na nižší a nižší dráhy. Když energie částice klesne pod hodnotu pro poslední stabilní dráhu, je částice chycena přímo bez dalšího vyzařování. Nejbližší stabilní dráha pro Schwarzschildovu černou díru je dost daleko od středu a než spadne do černé díry, může částice vyzářit jen asi 5,7 % své energie ve formě gravitačního záření /bod A na obr. 7/. Obíhá-li částice proti směru rotace Kerrovy černé díry, skáče dovnitř dokonce z ještě větší vzdálenosti, kde dosud ztratila jen 3,7 % své energie /bod B na obr. 7/. Obíhá-li po směru rotace černé díry, zůstává na stabilní dráze až do té doby, než vyzáří 42,3 % své hmotnosti jako gravitační energii /bod C na obr. 7/. Tyto výsledky, které získal James Bardeen, dávají velký popud pro znovuvyzkoušení jiných mechanismů, při nichž se uvolňuje energie, ve vztahu ke Kerrově geometrii.

11. Možnosti detekce černých děr

Z předchozího výkladu je zřejmé, že pozorovat osamocenou černou díru je velice těžké. Nemáme možnost pozorovat žádné světlo, které by přicházelo přímo od ní. Běžnou černou díru velikosti řádově jedné sluneční hmoty není možné pozorovat pomocí zákrytů nebo jiných efektů na ostatních hvězdách. Je dokonce těžké pozorovat Venuši o průměru 12 000 km, jak přechází přes sluneční disk. Pozorování 15 km velkého objektu, pohybujícího se přes velice vzdálený hvězdný zdroj světla, je pak nepředstavitelně obtížné.

Podíváme se tedy na případ, kdy černá díra není osamocená. V úvahu přichází těchto několik mechanismů:

- Černá díra, která působí na normální hvězdu pouze svou gravitací.

- Černá díra je dostatečně blízko jiné hvězdy, takže z této normální hvězdy vytahuje hmotu /Šklovskij, 1967/.

- Černá díra, která padá na normální hvězdu.

- Černá díra, která se pohybuje přes oblak rozptýlené hmoty.

- Přenos hmoty z normální hvězdy na černou díru tak, jak jej známe z těsných dvojhvězd. Takový přetok na normální hvězdu nevyvolá žádné neobvyklé záření. Přetok na černou díru by však měl být doprovázen emisí v X-oboru. Tento proces by měl být zvláště vydatný na X a γ záření v případech, kdy hmota proudí na černou díru úzkým trychtýřem, ve kterém se zahřívá na vysoké teploty /10^{10} - 10^{12} K/ /představa Zeldoviče, Novikova a Schwarzmanna/. To je také případ jediné dosud známé černé díry Cyg X-1.

Literatura:

Baade, W. a Zwicky, F.: 1934, Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.20, 254
Beckedorff, D. L. a Misner, C. W.: 1962, Nepublikováno.
Christodoulou, D.: 1970, Phys. Rev. Letters, připraveno k publ.
Colgate, S. a White, R.H.: 1966, Astrophys. J. 142, 626.
Doroškevič, A.G., Zeldovič, Ja.B. a Novikov, I.D.: 1965, Ž. eksp. Teor. Fiz.49, 170
Doroškevič, A.G., Zeldovič, Ja.B. a Novikov, I.D.: 1966, Sov. Phys.J. ETP22, 122
Fronsdal, C.: 1959, Phys. Rev. 116, 778.
Gapoškin, V.F.:1958, Handbuch der Physik L-225, Springer Verlag, Berlin
Harrison, B.K., Thorne, K.S., Wakano, M. a Wheeler, J.A.: 1965, Gravitational Theory and Gravitational Collapse, Univ. of Chicago Press, Chicago
Hewish, A. et al.: 1968, Nature 217, 709
Israel, W.: 1967, Phys. Rev. 164, 1776
Kerr, R.P.: 1963, Phys. Rev. Letters 11, 237
Klein, O.: 1961 v Werner Heisenberg und die Physik unserer Zeit, Vieweg, Braunschweig
Kruskal, M.D.: 1960, Phys. Rev. 119, 1743
Leblanc, J.M. a Wilson, J.R.: 1969, Lawrence Radiation Laboratory publication, UCRL - 71873
May, M.M. a White, R.H.: 1967, Relativity Theory and Astrophysics: vol. 3, Stellar Structure /vyd. J.Ehlersem/, American Mathematical Society /viz též Phys. Rev. 141 /1966/1232/.
Oppenheimer, J.R. a Snyder, H.: 1939, Phys. Rev. 56, 455
Penrose, R.: 1969, Riv. Nuovo Cim. 252, zvláštní vydání
Price, R.: nepublikovaná sdělení
Šklovskij, I.S.: 1967, Astrophys. J. 148, L1

Struve, O.: 1952, Stellar Evolution, Princeton U.P.
Zeldovič, Ja. B. a Guseněv, O. K.: 1965, Dokl. Akad. Nauk SSSR 162, 791
Zeldovič, Ja. B. a Novikov, I.D.: 1964, Sov. Phys. - Dokl. 9, 246

Podle článku Remo Ruffiniho a John A.Wheelera z Physics Today volně přeložil J. Zlatuška

Texty k obrázkům:

Obr. 1: Obrazná představa černé díry v činnosti. Veškeré podrobnosti o hmotě, která padá dovnitř, jsou smyty. Konečný stav je jednoznačně definován hmotností, elektrickým nábojem a momentem hybnosti.

Obr. 2: Hmotnost chladné hmoty vypočítaná numerickou integrací od středu k povrchu pro vybrané hodnoty středové hustoty. Horní křivky předpokládají newtonovskou rovnici rovnováhy. Horní zahrnuje jen zbytek hmotnosti a hmotnosti-energie stlačení, zatímco prostřední přičítá korekci pro hmotnost-energii gravitační vazby. Spodní křivka předpokládá relativistickou rovnici rovnováhy. Ve všech případech je užito Harrison-Wheelerovy stavové rovnice.

Obr. 3: Pád na Schwarzschildovu černou díru viděno spolupohybujícím se pozorovatelem /dole/ a vzdáleným pozorovatelem /nahoře/. Vlastní čas volného pádu je konečný, i když vzdálenost od Schwarzschildova poloměru viděno vzdáleným pozorovatelem, je asymptotická v čase."Geometrická vzdálenost" a "geometrický čas" jsou měřeny v jednotkách hmotnosti černé díry.

Obr. 4: Kruskalovy souřadnice Schwarzschildova prostoročasu ukazující vztah ke běžným souřadnicím /r, t/. Radiální světelné paprsky jsou přímky se sklonem ± 1. Obvyklým rozpětím souřadnic $2m < r < \infty$, $-\infty < t < +\infty$ je pokryta jen nevystínovaná část diagramu. V diagramu je vyznačena světočára částice padající z A přímo na černou díru. Vzdálený pozorovatel zachytí signály z bodů A, B. Paprsek vyslaný z bodu C je poslední, který může uniknout ke vzdálenému pozorovateli po nekonečném Schwarzschildově čase. Paprsky D a E jsou chyceny zkolabovanou geometrií a nikdy nedojdou ke vzdálenému pozorovateli. Křivka není v C singulární, ale pohybuje se přes nekonečno, až je dosažen bodu F /r = 0/. Ten je dosažen v konečném vlastním čase. Do jisté míry je oprávněné i očekávání, že foton unikne z vnitřku černé díry v X a přejde vnitřní hranici běžného prostoru, r = 2m ; je to tak asi stejně oprávněné jako očekávání elektromagnetických vln putujících dovnitř z nekonečna.

Obr. 5: Ergosféra rotující černé díry. Oblast mezi povrchem nekonečného rudého posuvu /vnější/ a horizontem událostí /vnitřní/, která je ukázána v průřezu, je zvána "ergosféra". Když se částice v této oblasti rozdělí a jeden z úlomků padá do černé díry, zbylý úlomek může uniknout do nekonečna s větší klidovou a kinetickou energií než měla původní částice.

Obr.6: Transformace černé díry mezi statickým Schwarzschildovým /A/ a extrémním Kerrovým případem maximálního momentu hybnosti /B/ jsou docilovány akrecí částice. "Irreducibilní hmotnost" /hmotnost bez rotace/ zůstává neměnná při vratných transformacích /A→B/, které vyvolává zachycení po dotyku černé díry. V nevratné transformaci A→C se zvyšuje irreducibilní hmotnost z 1,0 m_{ir} na 1,2 m_{ir}. "Relativní hmotnost" je zkratka pro "hmotnost v jednotkách původní hodnoty irreducibilní hmotnosti". "Relativní úhlový moment" je v jednotkách m_{ir}^2, což je vysvětleno v textu.

Obr.7: Nejbližší stabilní dráhy pro Schwarzschildovu a Kerrovu černou díru. V newtonovské gravitaci jsou stabilní všechny dráhy až k nule. Parabola dává poloměr každé dráhy jako funkci úhlového momentu. V zakřivených geometriích existuje jak minimum, tak maximum efektivního potenciálu pro každou hodnotu úhlového momentu až ke kritické hodnotě, kde je pouze bod dotyku /tedy žádná stabilní dráha/. A je minimum Schwarzschildovy stabilní dráhy, B a C jsou minima stabilních Kerrových drah pro protirotující resp. spolurotující částice. Tyto výsledky mají velký význam pro množství gravitačního záření, které může částice emitovat, než spadne do černé díry.

J. Paleuš

Problémy teorie galaktické struktury

1. Úvod

Popis naší Galaxie - diferenciálně rotujícího disku skládajícího se z mnoha různorodých složek - je od počátku tohoto století jedním z hlavních problémů astronomie. Základní otázky související s popisem tohoto systému zajímaly mnoho vynikajících astronomů: W.W.Campbell, J.C.Kapteyn, A.S.Eddington, J.H.Jeans, K. Schwarzschild, C.V.Charlier, J.H.Oort, B.Lindblad aj. V jejich dílech jsou formulována východiska teorie galaktické struktury o něž se budeme v tomto článku opírat.

Hlavním úkolem článku je podat alespoň částečný průřez teorií galaktické struktury a vysvětlit její zařazení v širším astronomickém a především fyzikálním kontextu. V první části článku jsou uvedeny základní rovnice a vztahy používané nejen ve stelární dynamice, ale i v jiných oblastech astrofyziky a teoretické fyziky. V následujících dvou kapitolách je popsána aplikace obecných rovnic na konkrétní problém: konstrukci galaktického modelu. Teorie spirální struktury, částečně zmiňovaná ve třetí kapitole, má mnoho problémů, některé z nich jsou v této kapitole naznačeny.

2. Základní vztahy

a/ Liouvillova a Poissonova rovnice

Mezi nejdůležitější složky určující fyzikální vlastnosti naší Galaxie patří hvězdy, mezihvězdný plyn, magnetické pole, zářivé pole, kosmické záření. Jednotlivé složky systému se odlišují nejen svou fyzikální podstatou, ale i svými dynamickými vlastnostmi a odhadovaným stářím. Především dle odhadovaného stáří je možné celý systém rozdělit na řadu subsystémů, které se však odlišují i mnoha jinými charakteristikami. Nejstarší součástí Galaxie jsou kulové hvězdokupy, vytvářející tzv. galaktické halo. Tento podsystém je charakterisován svou sférickou symetrií okolo galaktického středu, velkými odchylkami od kruhových rotačních rychlostí, velkými disperzemi jednotlivých složek rychlostí. Nejmladší součástí Galaxie je mezihvězdný plyn. Je silně koncentrován do tenkého disku podél galaktického rovníku, kde vytváří spolu s mladými objekty jiných druhů spirální ramena. Většina subsystémů Galaxie má rovinu symetrie a osu symetrie, které jsou vzájemně kolmé. Pozorujeme silnou diferenciální rotaci okolo osy symetrie.

V prvním přiblížení budeme předpokládat, že výměna energie mezi částicemi uvažovaného systému a změna směru každé částice, která je určovaná blízkými a vzdálenými setkáními částic systému, je zanedbatelně malá, neboli relaxační doba je veliká ve srovnání s rotační periodou galaktického disku. Podle odhadů S. Chandrasekhara /1943/ je relaxační doba pro hvězdy slunečního okolí cca 10^{14} let, což je mnohonásobek rotační periody Galaxie, která je cca $2x10^{8}$ let. Pro ostatní složky našeho systému, např. pro mezihvězdný plyn, je relaxační doba kratší. Je tudíž patrné, že toto přiblížení, neboli zanedbání kolizního členu ve všech dalších úvahách, je reálné především pro hvězdy.

Každou hvězdu je pak možné popisovat jako konzervativní systém popsaný příslušným hamiltoniánem H:

$$H = 1/m\,(p_1^2 + p_2^2 + p_3^2) + m.V(q_1,q_2,q_3,t)\,. \qquad /1/$$

Jde o klasický problém popsaný v šestirozměrném fázovém prostoru $(q_1,q_2,q_3,p_1,p_2,p_3)$. Příslušné kanonické pohybové rovnice popsané hamiltoniánem H jsou:

$$p_s = \frac{\partial H}{\partial q_s}\,, \quad q_s = -\frac{\partial H}{\partial p_s} \qquad s = 1,2,3. \qquad /2/$$

/q_1,q_2,q_3 - zobecněné souřadnice; p_1,p_2,p_3 - sdružené zobecněné momenty; m - hmota hvězdy; t - čas; $V(q_1,q_2,q_3,t)$ - gravitační potenciál/.

Zkoumaný problém je výhodné popisovat ve válcových souřadnicích (R,ϑ,z). Rovina (R,ϑ) se shoduje s galaktickým rovníkem, osa z je na tuto rovinu kolmá a prochází galaktickým centrem. Při pohledu z poloprostoru kladných z na galaktický rovník odečítáme ϑ ve směru galaktické rotace, tj. ve směru otáčení hodinových ručiček. Příslušné rychlosti ve směrech (R,ϑ,z) označíme (U,V,W).

Ve fázovém prostoru (R,ϑ,z,U,V,W) definujeme jednočásticovou distribuční funkci pro hvězdy vztahem

$$dN = f(R, \vartheta, z, U, V, W, t)\, R dR\, d\vartheta\, dz\, dU\, dV\, dW \qquad /3/$$

kde dN je počet hvězd nacházejících se v elementu fázového prostoru R dR d ϑ dz dV dU dW .

Neuvažujeme-li kolizní člen, není hamiltonián /1/ funkcí času. Pomocí kanonických rovnic /2/ a definice distribuční funkce /3/ dostáváme Liouvillovu rovnici:

$$\frac{Df}{Dt} = 0 \;, \qquad \frac{D}{Dt} = \frac{\partial}{\partial t} + \dot{q}_s \frac{\partial}{\partial q_s} + \dot{p}_s \frac{\partial}{\partial p_s} \;. \qquad /4/$$

Tento vztah můžeme ve válcových souřadnicích rozepsat následujícím způsobem:

$$\frac{\partial f}{\partial t} + U\frac{\partial f}{\partial R} + \frac{V}{R}\frac{\partial f}{\partial \vartheta} + W\frac{\partial f}{\partial z} - \left(\frac{\partial V(R,\vartheta,z,t)}{\partial R} - \frac{V^2}{R}\right)\frac{\partial f}{\partial U} - \left(\frac{1}{R}\frac{\partial V(R,\vartheta,z,t)}{\partial \vartheta} + \frac{UV}{R}\right) - \frac{\partial V(R,\vartheta,z,t)}{\partial z}\frac{\partial f}{\partial W} = 0 \qquad /5/$$

Funkce $f(R, \vartheta, z, U, V, W, t)$ je v tomto případě integrálem Liouvillovy rovnice, a je tudíž funkcí pohybových integrálů kanonických rovnic, s jejichž pomocí byla odvozena. V uvedeném případě je hamiltonián /1/ jedním z pohybových integrálů a tak dostáváme $f = f(H)$.

Distribuční funkci $f(R, \vartheta, z, U, V, W, t)$ jsme definovali pomocí počtu hvězd dN obsaženém v elementu fázového prostoru R dR dϑdz dU dV dW . Obdobným způsobem definujme hustotu ϱ :

$$dN = \varrho(R, \vartheta, z, t)\; R\, dR\, d\vartheta\, dz \qquad /6/$$

Srovnáním definic /3/ a /6/ získáváme vztah mezi ϱ a f :

$$\varrho(R, \vartheta, z) = \iiint_{-\infty}^{+\infty} f(R, \vartheta, z, U, V, W, t)\, dU\, dV\, dW \qquad /7/ .$$

Liouvillovu rovnici, která spolu s definičním vztahem pro hustotu spojuje distribuční funkci f a potenciál V s hustotou ϱ , je možné doplnit Poissonovu rovnicí, určující vztah mezi V a ϱ , resp. mezi V a K f :

$$\nabla^2 V(R,\vartheta,z,t) = -4\pi G \varrho = -4\pi G \iiint_{-\infty}^{+\infty} f\, dU dV dW \qquad /8/$$

Systém tří integrodiferenciálních rovnic /5/, /7/ a /8/ tvoří východiske mnoha úvah zabývajících se nejen strukturou naší Galaxie, ale i hvězdnými nitry a hvězdnými atmosférami. Současným řešením všech tří základních rovnic dostáváme tzv. self-consistentní řešení. Zcela obecné řešení takového systému rovnic je velmi složitou záležitostí, a proto různí autoři používají dodatečné předpoklady, více či méně odůvodněné pozorováním nebo teoretickými úvahami, a tak situaci zjednodušují.

b/ Hydrodynamické rovnice

Statistické a termodynamické veličiny, které vystupují v základních fyzikálních rovnicích, mají smysl především pro popis ideálního plynu, pro který byly původně definovány. Hydrodynamické rovnice určují vztahy mezi těmito veličinami, kterými jsou: teplota, tlak, hustota, střední rychlosti, atd. Ve hvězdné dynamice je možné definovat veličiny obdobné a zkoumat systém rovnic podobný hydrodynamickým. Základním problémem takového zobecnění je určení distribuční funkce, která podobně jako ve hvězdných atmosférách není rovnovážná, což vybízí k opatrnosti při vymezování nových pojmů.

Klasické částice v rovnovážném stavu jsou popsány jednočásticovou Boltzmannovou rozdělovací funkcí. Odtud je možno odvodit Maxwellovo rozdělení rychlostí:

$$dN(v) = N.\left(\frac{2}{\pi}\right)^{1/2}\left(\frac{m}{v}\right)^{3/2} \exp(-mv^2/kT)\, v^2\, dv$$

kde v je rychlost, T je teplota a k Boltzmannova konstanta. Pro ideální plyn v rovnováze je uvedená rozdělovací funkce a v ní vystupující teplota izotropní.

Ve hvězdné dynamice je Boltzmannova distribuční funkce nahražena Schwarzschildovou distribuční funkcí, odvozenou pro hvězdné pohyby:

$$dN = N \frac{j_1 j_2 j_3}{\pi^{3/2}} e^{-j_1^2 U^2 - j_2^2 V^2 - j_3^2 W^2} dU dV dW \qquad /9/$$

kde $\quad j_1 = \frac{1}{\Delta \bar{U} \pi^{1/2}}, \quad j_2 = \frac{1}{\Delta \bar{V} \pi^{1/2}}, \quad j_3 = \frac{1}{\Delta \bar{W} \pi^{1/2}}$

Střední odchylky složek rychlostí hvězd ($\Delta \bar{U}, \Delta \bar{V}, \Delta \bar{W}$) jsou určeny za předpokladu, že rozložení reziduálních rychlostí v jistém směru je symetrické okolo střední hodnoty a popsané Gaussovou funkcí:

$$\Delta U = \bar{U} - U, \quad \Delta V = \bar{V} - V, \quad \Delta W = \bar{W} - W$$

$$\bar{U} = \iiint_{-\infty}^{+\infty} fU\, dU dV dW, \quad \Delta \bar{U} = \frac{2j_1}{\pi^{1/2}} \int_0^{\infty} e^{-j_1^2 U^2} \Delta U dU = \frac{1}{\pi^{1/2} j_1}$$

$$\bar{V} = \iiint_{-\infty}^{+\infty} fV\, dU dV dW, \quad \Delta \bar{V} = \frac{2j_2}{\pi^{1/2}} \int_0^{\infty} e^{-j_2^2 V^2} \Delta V dV = \frac{1}{\pi^{1/2} j_2}$$

$$\bar{W} = \iiint_{-\infty}^{+\infty} fW\, dU dV dW, \quad \Delta \bar{W} = \frac{2j_3}{\pi^{1/2}} \int_0^{\infty} e^{-j_3^2 W^2} \Delta W dW = \frac{1}{\pi^{1/2} j_3}$$

Je vidět, že kinetická energie částic plynu odpovídá opět kinetické energii hvězd. Veličině kT /která vystupuje ve jmenovateli argumentu exponenciální funkce Maxwellova rozdělení a vyjadřuje v případě plynu míru jeho vnitřní chaotické energie / odpovídá vektor

$$\pi(\overline{\Delta U^2}, \overline{\Delta V^2}, \overline{\Delta W^2})$$

Skalární veličina kT, vystupující při popisu rovonovážného stavu ideálního plynu, je zde nahražena vektorem, což dokumentuje skutečnost, že Schwarzschildova distribuční funkce popisuje nerovnovážný dynamický systém.

Pomocí výše definovaných středních odchylek složek rychlostí a definice hustoty /6/ je možné určit obdobu tlaku ve hvězdné dynamice:

$$\frac{1}{3}\varrho(\overline{\Delta U^2}, \overline{\Delta V^2}, \overline{\Delta W^2})$$

Je patrné, že i v tomto případě je izotropní tlak, vystupující ve statistické teorii ideálního plynu v rovnováze, nahražen veličinou závisející na směru rychlosti. Vzhledem k nízké hustotě hvězd a velmi dlouhé střední volné dráze hvězd je tlak při popisu reálného systému hvězd zanedbatelná veličina a nebudeme ho v hydrodynamických rovnicích brát v úvahu.

Vynásobme Liouvillovu rovnici postupně rychlostmi (U,V,W) a integrujme ji přes všechny rychlosti. Dostáváme hydrodynamické rovnice /S. Chandrasekhar, 1943/ :

$$\frac{\partial \varrho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial R}(\varrho \bar{U}) + \frac{1}{R}\frac{\partial}{\partial \vartheta}(\varrho \bar{V}) + \frac{\partial}{\partial z}(\varrho \bar{W}) + \frac{1}{R}\varrho \bar{U} = 0$$

$$\frac{\partial(\varrho \bar{U})}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial R}(\varrho \bar{U}^2) + \frac{1}{R}\frac{\partial}{\partial \vartheta}(\varrho \bar{U}\bar{V}) + \frac{\partial}{\partial z}(\varrho \bar{U}\bar{W}) + \frac{1}{R}(\bar{U}^2 - \bar{V}^2) = -\varrho \frac{\partial V(R,\vartheta,z,t)}{\partial R}$$

$$\frac{\partial(\varrho \bar{V})}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial R}(\varrho \bar{U}\bar{V}) + \frac{1}{R}\frac{\partial}{\partial \vartheta}(\varrho \bar{V}^2) + \frac{\partial}{\partial z}(\varrho \bar{V}\bar{W}) + \frac{2}{R}\varrho \bar{V}\bar{U} = -\varrho \frac{1}{R}\frac{\partial V(R,\vartheta,z,t)}{\partial \vartheta} \qquad /10/$$

$$\frac{\partial(\varrho \bar{W})}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial R}(\varrho \bar{W}\bar{U}) + \frac{1}{R}\frac{\partial}{\partial \vartheta}(\varrho \bar{W}\bar{V}) + \frac{\partial}{\partial z}(\varrho \bar{W}^2) + \frac{1}{R}\varrho \bar{W}\bar{U} = -\varrho \frac{1}{R}\frac{\partial V(R,\vartheta,z,t)}{\partial z}$$

Tato soustava rovnic doplněna Poissonovou rovnicí /8/ představuje, podobně jako systém tří rovnic /5/, /7/ a /8/, uzavřený systém. Jeho řešením opět dostáváme self-consistentní popis zkoumaného dynamického systému. Základní rozdíl mezi soustavou /5/, /7/ a /8/ a soustavou /10/ a /8/ spočívá v tom, že v druhém případě je řešení popsáno pomocí makroskopických veličin ϱ, $\bar{U}, \bar{V}, \bar{W}$, zatímco v prvém případě dostáváme mikroskopický popis pomocí distribuční funkce. V druhém případě řešení v zásadě obsahuje méně informací než v případě prvém.

Při zkoumání okolností lokálního i globálního gravitačního kolapsu a při výpočtech týkajících se vln hustoty se mnoho autorů omezuje na řešení pouze dvojrozměrného problému v rovině symetrie. Použité přiblížení je reálné především pro mladé objekty, které jsou silně koncentrovány ke galaktickému rovníku. Pak je prostorová hustota v hydrodynamických rovnicích zaměňována za plošnou hustotu v rovině symetrie. Ve funkci, která se nazývá plošná hustota, se bere v úvahu veškerá hmota obsažená ve sloupci s jednotkovou základnou v rovině symetrie a s osou rovnoběžnou se směrem osy z.

Obdoba takových veličin jako je viskozita nebo vodivost předpokládá zavedení kolizního členu v rovnicích mikroskopického popisu. Jak bylo řečeno na počátku našich úvah, v prvním přiblížení budeme srážky zanedbávat, a tím z hydrodynamických rovnic vypouštíme i viskozitu a kondukci.

3. Statické modely s osou symetrie

Jak bylo výše řečeno, distribuční funkce je závislá na pohybových integrálech kanonických rovnic. Předpokládáme-li, že gravitační potenciál V a distribuční funkce f nezávisí explicitně na čase, neboli zkoumaný systém je stacionární, pak je energie

$$E = 1/2\,(U^2 + V^2 + W^2) + V(R,\vartheta,z)$$

pohybovým integrálem. Dalším předpokladem je, že galaktický systém má osu symetrie, kterou ztotožníme s osou z. Odtud je možné dokázat, že existuje další pohybový integrál - průmět momentu hybnosti do osy symetrie:

$J = V \cdot R$. Distribuční funkce f je pak závislá na E a J :
$f = f\ (E, J)$.

Uvedené předpoklady vyjadřují několik skutečností, známých z pozorování.

a/ vzhledem k tomu, že výměna energie mezi částicemi /jak bylo na základě odhadů S. Chandrasekhara řečeno výše/ je malá, můžeme předpokládat, že soustava během omezeného časového úseku je stacionární. Tato podmínka o kvazistacionárnosti neříká nic o tom, zda se systém nachází v rovnovážném stavu nebo ne.

b/ Většina složek tohoto nehomogenního systému má osu symetrie a rovinu symetrie, která je na ní kolmá. Předpokládáme, že průběh hustoty modelu má v zásadě shodné vlastnosti s jeho jednotlivými subsystémy. Takové jevy, jako je spirální struktura Galaxie, kterou pozorujeme výhradně mezi mladými objekty, v modelech tohoto typu neuvažujeme. Zdá se být reálné tvrzení, že hmota soustředěná ve spirálních ramenech nepřesahuje několik procent z celkové hmoty Galaxie, a tudíž příliš model neovlivňuje.

Většina subsystémů Galaxie vykazuje vedle osy a roviny symetrie zploštění různého stupně: od 1 : 2 u podsystému hvězd typu RR Lyrae až k 1 : 60 u neutrálního vodíku. Chceme-li vytvořit model takové soustavy, není možné ani v prvním přiblížení vyjít ze sférické symetrie. Jako plochy stejné hustoty je výhodné používat podobné nebo konfokální elipsoidy.

Při budování modelu hvězdného systému máme k disposici dvě různá východiska, a tak používat buď Liouvillovu rovnici /5/ nebo Poissonovu rovnici /8/ :

a/ Modely založené na předpokladech o distribuční funkci. Zde používáme Liouvillovu rovnici, avšak předem předpokládáme jistý tvar distribuční funkce, který můžeme konfrontovat s pozorováním. Nejrozšířenější hypotézou o tvaru distribuční funkce je hypotéza elipsoidální vytvořená K. Schwarzschildem /1907/. Tato hypotéza navrhuje distribuční funkci ve tvaru $f = f_o\, e^{-q}$, kde q je kvadratická forma složek rychlosti hvězdy. V tomto případě zanedbáváme vyšší mocniny složek rychlosti. Při řešení dosadíme uvedenou funkci f do Liouvillovy rovnice a dostaneme tak závislosti mezi koeficienty kvadratické formy q. J.H.Oort /1927/ předpokládal jistý tvar kvadratické formy q. Pak již je možno vyjádřit tvar potenciálu $V\,(R,z)$ a hustoty $\rho(R,z)$. Toto tzv. Oortovo řešení je nejužívanější daného typu.

b/ Modely založené na předpokladech o průběhu hustoty. V tomto případě je východiskem předem dané rozložení hmoty, z něhož odvozujeme tvar galaktického potenciálu a různé dynamické parametry modelu /např. Oortovy konstanty, průběh kruhových rotačních rychlostí v závislosti na R atd./. Srovnáním těchto parametrů s pozorovanými hodnotami je možno uvažovat o správnosti přijatého rozložení hmoty. Nejběžnější model tohoto typu je model M.Schmidta /1965/. Jako plochy stejné hustoty jsou v tomto případě použity podobné elipsoidy.

Známe-li model Galaxie, tj. také známe průběh gravitačního potenciálu, můžeme integrací kanonických pohybových rovnic /2/ popisovat dráhy jednotlivých hvězd v uvažovaném modelu. Při malých odchylkách hvězd od kruhové dráhy, např. uvažujeme-li dráhy mladých objektů, je pohyb hvězdy dobře popsán tzv. disperzní drahou. Uvažujeme pouze malé lineární odchylky od kruhové dráhy popsané epicyklickou frekvencí K(R) :

$$K(R) = 2\,\Omega\left(1 + \frac{R}{2\Omega}\,\frac{d\Omega}{dR}\right)^{1/2} \qquad /11/$$

kde $\Omega(R)$ je kruhová rotační úhlová frekvence v našem modelu

$$\frac{\Omega^2(R)}{R} = -\,\frac{\partial V(R,z)}{\partial R} .$$

Hvězda se pohybuje v epicyklech s frekvencí K(R) a střed epicyklické dráhy se pohybuje s úhlovou frekvencí $\Omega(R)$ okolo galaktického středu.

V obou uvedených postupech nejsou využity všechny základní rovnice současně. V prvém případě je použita rovnice Liouvillova a v druhém Poissonova. Abychom mohli správně interpretovat všechny informace zprostředkované pozorováním, je nutno hledat selfconsistentní řešení rovnic /5/, /7/ a /8/. Takovéto řešení však doposud není v plné obecnosti v hvězdné dynamice nalezeno.

4. Spirální struktura

Spirální struktura naší Galaxie, jejíž existence byla bezpečně prokázána až s rozvojem radioastronomie, a spirální struktura jiných galaxií, která je známa již velmi dlouho, byla vždy zásadním problémem teorie galaktické struktury. J.H.Jeans ve své knize Astronomie a kosmogonie /1929/ píše /str. 360/: "Jediným výsledkem, který jak se zdá známe s určitou jistotou, je, že spirální ramena v mlhovinách jsou trvalé zjevy. Jakákoliv jejich interpretace je jedním z nejzáhadnějších problémů uvádějících kosmogonii do zmatku".

V polovině šedesátých let dostal výzkum teorie spirální struktury nový impuls v podobě gravitační teorie hustotních vln /Lin C.C., Shu F.H.,Yuan C.C. 1969/. Tato teorie se snaží řešit hlavní problém spojený s existencí spirálních ramen: jejich kvasistabilitu za přítomnosti silné diferenciální rotace. Mimo to, teorie hustotních vln vrhá nové světlo na takové problémy, jako jsou systematické odchylky rychlostí mezihvězdného plynu od kruhových rotačních rychlostí, interpretace radiových pozorování a vznik nových hvězd.

Základem teorie hustotních vln je řešení linearizované soustavy hydrodynamických rovnic /10/ současně s Poissonovou rovnicí /8/. Tlak ani viskozita se neberou v úvahu. Takovéto zjednodušení je možné použít především pro popis soustavy skládající se převážně z hvězd, jejichž střední volná dráha je ve srovnání s rozměrem soustavy veliká. Jedinou silou vystupující v uvedené soustavě hydrodynamických rovnic je vlastní gravitace jednotlivých složek soustavy.

Teorie hustotních vln uvažuje taková self-consistentní řešení systému rovnic /10/ a /8/, která popisují spirální strukturu, tzv. spirální mody. Jde v podstatě o popis chování poruchy gravitačního pole v daném modelu galaxie. Řešení je popsáno následujícími funkcemi:

$$V(R,\vartheta,z,t) = V_0(R,z) + V_1(R,\vartheta,z,t)$$
$$\rho(R,\vartheta,z,t) = \rho_0(R,z) + V_1(R,\vartheta,z,t)$$
$$f(R,\vartheta,z,U,V,W,t) = f_0(R,z,U,V,W,t) + f_1(R,\vartheta,z,U,V,W,t) ,$$

kde V_0, ρ_0, f_0 jsou funkce popisující statické řešení s osou symetrie a V_1, ρ_1, f_1 jsou funkce popisující poruchu spirálního tvaru:

$$V_1(R,\vartheta,z,t) = V_1^*(Z,z)\exp\{i[\omega t - m\vartheta + \Phi(R)]\}$$
$$\rho_1(R,\vartheta,z,t) = \rho_1^*(R,z)\exp\{i[\omega t - m\vartheta + \Phi(R)]\}$$
$$f_1(R,\vartheta,z,U,V,W,t) = f_1^*(R,z,U,V,W)\exp\{i[\omega t - m\vartheta + \Phi(R)]\}$$

Hustotní vlna, jakožto řešení naší soustavy hydrodynamických rovnic je popsaná následujícími funkcemi a konstantou:

$\rho_1^*(R,t)$ - amplituda,

$k\ (R,t)$ - radiální vlnové číslo,

$m\ (R,t)$ - tangenciální vlnové číslo,

$\omega\ (R,t)$ - úhlová frekvence,

Φ_0 - počáteční fáze.

V Linově teorii se používá mnoho doplňujících předpokladů, které vedou k jednoduchému řešení. Všechny dodatečné předpoklady je potřeba velmi obezřetně zhodnotit, především jde-li o interpretaci výsledků této teorie, nebo při budování alternativních řešení.

a/ Funkce $\rho_1^*(R,t)$ a $k(R,t)$ se pomalu mění s R a nezávisí na t.

b/ $\omega(R,t)$ nezávisí na R a t. Rotační frekvence spirální struktury je pak dána konstantou $\Omega_p = 1/2\,\omega(R,t)$

c/ Z možných řešení disperzní relace pro hustotní vlny bereme v úvahu pouze neutrální vlny, tj. ω - reálné. Tento předpoklad společně s předpokladem b/ je zdůvodňován snahou po statické spirální struktuře, což vyjadřuje tu skutečnost, že u značného procenta známých galaxií pozorujeme spirální strukturu velkých rozměrů a není možné tudíž předpokládat, že spirální ramena jsou pouze přechodný zjev.

d/ Lin používá tzv. asymptotické řešení soustavy parciálních diferenciálních rovnic, které bylo navrženo v kvantové mechanice při řešení Schrödingerovy rovnice /WKB - metoda/. Je nutné se omezit na vlnové délky podstatně menší, než je rozměr systému, tj. $\lambda \ll R$. Hustotní vlny popisují však spirální ramena galaxií. Tento předpoklad omezuje platnost řešení pouze na galaxie s těsně navinutými spirálními rameny.

e/ Jak již bylo výše řečeno, řešíme hydrodynamické rovnice v linearisovaném tvaru, neboli vynecháváme v rozvojích hledaných funkcí všechny členy vyšších řádů. Z disperzní relace pro hustotní vlny, odvozené řešením našeho systému rovnic vyplývá, že linearisované řešení má smysl pouze mezi vnitřní a vnější Lindbladovou resonancí a tzv. základní částí spirální struktury. Lindbladovy resonance jsou definovány vztahem mezi kruhovou rotační frekvencí $\Omega(R)$,epicyklickou frekvencí $K(R)$, úhlovou rychlostí spirální struktury Ω_p a tangenciálním vlnovým číslem m:

$$\nu = \frac{2\Omega_p - m\Omega}{K} = \pm 1 \quad .$$

Porucha gravitačního pole mezi těmito rezonancemi je vzhledem k nerušenému stavu malá, a proto je linearisace v této oblasti dobré přiblížení.

Každý z předpokladů, na kterých je teorie hustotních vln vybudována, je možné kritizovat a pokoušet se o řešení, která by teorii doplnila a rozšířila.

a/ Linearisace omezuje použitelnost řešení jednak na oblast mezi hlavními resonancemi v Galaxii, jednak na hvězdy. Při popisu pohybu mezihvězdného plynu pohybujícího se pod vlivem spirálního gravitačního pole hvězd, je nutno brát v úvahu vyšší členy rozvojů hustoty a rychlostí. Jeho chování není linearisovanými rovnicemi dostatečně dobře popsáno. Práce tohoto druhu jsou spojeny se jmény W.W.Roberts, M.S.Roberts, F.H.Shu, C.C.Yuan, R.P.Woodward aj.

b/ Teorii tvaru a stability rotujících těles vytvořili J.C.Maxwell, J.H.Jeans, S.Chandrasekhar, R.N.Lebovitz aj. Jedním z výsledků této hluboko propracované teorie je odvození obecného variačního principu pro radiální i neradiální oscilace plynných těles / S.Chandrasekhar, 1964/. Odvozený variační princip vede k charakteristické rovnici, která je kvadratická v charakteristických frekvencích.Lynden-Bell a Ostiker /1967/ modifikovali Chandrasekharův variační princip použitím Lagrangeovy variace místo Eulerovy. Odvodili charakteristickou rovnici kvadratickou ve vlastních frekvencích, která popisuje disperzní relaci pro spirální hustotní vlny. V obecném případě má charakteristická rovnice dvě řešení. Jsou-li hustotní vlny neutrální, pak řešení nabývají reálné hodnoty. Vedle přijaté frekvence hustotní vlny musí existovat sdružená frekvence a příslušná sdružená hustotní vlna. Teorie hustotních vln uvažuje však pouze jedno řešení charakteristické rovnice. Obsah daného tvrzení je shrnut v tzv. antispirálním teorému, podle kterého hustotní vlna nemůže existovat jakožto neutrální vlna. F.H.Shu /1970/ hledá argumenty podporující teorii hustotních vln v přítomnosti rezonančních oblastí, kde zkoumaná charakteristická rovnice pozbývá platnosti. Na místo neutrálních hustotních vln je však nutno zavést vlny pomalu narůstající.

c/ Velmi důležitou prací je příspěvek A.Toomre /1969/. Autor odvozuje teoretické vztahy pro grupovou rychlost hustotních vln. Pro sluneční okolí autor uvádí -10 km s^{-1}. Touto rychlostí se energie a hybnost představovaná hustotní vlnou šíří podél poloměru galaxie. Úvahy o grupové rychlosti spirálních vln představují vážnou kritiku celé teorie. Jeden z hlavních předpokladů teorie - kvasistatičnost spirální struktury tak pozbývá svoji platnost. Hustotní vlny předávají svoji energii podél galaktického poloměru, a tak mění během doby srovnatelné s rotační dobou galaxie svůj charakter. Objevuje se tak nový základní problém teorie: Jaký mechanismus by mohl neustále doplnovat unikající energii a hybnost hustotních vln? A.Toomre navrhuje v uvedené práci hned několik různých mechanismů:

I/ Lokální nestabilita. Kinetická energie chaotických pohybů hvězd je prostřednictvím lokálního gravitačního kolapsu předávána hustotní vlně.

II/ Slapové působení blízkých galaxií. U naší Galaxie se jedná o Magellanova mračna.

III/ Vliv základní nesymetrie galaxie, např. celková deformace galaxie / ne nutně spirálního tvaru/.

IV/ Vliv aktivity galaktického jádra.

Ukazuje se, že teorie hustotních vln, která, jak se zdálo v době jejího vzniku, úspěšně řeší mnoho základních problémů souvisejících s přítomností spirálních ramen velkých rozměrů u značného procenta galaxií, je neúplná a má mnoho důležitých teoretických problémů. Počáteční optimismus při používání této teorie tak vystřídalo reálné posuzování komplikované situace ve spirálních galaxiích.

5. Závěr

Teorie galaktické struktury, formulovaná pomocí klasických nerelativistických fyzikálních zákonů, má, jak jsem se snažil ukázat, mnoho problémů. Průřez problematikou rozhodně není úplný. Bylo by potřebné zabývat se okolnostmi lokálního a globálního gravitačního kolapsu, tvorbou nových hvězd a mnoha dalšími problémy, které se zadanou problematikou úzce souvisí. Také jsem se nezmínil o různých aplikacích popisované teorie, především při interpretaci pozorování. Všechny nadhozené otázky by vyžadovaly detailní rozbor a tak již přesahují rozsah tohoto článku a mimo to již vybočují z hlavní osy výkladu.

Literatura:

Chandrasekhar, S.: 1943, Principles of Stellar Dynamics /Dover Publ., New York/.
Chandrasekhar, S.: 1964, Astrophys. J. 139, 664.
Jeans,J.H.: 1929, Astronomy and Cosmogony /The University Press, Cambridge/.
Lin,C.C.; Shu,F.H.; Yuan,C.C.: 1969, Astrophys.J.155,721.
Lynden-Bell,D.; Ostiker,J.P.: 1967, Mon.Not.R.A.S.136,293.
Shu,F.H.: 1970, Astrophys.J.160,89.
Toomre,A.: 1969, Astrophys.J.158,889.

KOSMICKÉ ROZHLEDY BLAHOPŘEJÍ

V roce 1977 dosáhnou význačného životního jubilea tito členové Československé astronomické společnosti:

50 let:	Datum narození:
R. Dopita	25. 8.1927
Ing.J.Moravec	23. 1.1927
MUDr.R.Nademlejnský	9.11.1927
Ing.S.Rusz	9. 9.1927
Dr.L.Schmied	22. 6.1927
Dr.B.Topolová,CSc.	15. 9.1927
Dr.B.Valníček, CSc.	11. 4.1927
Dr.I.Šolc, CSc.	20. 5.1927
60 let:	
JUDr.Ing.R.Brdička, CSc.	28. 3.1917
Ing.K.Lajka	27.11.1917
65 let:	
O.Beneš	11. 3.1912
J.Doleich	16. 2.1912
Ing.L.Kaš	1.10.1912
V.Řehák	5.10.1912
J.Šenfeld	3.10.1912
V.Šustr	26. 9.1912
Prof.Ing.Dr.J.Vykutil	1. 9.1912
J.Vylita	13. 8.1912
70 let:	
Z.Balík	26. 4.1907
Prof.RNDr.B.Havelka	17. 7.1907
RNDr.M.Chytilová	11. 7.1907
F.Nečas	23. 3.1907
V.Panušová	26.10.1907
J.Polák	6. 2.1907
Prof.RNDr.A.Zátopek	30. 6.1907
75 let:	
F.Beran	27.11.1902
Ing.R.Orlt	2. 5.1902
A.Šedivý	2.11.1902
80 let:	
V.Adéeová	1. 7.1897
P.Doškář	18.10.1897
R.Nesvadba	30. 7.1897
Jar.Novák	25. 4.1897
RNDr.B.Šternberk	21. 1.1897

Všem jubilantům srdečně blahopřejeme.

Z NAŠICH PRACOVIŠŤ

Zasedání komise pro mnohostrannou spolupráci "Fyzika a vývoj hvězd" v Praze

Ve dnech 29. června - 1. července 1976 zasedala v Praze problémová komise, která je vrcholným orgánem mnohostranné spolupráce akademií věd socialistických států "Fyzika a vývoj hvězd". Spolu s ní zasedala prvá podkomise této spolupráce "Ranná stadia vývoje hvězd". Porad se zúčastnilo celkem 38 astronomů, z toho ze SSSR 9, z NDR 9, z Polska 4, z Bulharska 3, z Maďarska 2 a z ČSSR 11.

Dva půldny byly věnovány organizačním otázkám, jako je kontrola plnění úkolů, plánu na příští rok, další zasedání, letní škola astronomie ap. Většina zasedání však měla ráz vědecké konference, kde jednotliví účastníci referovali o vědeckých výsledcích vzniklých v rámci spolupráce. K nejdůležitějším probíraným tématům patří nejranější vývoj hvězd, hvězd typu T Tauri a eruptivní hvězdy s plynnými obaly, horké hvězdy, cirkumstelární a interstelární hmota, jakož i automatická redukce pozorování.

Další zasedání problémové komise se bude konat pravděpodobně v červnu 1977 ve Varšavě.

S. Kříž

Práce publikované v Bulletinu čs. astronomických ústavů Vol. 28/1977/, No 1

Polarizácia v koronálnej emisnej čiare 5303 Å podľa pozorovaní počas slnečného zatmenia v Afrike 30. júna 1973

J. Sýkora, Astron. ústav SAV, Skalnaté Pleso
E.I.Mogilevskij, V.G.Utrobin, IZMIRAN, Moskva

Je prevedené štúdium polarizácie v emisnej čiare koróny Fe XIV 5303 Å, z materiálov získaných expedíciou Astronomického ústavu SAV, Skalnaté Pleso, počas slnečného zatmenia 30. júna 1973 v Republice Niger. Pozorovania boli vykonané refraktorom a interferenčno-polarizačným filtrom, pred ktorým sa postupne pootáčala o 120° polvlnová platnička. Polarizačné snímky, získané s expozíciou 30 a 90 sekúnd dovolili /berúc do ohľadu chyby pozorovaní/ určiť rozloženie stupňa polarizácie a orientácie roviny polarizácie v zelenej čiare pre asi 100 bodov v koróne, rozložených v hraniciach $1{,}15 \leqslant \rho \leqslant 1{,}50\ R_{\odot}$. Je ďalej urobené porovnanie so zmeranou polarizáciou v bielej koróne, a tiež s koronálnou štruktúrou a možným priestorovým rozložením magnetického poľa v koróne. Je ukázané, že pozorované rozloženie polarizácie v zelenej čiare reálne existuje a odpovedá kvalitatívne teórii rezonančného rozptylu na koronálnych iónoch v lokálnom magnetickom poli koróny. Diskutovaná je problematika určovania štruktúry magnetického poľa v koróne z pozorovaní v emisných koronálnych čiarach.

- aut -

Stokesovy konstanty nehomogenního sféroidu

M.Burša, M.Šidlichovský, Astron. ústav ČSAV, Praha

Jsou vyjádřeny Stokesovy dynamické konstanty sféroidu, vymezeného ekvipotenciální plochou, danou rozvojem podle sférických, a hmotově definovaného předepsanou hustotní funkcí. Jako příklad je řešen sféroid, jehož vnější plocha je trojosým elipsoidem.

Spektrum sluneční erupce 18.VIII.1959
Vztah mezi emisními čarami vodíku a kovů.

N.S.Šilova, Institut zemnovo magnetizma, ionosfery i rasprostraněnija radiovoln, Moskva

Spektrum uvedené erupce bylo získáno pomocí velkého spektrografu ondřejovské observatoře. Měřily se absolutní intenzity a pološířky 80 čar. Bylo ukázáno, že okamžik maxima záření erupce v Balmerových čarách vodíku je pro čáry s vyšší hladinou opožděn. Toto zpoždění může podat informaci o výšce erupce v atmosféře. V práci je dále ukázána nezbytnost předpokladu, že záření erupce v kovových čarách je vybuzeno zářením vodíku a vápníku téže erupce.

- MŠ -

Světelná křivka a dráhové elementy TV Cas

J. Tremko, G.A.Bakos, Astron. ústav SAV, Skalnaté Pleso

Na základe fotoelektrických pozorovaní, ktoré sa získali od roku 1967 vo vizuálnom obore, zostrojila sa krivka svetelných zmien a odvodili sa fotometrické elementy dráhy. Riešenie porovnáva sa s riešením Papouška. Zkúmali sa odchylky epoch primárneho minima od lineárnej efemeridy. Ukázalo sa, že dĺžka periody podlieha systematickým zmenám a s časom sa zkracuje. Zdá sa, že tieto dlhodobé zmeny sú modulované periodickou osciláciou dĺžky periody s malou amplitúdou. Podľa Friboes-Conde a Herczega môže sa jednat o efekt tretieho telesa. Usudzuje sa,že v sústave TV Cas sú v činnosti dva procesy: hviezdny vietor zo žhavejšej primárnej zložky na sekundárnu, ktorý spôsobuje sekulárne zkracovanie periody a plynný prúd v opačnom smere, ktorý vyvoláva oscilácie periody s malou amplitúdou a niektoré nepravidelnosti na krivke svetelných zmien.

- aut -

Z ODBORNÉ PRÁCE ČAS

7. celostátní konference o stelární astronomii

Stalo se již tradicí, že na pravidelné konference československých stelárních astronomů zbude čas až na sklonku roku, kdy počasí je nevlídné a sluníčko neodrazuje sledovat referáty, přednášené ve vytopené zasedací místnosti. Nejinak tomu bylo i letos. 7. stelární konference československých astronomů se konala ve dnech 29.11.-1.12.1976 v Domě vědeckých pracovníků ve Smolenicích za účasti 53 zástupců všech našich astronomických pracovišť. Pořadatel, Slovenská astronomická společnost při SAV, i tentokrát vybral místo jako předurčené pro podobná jednání - zámek v překrásném prostředí Malých Karpat, obklopený téměř ze všech světových stran lesy a kopci. Že se většina účastníků nedala zlákat k procházkám po okolních parcích, za to lze vděčit jedině zajímavosti přednášených referátů /možná však i vytrvalému dešti, který doprovázel konferenci od zahájení až do jejího konce/.

Jako každoročně, i letos, byla konference rozdělena do několika tématických celků. Celé první půldenní zasedání bylo věnováno stavbě naší Galaxie. Účastníci vyslechli zajímavý referát J.Palouše, zabývající se otázkami spirální struktury Galaxie, především z hlediska migrace jejích členů. Některé dynamické problémy naší galaktické soustavy řešil teoretický příspěvek P.Andrle o vlastnostech potenciálu čtvrtého stupně pro různé hodnoty rezonancí. Osobitý referát E.Chvojkové byl pak věnován vlivu změny magnetického pole na akumulaci superrychlých částic v atmosférách kosmických těles.

Teoretickým i experimentálním problémům stavby hvězdných atmosfér bylo věnováno druhé zasedání konference. První část této problematiky, reprezentovaná třemi referáty I.Hubeného a J.Hekely našla důstojnou protiváhu ve dvou spíše experimentálně laděných příspěvcích V.Bahýla a M.Vetešníka. A tak se mohli přítomní účastníci konference seznámit s problémy teoretické interpretace hvězdných spekter, s diagnostikou rychlostních polí hvězdných atmosfér, s obecnými problémy přenosu záření ve hvězdných atmosférách, ale i s problematikou výpočtu profilů čar v běžných spektrech i spektrech hvězd s nízkými povrchovými teplotami.

Nejpočetněji byla na konferenci zastoupena skupina referátů zaměřených na studium těsných podvojných soustav. Sem lze zařadit referát J. Horna o hvězdě HD 190918, příspěvek P.Koubského o Be hvězdě MWC 608, i příspěvek P.Hadravy, věnovaný kinetické formulaci přenosu hmoty v polodotykových soustavách. P.Mayer referoval pak v této části zasedání o nových výsledcích studia zajímavé soustavy IU Aur, P.Harmanec o shell-hvězdě 88 Her. Referát M.Litavského se dotýkal problémů identifikace rentgenovských podvojných zdrojů. A. Antalová se pak zabývala otázkami vztahu zákrytových proměnných k O-asociacím v naší Galaxii.

Stalo se již zvykem, že na konferencích čs. stelárních astronomů je pravidelně zastoupena i skupina specialistů zabývajících se otázkami vztahů astronomie k některým oblastem teoretické fyziky. Letos byla reprezentována J.Langrem, který seznámil přítomné v posledním půldnu zasedání s aktuálními problémy soudobé relativistické kosmologie.

Na stelárních konferencích, které se staly již tradičním srazem všech našich stelárních pracovníků, naskýtá se jedinečná příležitost pro výměnu informací z kongresů, symposií a konferencí a pro výměnu poznatků získaných při studijních pobytech v zahraničí; proto byly i letos zařazeny do zasedání přehledové referáty účastníků těchto akcí. Největší měrou v tomto smyslu přispěl J. Grygar, který referoval hned o třech jednáních /XVI. kongres IAU, konference o magnetických hvězdách, konference o novách v Paříži/, dále pak P.Harmanec /konference o Be hvězdách/, J.Papoušek /1. škola mladých astronomů v Abastumani/ a další. Účastníci rovněž se zájmem vyslechli informace o založení pracovní skupiny "Astrofyzika" při fyzikální sekci JČMF.

Takový je stručný výčet jednotlivých odborných příspěvků presentovaných na letošní konferenci ve Smolenicích. Jak lze však hodnotit konferenci obecně, především ve srovnání s podobnými akcemi v minulých létech? Především lze konstatovat, že počet přednesených referátů byl tentokrát menší. Tuto skutečnost jistě uvítali předsedové jednotlivých zasedání, kteří nemuseli účinkovat ve funkci časového spínače a mohli se plně soustředit i na odbornou část referátů. Projevilo se to však kladně zejména při diskusích, které nemusely být z časových důvodů násilně ukončovány a mohly se rozvinout v plné šíři /nutno poznamenat, že této možnosti bylo vždy plně využito/.

Z celkové skladby referátů, které na konferenci odezněly, vyplynulo, že pravděpodobně dochází k určitým změnám v tématickém zaměření některých pracovníků. Tato skutečnost našla odraz v úbytku "tradičních" opakujících se referátů na přesně vymezená témata, ale i v tom, že se řada příspěvků dotýkala problematiky dříve našim astronomům neznámé /rentgenovská astronomie, uhlíkové hvězdy, migrace hvězd v Galaxii a pod./. I tento poznatek lze zřejmě hodnotit kladně.

Závažným negativním poznatkem z letošní stelární konference zůstává však skutečnost, že ze zasedání téměř vymizely referáty přehledové. Ty bývaly v minulosti inspirací především pro mladé začínající pracovníky, bývaly však cenným přínosem i pro všechny ostatní účastníky. Nad tímto faktem se budou muset zamyslet pořadatelé všech dalších podobných akcí a vyvodit z něj patřičné závěry.

Konference splnila beze zbytku i své poslání společenské; závěrečná slavnostní večeře, která se v kuloárech protáhla dlouho do noci, nenechala nikoho na pochybách, že se astronomové, kromě vyhraněného zájmu o vědu, dovedou i srdečně bavit.

Z konference vzešly i některé náměty rázu organizačního. Zdá se, že termín konání konference v listopadu nebo v prosinci není nejvhodnější, a že by účastníci příštích zasedání uvítali jeho přesunutí do jiné části roku. Stálo by jistě za uvážení i zmezinárodnění příštích konferencí přizváním dalších účastníků ze socialistických zemí, případně přednášením alespoň některých referátů ve světovém jazyce. K těmto a dalším námětům by rovněž měli přihlédnout pořadatelé dalších podobných akcí.

Závěrem lze už jen konstatovat, že poslední stelární konference ve Smolenicích se plně vydařila. Za její skvělé organizační zajištění patří dík pracovníkům Slovenské astronomické společnosti. Stejný dík však patří i všem účastníkům, kteří se aktivním přispěním podíleli na její realizaci.

M. Vetešník

O jednom zdroji systematické chyby v určení relativní pozice a délky meteoru

Při pozorování meteorů v omezeném zorném poli je jedním z důležitých údajů údaj o poloze začátku a konce meteorické dráhy vůči okraji zorného pole - tzv. relativní pozice. Statistiky relativních pozic bývá užíváno k určení efektivního zorného pole dalekohledu, což je nutné ke správnému určení strmosti luminositní funkce meteorů.

Grygar a Kohoutek zjistili v r. 1960, že pozorovatel nespatří vždy začátek a konec světelné dráhy meteoru a hlásí tak chybně, že meteor začal nebo skončil uvnitř zorného pole, třebaže ve skutečnosti meteor protal okraj zorného pole. Kvíz v r. 1965 zjistil, že úhlové délky dlouhých meteorů bývají podceňovány, krátkých naopak přeceňovány.

Příčiny těchto jevů spočívají v pravděpodobnostním charakteru jevu spatření meteoru, ve stavbě sítnice oka, v její proměnné citlivosti po ploše a v průběhu světelné křivky meteoru. V tomto článku se pokusíme odhadnout důsledky, vyplývající z prvních dvou skutečností.

Při pozorování slabých zdrojů se v noci uplatňují v sítnici oka tyčinky. Tyto se funkčně spojují do recepčních polí. V recepčním poli se pohlcený signál sčítá úplně po ploše /Ricco: součin jasu objektu a jeho plochy je konstantní pro prahový počitek/ a do 0,1 s i v čase /Bloch, Charpenter: součin I.t je konstantní pro prahový počitek./ Úhlový průměr tyčinkového recepčního pole je 30' - 50'. Je-li exponováno meteorem po dobu kratší než 0,1 s - což je obvyklé - vzniká v něm signál odpovídající celkové pohlcené energii. Z hlediska pozorování meteorů lze proto recepční pole považovat za element sítnice.

Je známo, že obvykle meteory nevidíme přerušované. Znamená to, že pokud vůbec meteor vyvolal počitek v některem recepčním poli, vyvolá počitky i v dalších, pokud jeho jasnost neklesne pod určitou mez nebo pokud se nepromítne na příliš málo citlivá recepční pole. Připustme zjednodušení, že pokud byl meteor spatřen, bude pozorován až do konce či do výletu z pole.

Uvažujme nejjednodušší případ, že meteor exponoval dvě recepční pole. Nechť A je jev spočívající ve spatření meteoru 1. recepčním polem, B jev spatření meteoru 2. recepčním polem, S jev spatření meteoru, A', B' jevy doplňkové k A, B. Podle výše uvedených předpokladů obdržíme pravděpodobnosti

$$P(A) = p_1,\ P(B/A') = p_2,\ P(B/A) = 1 \text{ . Pak platí:}$$

$$P(S) = P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B) = P(A) + P[B \cap (A \cup A')] -$$

$$- P(A \cap B) = P(A) + P(B \cap A) + P(B \cap A') - P(A \cap B) =$$

$$= P(A) + P(B/A') . P(A') = 1 - (1-p_1).(1-p_2) .$$

Vztah lze induktivně rozšířit na libovolný konečný počet exponovaných recepčních polí. Pro další úvahy nutno zavést zjednodušení, že pravděpodobnosti spatření všemi recepčními poli jsou si rovny, takže pro n polí je

$$P(S) = 1 - (1-p)^n$$

Po tomto zjednodušení lze psát:

p je pravděpodobnost spatření právě 1. recepčním polem,
$(1-p).p$ " " " 2. recepčním polem,
$(1-p)^{k-1}.p$ " " " k-tým recepč. polem
$(1-p)^n$ je pravděpodobnost, že meteor nebude spatřen.

Dělíme-li uvedené výrazy číslem P(S), obdržíme podmíněné pravděpodobnosti za předpokladu spatření meteoru. Ty jsou rovny pravděpodobnosti "zkrácení" spatřeného meteoru na počátku dráhy o délku, vyjádřenou počtem recepčních polí, které nezachytily meteor.

Střední hodnota zkrácení meteoru na počátku je

$$\sum_{k=0}^{n-1} \frac{p.k(1-p)^k}{P(S)} = \frac{p^{-1}[P(S)-p]-(n-1)(1-p)^n}{P(S)} \doteq \frac{\frac{n-1}{2}\left(1-\frac{2n-1}{3}p\right)}{1-\frac{n-1}{2}p}$$

Příklad: Nechť p = 0,01, n = 70. Při průměrné délce tětivy, vyťaté meteorem na recepčním poli rovné 30° se jedná o meteor s úhlovou délkou 35°, což v dalekohledu 10x80 odpovídá délce l = 5 / desetinám průměru zorného pole, který je 70° zdánlivě/. Po dosazení do přesného výrazu obdržíme výsledek 30,3, což je tedy střední počet recepčních polí, které na počátku nezachytí meteor. To odpovídá střednímu zkrácení o délku 2,16. Přitom pravděpodobnost spatření meteoru je 0,505, což je hodnota vysoká. Zřejmě je jev zkracování významný i u jasných meteorů.

Podmínkou nutnou k tomu, aby pozorovatel ohlásil chybně polohu začátku meteoru uvnitř zorného pole, třebaže začal vně je, aby meteor nebyl spatřen 1. recepčním polem. Ve zvoleném případě se tak stane s pravděpodobností 1 - 0,01/0,505 = 0,98, tedy neobyčejně vysokou. Není však zřejmé, že tato podmínka je i postačující. Při horší rozlišovací schopnosti oka dojde k menšímu počtu chyb tohoto druhu.

Odhadnout, co se děje na konci meteorické dráhy, je nepoměrně těžší. Z úvah uvedeného typu se sice dá odvodit hodnota zkrácení na konci dráhy, nezdá se však, že by popisovala úplně skutečné jevy. Z pozorovací praxe je známo posouvání zákresů meteorů ve směru pohybu, což svědčí i pro prodlužování meteoru na konci dráhy, jehož příčiny budou složitější.

Přeceňování délek krátkých meteorů, zjištěné Kvízem, by se dalo vysvětlit náhodnými chybami. Rozložení četnosti odchylek od správné hodnoty délky nemůže být souměrné vzhledem k tomu, že minimální odhad délky je omezený. Případy přecenění pak budou četnější. Naopak u dlouhých meteorů se náhodné podceňování sčítá se systematickou chybou, přeceňování bude málo četné pro omezení shora.

Na závěr nutno připomenout, že přes uvedené číselné hodnoty a vztahy se jedná pouze o kvalitativní popis systematické chyby v určení délky a relativní pozice. Důvodem jsou četná zjednodušení, která v praxi nepřichází v úvahu. Nebyla také uvažována funkce čípkových recepčních polí, která mají menší průměr a mohou se uplatnit u jasných meteorů /u kterých lze určit barvu/.

M. Šulc

ZAHRANIČNÍ NÁVŠTĚVY

Zahraniční návštěvy na ASÚ ČSAV v r. 1976

Ch.U.Alexandrovič	SSSR	1. 9. 30.11.	Studijní pobyt
Dr.M.Apostolov	BLR	15.11. 15.12.	Reciprocita
Dr.Barteja	SSSR	28. 6. 2. 7.	"
Prof.U.Bělicki	PLR	17. 9. 18. 9.	Konzultace
Dr.ing.Y.Dittrich	NDR	17. 5. 22. 5.	Reciprocita
Dr.O.B.Dlužněvskaja	SSSR	28. 6. 4. 7.	"
Dr.Y.Dohnanyi	NSR	8. 1.	Prohlídka Ondřejova
Dr.H.Domke	NDR	28. 6. 3. 7.	Reciprocita
Ing.V.Erzeg	Jugoslávie	20. 9. 10.10.	Studijní pobyt
Prof.H.Fechtig	NSR	8. 1.	Přednáška o výzkumu meteoritů
Dr.Götz	NDR	28. 6. 3. 7.	Reciprocita
Dr.Z.Ivanovič	Jugoslávie	17. 8. 23. 8.	V rámci dohody
Dr.Jergma	SSSR	28. 6. 7. 6.	"
Dr.M.Jerzykiewicz	PLR	27. 5. 3. 6.	Studijní pobyt
Dr.Z.Kadla	SSSR	28. 6. 12. 7.	Reciprocita
Dr.B.Y.Kovačev	BLR	28. 6. 2. 7.	"

G.Kren	Jugoslávie	1. 9. 5.10.	V rámci dohody
Ing.J.Kukoč	"	10.12, 2. 1.	Účast na kompletaci meteorických kamer
Ing.M.Kuzmanovski	"	30. 9. 24.10.	V rámci dohody
Dr.B.A.Lindblad	Švédsko	18.10. 30.10.	Studijní pobyt
Dr.Luud	SSSR	28. 6. 2. 7.	Reciprocita
Dr.Marx	NDR	28. 6. 3. 7.	"
Prof.A.G.Masevič	SSSR	28. 6. 2. 7.	"
Dr.B.A.McIntosh	Kanada	10. 7. 24. 7.	V rámci dohody
Dr.ing.M.Meinig	NDR	17. 5. 22. 5.	Reciprocita
Dr.P.M.Millman	Kanada	19. 9. 25. 9.	Studijní pobyt
Dr.G.S.Minasjanc	SSSR	19. 7. 28. 9.	Reciprocita
Dr.N.S.Nikolov	BLR	28. 6. 2. 7.	"
Mgr.L.Nowakowski	PLR	28. 2. 8. 3.	Konzultace - stelární od(
H.D.Papamargariti	Řecko	13.10. 31.10.	Dokončení doktorské práce ve slunečním odd.
Prof.V.Petkovič	Jugoslávie	19. 1. 25. 1.	V rámci dohody
Dr.K.Pflug	NDR	18. 2. 25. 2.	Reciprocita
Dr.M.D.Popova	BLR	29. 6. 2. 7.	"
A.Reidel	Holandsko	26.10.	Diskuse o publikaci Symposia IAU
Dr.Rössiger	NDR	28. 6. 3. 7.	Reciprocita
Dr.Ruben	NDR	28. 6. 3. 7.	"
Ing.V.Ruždjak	Jugoslávie a	30. 5. 6. 6. 3.12. 23.12.	V rámci dohody
Dr.Schöneich	NDR	28. 6. 3. 7.	Reciprocita

R.Sitter	NSR	11. 6.	Krátká prohlídka Ondřejova
Dr.J.Staude	NDR	15. 7. 22. 7.	Studijní pobyt
Mgr.E.Szumiejko	PLR	1. 3. 7. 3.	Konzultace - stelární oddělení
Dr.Šustov	SSSR	28. 6. 2. 7.	Reciprocita
Ing.A.Tomič	Jugoslávie	6.12. 11.12.	Studijní pobyt
Dr.Tutukov	SSSR	28. 6. 4. 7.	Reciprocita
Dr.R.Tylenda	PLR	11.10. 8.11.	Reciprocita
Dr.Wenzel	NDR	28. 6. 3. 7.	"
Dr.S.Yumi	Japonsko	3. 9. 8. 9.	Konzultace - odd. dynamiky sluneční soustavy

Sestavil M. Šidlichovský

REDAKCI DOŠLO

Redakci Kosmických rozhledů docházejí občas materiály, které se poněkud vymykají stylu příspěvků uveřejňovaných v našem věstníku. Protože z redakční praxe vyplynulo, že existuje určitý okruh čtenářů, kteří si podobné příspěvky rádi přečtou, rozhodli jsme se takové stati publikovat v rubrice Redakci došlo.

redakční kruh Kosmických rozhledů

Pravděpodobnost setkání sluneční soustavy s jinou stálicí

Takovéto setkání by mělo neblahé následky především ve značné změně planetárních drah. Jaká je asi jeho pravděpodobnost během celé existence sluneční soustavy, tedy cca 5.10^9 let?

Do vzdálenosti 17 světelných let, tedy $1{,}61.10^{14}$ km je včetně Slunce 45 stálic, počítáme-li z dynamických důvodů dvojhvězdy a vícenásobné systémy za stálici jedinou /RH IX/76 str. 180/. Na jednu hvězdu či hvězdnou soustavu připadá prostor $3{,}87.10^{41}$ km^3. Jaká je pravděpodobnost, že se některá stálice přiblíží na vzdálenost Pluta, tedy 39,5 AU čili $5{,}91.10^9$ km?

Průměrná radiální rychlost stálic je 30 km/s. Vezmeme-li v úvahu ještě složku kolmou na směr radiální, vyjde nám při zcela nahodilém rozptylu směrů rychlostí 47 km/s.

Při výpočtu bychom se nikam nedostali, kdybychom považovali Slunce za stojící a stálice za pohyblivé. Úloha je však řešitelná, když situaci obrátíme, t.j. pohyblivé Slunce a stojící stálice. Opišme kol Slunce kruh o poloměru $5{,}91.10^9$ km. Za 1 s projdou tímto kruhem o ploše $1{,}096.10^{20}$ km všechny body obsažené ve vrstvě 47 km silné, čili v prostoru o objemu $5{,}15.10^{21}$ km. Pravděpodobnost setkání sluneční soustavy se stálicí se bude rovnat 1, až tímto kruhem projde objem prostoru připadající na jednu stálici, tedy $3{,}87.10^{41}$ km^3. Vyjde nám $7{,}51.10^{19}$ s čili $2{,}38.10^{12}$ let, tedy asi 476 kráte více nežli je předpokládaný věk sluneční soustavy. Výpočet je zatížen nejistotou z naší neznalosti průměrné hustoty stálic v oblastech, jimiž v minulosti Slunce procházelo. V některých dobách - při průchodu hvězdokupou - mohla být tato hustota o dva i tři řády vyšší, ale na druhé straně takový průchod mohl trvat řádově 10^6 let, takže i 50 průchodů by zvýšilo pravděpodobnost blízkého setkání sotva o 1 %. Rozšíříme-li však hranici, do níž by neměla jiná stálice vstoupit, bude situace vypadat poněkud jinak. Ve vzdálenosti 21,8 krát větší, než je vzdálenost Pluta, /čili cca 682 AU/by již byla pro dobu 5.10^9 let pravděpodobnost rovná 1. Někde v této vzdálenosti se hledá tzv. Oortův oblak komet. Má-li provázet sluneční soustavu po celou dobu její existence, mohl být již postižen blízkým průchodem stálic a ve vzdálenostech o řád větších by byl eventuelní mrak kometárních jader dávno rozmetán do vesmíru. Na druhé straně přímý zásah planety nebo Slunce jinou stálicí je asi o deset řádů méně pravděpodobný. I tak těsné přiblížení dvou hvězd, jaké vyžaduje Jeansova hypothesa, by se v celé Galaxii uskutečnilo jen několikrát za miliardu let. Když by takto měly vznikat planetární systémy, byla by jich v celé Galaxii řádově asi stovka. Ani vlastní gravitace hvězd nezvyšuje příliš pravděpodobnost bližšího nebo vzdálenějšího setkání, neboť vlastní rychlosti stálic jsou poměrně značné, přibližně desetkráte větší nežli oběžná rychlost Pluta. Proto ve výpočtu nebylo k tomuto efektu přihlíženo, neboť by zvýšil pravděpodobnost setkání jen o několik procent. Přiblížení stálice na vzdálenost Pluta by postihlo především vnější planety, pokud by se dostaly dosti blízko. Došlo by ke změnám sklonu drah, excentricity, a mohlo by dojít i k vyhození planety do světového prostoru. Náš planetární systém je celkem dosti souměrný a spořádaný. Jsou zde však odchylky ve sklonech drah některých těles a pak odchylka ekliptiky od roviny slunečního rovníku /cca 7°/, což by při dnešních představách o vzniku sluneční soustavy nemělo být. Nenašlo by se vysvětlení těchto anomálií přece jen v nějaké takové události? Tedy ve vzdáleném setkání s některou stálicí, nejspíše s hvězdným trpaslíkem, kterých je nepoměrně více.

V. Šustr

PŘEČETLI JSME PRO VÁS

Osidlování vesmíru

Časopis Pacifické astronomické společnosti Mercury /vol.3,1974, str. 5/ uveřejnil rozhovor svého redaktora R.Reise /dále zkr. R:/ s profesorem Gerardem K. O'Neilem /dále O'N:/ z Laboratoří vysokých energií na Princetonské universitě. Zkrácený volný překlad tohoto interview dnes uveřejnujeme.

R: Jaký je rozdíl mezi vesmírnou stanicí a kolonií?

O'N: Jde tu ve skutečnosti o otázku kolonie, která je schopná se trvale uživit. Kolonie něco produkuje, pěstuje všechny své potraviny a obnovuje všechny suroviny. Je schopná se uživit bez jakékoliv pomoci zvnějšku. Vesmírná stanice je podobná automatické stanici, kterou je třeba podporovat.

R: To přirozeně vede k základní otázce: "Proč máme jít do vesmíru a budovat tam takové kolonie?"

O'N: Hlavním důvodem je produktivita. Jedním z nejvážnějších problémů, před nímž dnes svět stojí, je, že velká část lidstva žije v hluboké bídě a na pokraji hladu. Nezdá se, že by se situace zlepšovala s časem, poněvadž pomalý přírůstek množství potravin, jehož se dosáhlo v nejchudších oblastech světa, stačí pouze k tomu, aby se zvládl přírůstek populace. Pro tyto země není žádná cesta, jak dosáhnout prudkého vzrůstu bohatství, jenž by mohl zvednout úroveň vzdělání a životní standard na úroveň, kdy lidé sami chtějí regulovat porodnost. Tato skutečnost běžná v bohatých zemích se doposud nevžila v chudých oblastech. Zdá se, že jedinou cestou, jak zvládnout tento problém, je získat obrovské prostředky, které by byly dostupné všemu lidstvu.

Další problém je energie. Kolonizace vesmíru nabízí prakticky neomezené zdroje energie, která je čistá a nic nestojí. Jiná otázka, která se stala aktuální v posledním desetiletí, je, že růst produktivity se nyní blíží ke své hranici. Touto hranicí je i skutečnost, že nový průmysl zasahuje různými způsoby do životního prostředí. Zdvojnásobíme-li produkční schopnost průmyslu, má to skoro vždy nežádoucí vlivy na prostředí.

Hlavní předností vesmírných kolonií je fakt, že všechny uvedené problémy lze řešit současně. Budeme mít neomezený zdroj energie. Budeme mít možnost exponenciálního růstu, jenž bude bez hranic, přinejmenším na mnoho století /tento závěr je asi příliš optimistický, neboť už při dvouprocentním ročním růstu produkce energie by se její spotřeba za dvě tisíciletí blížila zářivému výkonu celého Slunce; pozn. překl./ a přitom se bude produkovat tak mnoho nových prostředků, že se zlikviduje problém bídy.

R: To je jistě nadějná perspektiva a později se vrátíme k větším detailům. Nyní ale dovolte otázku: "Kam byste umístil takovou kolonii?"

O´N: Skoro kamkoliv do dostatečné vzdálenosti od Země a od Měsíce, aby nedocházelo k častým zatměním. Současně by ale měly být dostatečně blízko k Zemi a Měsíci, aby spojení nebylo obtížné /alespoň v případě prvých kolonií/. Jednou možností - ale ne jedinou - jsou Lagrangeova librační centra L4 a L5, která jsou stejně vzdálena od Měsíce a od Země. Jsou to stabilní oblasti, kde kolonie zůstane navždy bez jakýchkoliv dodávek raketového paliva.

R: Předpokládám, že jste měl na mysli kolonie budované po etapách během dlouhého časového údobí. Jaké budou rozměry a tvar prvé kolonie?

O´N: Prvá kolonie by mohla být asi tisíc metrů dlouhá při průměru několika set metrů. Mohly by to být dva rotující válce v prostoru, jež by se otáčely v opačných směrech. Doba rotace by byla kolem 20 s a mohly by být spojeny velmi lehkou konstrukcí. Další důležitý prvek je rozčlenění. Válec by mohl být rozdělen do šesti oblastí, z nichž tři jsou průzračné a tři neprůhledné. Neprůhledné oblasti jsou zemědělské plochy. Lidé by žili uvnitř, sklízeli úrodu, byli by zaměstnáni v průmyslu atd. Plochy oken budou "normálně" ozařovány slunečním světlem, čehož se dosáhne vhodným uspořádáním rovinných zrcadel, která umožní Slunci, aby bylo na "obloze" tak dlouho, jak se sluší a patří. Změnou postavení těchto zrcadel /což bude vyžadovat jen velmi málo energie/ bude možné "přinutit Slunce, aby se pohybovalo po obloze", čímž bude možné simulovat délku dne a roční období.

R: Z čeho se budou kolonie sestavovat?

O´N: Abychom si počínali ekonomicky, bude nutné kolem 95 % materiálu získat z Měsíce. Přírodní materiály, které se použijí v prvé kolonii, budou hliník a sklo, protože povrch Měsíce je bohatý jak na aluminium tak i na silikáty. 80 % měsíčního materiálu je právě "půda" a skály, které bude možné použít jako základnu zemědělské produkce. Kolem 2 % by muselo být dopraveno ze Země. Budou to ale opravdu nezbytná 2 %, protože polovina tohoto množství bude tekutý vodík, který necháme sloučit s kyslíkem /jehož je na Měsíci dost/, abychom získali vodu. I zbývající materiály ze Země budou nezbytné. Budou to složité mechanismy pro stavbu, potraviny pro počáteční práce a řada speciálních výrobků, které by nebylo ekonomické vyrábět ve vesmíru.

R: Bude tento návrh vyžadovat nových řešení a nové techniky?

O´N: V celém projektu, který se začal vytvářet před pěti lety, se vyžadovala taková disciplina, aby byl uskutečnitelný s technikou roku 1970. Nevím o ničem, co by vyžadovalo novou technologii. Vyžadovaly by se však nové nástroje a nové postupy. Není to však, pro ilustraci, tak vzdálené jako řízená termonukleární reakce, jež je problémem, který bude vyžadovat zcela novou techniku. Na kolonizaci vesmíru není nic, co by nebylo možné uskutečnit.

R: To je velmi důležité. Jaké prostředky by, podle vašeho odhadu, byly třeba na první kolonii?

O´N: Mohli bychom ji udělat přibližně za cenu projektu Apollo.

R: Kolik lidí by žilo v této kolonii?

O'N: Snad kolem 10 000.

R: Co by dělali?

O'N: Tvrdě by pracovali, budujíce Model číslo 2, který by měl být desetkrát větší.

R: Druhou kolonii?

O'N: Ano, museli by se však, samozřejmě, zabývat i zemědělstvím kvůli obživě obyvatel kolonie.

R: Bylo by obyvatelstvo prvé kolonie převážně z dospělých lidí?

O'N: To je zajímavá otázka. Nejnižší věk kolonistů by byl kolem 10 let. Rád bych věřil, že už v prvé kolonii by byla rozumná směs mužů, žen a dětí.

R: Kdy mohou dnešní desetileté děti očekávat, že budou mít šanci stát se obyvateli kolonie?

O'N: Vezmeme-li v úvahu všechno, myslím, že bychom mohli očekávat první provozuschopnou kolonii někdy v osmdesátých letech; snad, dejme tomu, 1986.

R: Tak brzy?

O'N: Ano; při maximálním úsilí.

R: Mohl byste detailněji popsat životní a pracovní podmínky ve vesmírné kolonii?

O'N: V prvé kolonii by se začínalo spartánsky. Nebyly by žádné přepychové podmínky plánované pro další stanice. Kolonie by pravděpodobně měla životní podmínky 2 - 3 podlažního obytného domu. Dále by zde byla půda potřebná pro zemědělskou produkci. Úroda by rostla nepřetržitě. V prvé kolonii by se pravděpodobně nestřídala roční období. Domnívám se, že by zde mohlo být permanentní léto, poněvadž toto období je optimální pro růst úrody. Nikdo by si nemohl dovolit přepych v podobě "zahrádky" věnované trošce rostlin, stromů apod. Avšak přesto by se i v této vesmírné kolonii podmínky podobaly poměrům na povrchu Země mnohem víc, než tomu je v současných stanicích nebo kosmických lodích. Např. by zde existoval denní pohyb Slunce. Zrovna tak by zde byla normální "přitažlivost" zajišťovaná rotací kolonie cylindrického tvaru. Existovala by zde i některá rekreační zařízení. Bylo by se např. možné opalovat nebo plavat v bazénu. Mohly by zde dokonce být bazény s nízkou gravitací /blízko rotační osy, pozn.překl./, např. desetina g, kde byste mohli potopit plovoucí desku a udržet ji pouhým "šlapáním vody" určitou dobu ponořenou. Byly by zde pochopitelně obchody, knihovny, divadla apod. - jako na Zemi.

R: Jaké jiné sporty by zde bylo možné provozovat?

O'N: Mohlo by se zde létat vlastními silami, jako Ikaros. Ve vesmírné kolonii by to bylo přirozené, protože kdyby se takový aeronaut nalézal blízko rotační osy, byla by působící síla tak malá, že by prakticky jakýkoliv lidskou silou ovládaný samolet /který je téměř, ale ne zcela možný na Zemi/ fungoval úplně normálně.

R: To zní trochu jako žert.

O'N: Máte pravdu, bylo by z toho hodně žertů a dalo by to hodně práce.

R: A co si myslíte, že bude potom? Co lidé, kteří budou pracovat na modelu č. 2?

O'N: Pojďme raději přímo k modelu 4, protože model č. 2 bude právě desetinásobkem modelu 1, možná se 100 000 lidmi na palubě. Bude zde však stále velmi husté zalidnění. Model 4 by mohl existovat v prvých několika dekádách příštího století, kdy bude možné si dovolit přepych rovnající se snížení hustoty osídlení na setinu pozemské horní meze. Kolonie vybudované podle modelu 4 budou odpovídat velmi příjemným životním podmínkám. Výše uvedené válce budou 20 - 30 km dlouhé a bude zde přes 100 km² zemědělské plochy. Lidé by mohli žít v podmínkách individuálních domů, kterých by na km² nebylo mnoho. V obytných válcích by nebyly žádné "zemědělské" oblasti, neboť obilí apod. by se pěstovalo jinde.

R: Nyní bych se rád zeptal na něco z ekonomiky. Prvá kolonie bude vyžadovat investici kolem 30 miliard dolarů. Jak to ale bude s dalšími koloniemi?

O'N: Domnívám se, že úvahy tohoto druhu jsou už pro model 2 tak spekulativní, že je předčasné odhadovat náklady. Nemá smyslu mluvit v pojmech z roku 1970, když k realizaci dojde 1995 - 2000. Rád bych věřil, že model 2 bude vybudován za stejnou cenu jako model 1 i když bude desetkrát větší. Proto snad už v prvých dekádách příštího sto letí bude levnější žít a pracovat ve vesmírné kolonii než zůstat na Zemi. Během 30 - 40 let bude snad 90 % lidstva žít ve vesmírných koloniích. Zvolí-li lidstvo tuto cestu, bude potom žít na Zemi méně lidí než dnes. Je několik důvodů pro tato tvrzení: 1. Sluneční energie bude levná. 2. Cestovní vzdálenosti budou malé. Každý bude muset cestovat nanejvýš 20 - 30 km. Přitom víme, že na Zemi spotřebuje značnou část energie právě rozdělovací systém /zejména doprava/. 3. Nákladní doprava může být ve vesmíru levnější než na Zemi, poněvadž používané materiály by mohly být i z planetek. Doprava by se mohla uskutečnit v kontejnerech s hmotností deseti a více miliónů tun /což je ekvivalent největších pozemských lodí pro dopravu ropy/.

R: Jinými slovy: je to levnější letět až do pásu planetek pro stavební materiál než si jej přivézt ze Země?

O'N: Myslím, že ano. Pokusil bych se to objasnit analogií. Všichni víme, že na zemském povrchu je nejlevnější doprava po vodě. Problém je jenom v tom, že vodní doprava musí probíhat mezi dvěma pobřežími. Ve vesmíru je však libovolná dráha cestou "mezi pobřežími", takže kosmická loď se může pohybovat tam, kde lze získat potřebný materiál.

R: Závisí váš program na množství lidí, kteří se ho budou ochotni zúčastnit?

O'N: Nedomnívám se, že by v této oblasti mohly vzniknout nějaké problémy. Mnozí lidé, s nimiž jsem o tom mluvil, řekli, že jsou ochotni se už nyní akce tohoto druhu zúčastnit a to dokonce i bez předběžné znalosti detailů. Navíc můžeme uvést analogie z minulosti. Kdykoliv vznikla situace, když lidé měli dobré pracovní příležitosti, šli na nová často neatraktivní místa /např. do důlních oblastí/ a vzali své rodiny s sebou. Nyní se zmíním o důvodech, proč by mohly být za padesát let lepší pracovní příležitosti v koloniích než na Zemi. Bude se tam totiž ekonomičtěji vyrábět a navíc životní podmínky budou lepší než skoro všude na Zemi. Z obou těchto důvodů se domnívám, že velká většina lidí bude chtít přesídlit do vesmírných kolonií.

R: Kdy jste poprvé dospěl k ideji o vesmírných koloniích?

O'N: Nejdřív to přišlo jako vtip. Bylo to snad 1969 nebo 70. Měl jsem tehdy dvojitý pedagogický úvazek v Princetonu. Přednášel jsem fyziku 320 studentům - nováčkům v tomto oboru. Abych nevypadal jako blázen, navrhl jsem to mezi několika zlepšeními v přednáškách. Jedním z nich bylo, že jsem založil seminář pro 5 - 10 lidí. Jeho téma bylo "Lze rozumným způsobem budovat obydlí ve vesmíru pomocí současné techniky?"

Upřímně řečeno nevím proč, ale probírali jsme tyto problémy a jednoho dne jsme se do toho pustili se studenty, kteří přicházeli s otázkami i s odpověďmi na ně. Se mnou se stalo to, co se často stává tvrdě pracujícím vědcům. S něčím stále počítáte a domníváte se, že dospějete k šílenému závěru; kromě něj však naleznete i rozumné myšlenky. Stokrát znovu začnete a mnohé vychází správně; znovu se vzchopíte a zopakujete výpočty podrobněji a opět to vychází. To by tak byla stručná charakteristika toho, co jsem stále vážněji dělal posledních pět let.

R: Jak vážně to berete nyní?

O'N: Velmi vážně. Chci se do toho pustit velmi tvrdě, což už vůbec neberte jako vtip.

Pozn. překl.: I když články s nádechem futurologie nemají v Kosmických rozhledech v podstatě žádnou tradici, domnívám se, že tento rozhovor je užitečný. Prof. O'Neil si dal jako první termín polovinu osmdesátých let. Zkuste si poznamenat toto datum a vyhledejte za deset let toto číslo našeho věstníku. Leccos se jistě nesplní, ale mnohé bude možná vývojem překonané. To však už je osud všech futurologických teorií. Vzpomeňte si jen, jak se někteří lidé ještě po vypuštění prvého sputniku dívali skepticky na otázky letů lidí do kosmického okolí Země /nemluvě už o letech lidí na Měsíc/. Přeci však stačilo 5 let a prvý člověk obletěl Zemi; neuběhlo ani celých 12 let a první lidé chodili po Měsíci. Budování vesmírných kolonií je pro nás dnes stejně fantastické jako byla myšlenka na přímé studium měsíčních hornin v době, kdy jsme z rozhlasu slyšeli pípání prvé družice. Dnes už vývoj raketoplánů značně pokročil a je značně pravděpodobné, že to, čemu se dnes obdivujeme, se stane v příštím desetiletí běžnou rutinou. Divit se potom budeme muset něčemu úplně novému. A proč by to nakonec nemohla být prvá vesmírná kolonie?

- přeložil P. Andrle -

NOVINKY Z ASTRONOMIE

Britská observatoř na severní polokouli

Britští astronomové jsou dobře vybaveni pro pozorování na jižní polokouli. Mají Schmidtovu komoru o průměru 125 cm /třetí největší na světě/ na observatoři Siding Springs v Austrálii a mají padesátiprocentní podíl na čtyřmetrovém dalekohledu /průměr zrcadla 399 cm/ téže observatoře, a mohou hostovat na Jihoafrické observatoři v Sutherlandu - na tu byly přemístěny reflektory z Pretorie /zrcadlo 188 cm/ a z Kapského Města /zrcadlo 102 cm/. Nemají však srovnatelné observační možnosti na severní polokouli, především proto, že pro špatné klima není vhodné budovat velké observatoře na britských ostrovech. Britský výbor pro vědu proto před několika lety rozhodl o zřízení observatoře na klimaticky výhodném místě na severní polokouli. Jako velmi slibný byl vybrán vrchol Fuente Nueva, nadmořská výška 2366 m, na ostrově La Palma /Kanárské ostrovy/ v zeměpisné šířce 28°. Zatím se ukazuje, že 75 % nocí bude použitelných pro spektroskopii, a více jak 50 % pro fotometrii. Seeing je vynikající, v jedné třetině nocí je průměr obrazu menší než 1". Výstavby observatoře se pravděpodobně zúčastní i Dánsko, Holandsko, Švédsko a Španělsko /jemuž Kanárské ostrovy patří/. Podle původních plánů měl mít hlavní teleskop zrcadlo o průměru 450 cm, zjistilo se však, že podstatně levněji lze získat disk jen o málo menší, totiž o průměru 420 cm. Teleskop bude na azimutální montáži a bude umístěn v kopuli shodné s kopulí čtyřmetrového teleskopu v Austrálii - to obojí opět znamená zlevnění stavby. Dalším přístrojem observatoře bude dalekohled Isaaca Newtona, který je dosud v Herstmonceux. U tohoto přístroje se nahrazuje dosavadní pyrexové zrcadlo za poněkud větší zrcadlo zerodurové - průměr disku je 259 cm, účinný průměr 254 cm. Vzhledem k odlišné zeměpisné šířce bude musit být trochu upravena i montáž stroje. Konečně se pro novou observatoř počítá i s reflektorem o průměru 1 m. Má vykreslit pole průměru 1,5° a používal by se pro fotometrii a astrometrii. Všechny teleskopy budou řízeny samostatnými počítači a naváděny pomocí televizních systémů. Oba menší dalekohledy by měly být v chodu do konce roku 1979, největší stroj však bude hotov až po roce 1982. Připravuje se již i příslušenství dalekohledů. Předpokládá se, že vedle Královské Greenwichské observatoře - která má veškerou výstavbu Severní britské observatoře na starosti - bude řada přístrojů zhotovena i na jiných, zejména univerzitních pracovištích.

P. Mayer

Další útvary na Venuši

Campbell, Dyce a Pettengill uveřejnili v září 1976 nové výsledky z radarového výzkumu planety Venuše. Byly získány novou aparaturou na známé observatoři v Arecibo. Pozorování byla prováděna kolem dolní konjunkce Venuše se Sluncem. Velmi výkonný vysílač pracoval na vlně 12,6 cm. Doba příchodu odrazů, jejich intenzita a frekvence byla měřena třistametrovou anténou a pobočnou třicetimetrovou anténou ve vzdálenosti 10 km od hlavní. Systém pracuje jako interferometr, který umožňuje jemnější rozlišení útvarů na povrchu - a to až do 22 km ve vyšších planetografických šířkách. Autoři se zmiňují o detailním studiu větších útvarů, které nebyly známy z předchozích sondáží, neboť ty zahrnovaly jen oblasti mezi ± 40° šířky. Záznam z nové sondáže ukazuje na 0° délky a v šířce mezi +60° až +70° oblast s vysokou odrazivostí, pro kterou je navržen název Maxwell. Jde patrně o mladší útvar, kde radarová technika nezaznamenává svahy typické pro oblast pokrytou krátery. Místo toho ukazuje značně drsnou krajinu pokrytou rovnoběžnými brázdami délek několika set kilometrů. Je to tedy povrch, jaký by měl případný lávový proud. Také na Zemi bychom nalezli podobné útvary co do velikosti, která se zde rovná ploše Francie. Jsou však zakryté sedimenty. Útvar mohl vzniknout jen endogenními procesy a nasvědčuje vulkanickým procesům na Venuši, což je v dobrém souhlasu s výsledky Veněry 9 a 10. Západně od Maxwella je další zajímavá oblast rozměrů 1600 km od severu k jihu a téměř 1000 km v rovnoběžkovém směru. Na obrazovém záznamu se jeví temná se světlejším lemováním. Jde pravděpodobně o rozsáhlou pánev a světlý lem je zřejmě tvořen příkrými valy. Na jih od světlého lemu je poněkud méně světlá oblast, kterou autoři považují za plochu pokrytou vyvrženinami z pánve. Soudí, že celek je zřejmě útvarem podobného charakteru a vzniku jako měsíční moře /nebo spíše pánve typu Mare Orientale/. K tomu by se dalo dodat, že podobné oblasti "vyvrženin" se na obrazovém záznamu zřetelně ukazují i východně a západně od pánve. Ze vzhledu oblasti se zdá, že jde o celý komplex navzájem souvisejících struktur - pánev a její okolí. Tento komplex zahrnuje zřejmě také už zmíněný útvar Maxwell. Autoři soudí, že jde o výsledek tektonické nebo horotvorné aktivity, a to poněkud jiného druhu, než je pozemská.

Dodejme, že radarové mapování Venuše dospělo k jemnějším podrobnostem už v roce 1974. Tehdy při výzkumu v Goldstone, jež prováděl Rumsey se spolupracovníky, byly zachycovány i desetikilometrové detaily a dvěstěmetrové výškové rozdíly. Šlo však pouze o oblast v okolí rovníku. V rovníkové oblasti byly zachyceny krátery od průměru 35 km výše, hloubek jen několika set metrů. Oblast se obecně jevila dosti plochá. První radarová mapa Venuše byla sestavována v Lincolnově laboratoři od roku 1967 - práce byla uveřejněna roku 1969. Rozlišení se tehdy pohybovalo kolem 150 km.

P.Příhoda

ORGANISAČNÍ ZPRÁVY

Zpráva o zasedání ÚV ČAS, konaného dne 17.12.1976

Ústřední výbor se sešel v počtu 29 členů a jeho jednání řídil předseda ČAS při ČSAV dr. V. Letfus, CSc. Předmětem jednání bylo zhodnocení činnosti ČAS při ČSAV v roce 1976. Byly projednány a schváleny tyto zprávy: o činnosti poboček, o činnosti sekcí, o hospodaření v r. 1976, zpráva ústřední revizní komise a zpráva o činnosti předsednictva a sekretariátu. Byly zkontrolovány úkoly a usnesení z minulého zasedání ÚV. Zasedání se zabývalo dalšími problémy ekonomickými a organizačními. Podrobný zápis o zasedání je k nahlédnutí v sekretariátu ČAS.

V roce 1976 došlo k značnému přírůstku členů. Stav se zvýšil z 556 na 630, tj. o 76 /o 13 %/. Charakteristická pro rok 1976 je rostoucí spolupráce mezi pobočkami ČAS a hvězdárnami a planetárii. Došlo k úzkému kontaktu a spolupráci poboček se sekretariátem. Tradičně dobrá byla v roce 1976 vzdělávací činnost poboček a odborná činnost sekcí a potěšitelné je zaměření této činnosti na mládež a její účast na práci poboček a zejména některých sekcí.

Negativním jevem je příspěvková morálka členů. Přes zlepšení nemá zaplacené příspěvky 95 členů a to převážně z období před rokem 1976.

Kosmické rozhledy budou nadále informovat členy o všech zasedáních ústředního výboru a předsednictva.

O. Hlad

Panelová diskuse o popularizaci astronomie

V sobotu 27. listopadu 1976 uspořádala v sále Hvězdárny a planetária M. Koperníka v Brně redakční rada Kosmických rozhledů panelovou diskusi o popularizaci astronomie. Podnětem k uspořádání této akce byl příznivý ohlas na panelovou diskusi, která se konala před čtyřmi roky v Praze a rovněž zdařilý diskusní večer o popularizaci astronomie, zorganizovaný pobočkou ČAS v Brně v únoru 1974.

Brněnské diskuse red. rady KR se zúčastnili: Ing.J.Dykast /předs. pobočky ČAS v Teplicích/, Ing.M.Grün /Planetárium hl.m. Prahy/, Dr.J.Grygar, CSc. /předs. red. rady KR/, prof. O.Hlad /věd. sekretář ČAS/, Dr.T.B.Horák, CSc. /předs. pobočky ČAS v Brně/, Dr.Z.Horský, CSc. /předs. hist. sekce ČAS/, Ing.K.Jehlička /předs. elektron.sekce ČAS/, M. Lieskovská /sekretářka ČAS/, Ing.B.Maleček /řed. LH ve Val. Meziříčí/, Z.Mikulášek /vedoucí HaP MK v Brně/, A. Novák /řed. LH v Teplicích/, prof. J. Píšala /předs.pob.ČAS v Ostravě/, Dr.E.Pittich, CSc. /AÚ SAV v Bratislavě/, Z.Pokorný /člen red. rady KR/, Ing.P.Příhoda /výkonný red. KR/ a prom.fyz.M.Šulc /člen předsednictva ÚV ČAS/. Dále byli přizváni: M.Dujnič /stud. žurnalistiky v Bratislavě/, T.Fabini /redaktorka časop. Kozmos/, Ing.K.Pacner /redaktor deníku Mladá fronta/ a Ing.J.Pavlousek /ČTK/. Omluvil se Dr.P.Andrle, CSc. a Dr.P.Ambrož, CSc. z red. rady KR.

Jednání bylo započato Dr.Grygarem,CSc., který přednesl organizační poznámky a po příchodu Ing.Jehličky, který zajistil zvukový záznam diskuse, zahájil vedoucí dopoledního programu Z. Mikulášek vlastní pořad.

Prvním bodem diskuse byla otázka úrovně a rozsahu popularizace astronomie. Úvodní slovo přednesl Dr.J.Grygar CSc., načež následovala diskuse k tématu. Ta se na popud vedoucího velmi rychle rozproudila a samotné téma se ukázalo jako velmi rozsáhlé; diskuse se prakticky týkala jen jednoho problému. Díky rigorosnímu postupu vedoucího nedošlo k většímu časovému skluzu. Téma shrnul Dr.Pittich, CSc.

Po přestávce uvedl Dr.Grygar, CSc. druhé téma: osobnost popularizátora. Obsah diskuse trvající necelých 40 min. shrnul Z.Pokorný.

Odpolední program, vedený Ing.P.Příhodou, zahájil Dr.Grygar úvahou o "hitech, evergreenech a stojatých vodách popularizace". Poněvadž i vedoucí odpoledního programu dbal na přesné dodržení termínů, byla diskuse včas uzavřena shrnutím Dr.Horského, CSc.

Poslední částí programu byla diskuse o vztahu astronomie k příbuzným vědám, kterou uvedl opět Dr.Grygar. Shrnutí provedl prom.ped. O.Hlad. V této poslední části se diskuse přenesla do oblastí, ve kterých během doby, jež byla k dispozici, nebylo možno dojít k zásadním závěrům. Proto po formálním ukončení pořadu probíhala debata dále. Týkala se především uspořádání další panelové diskuse, pravděpodobně za dva roky, která by se zabývala vztahy mezi astronomií, exaktními a humanitními vědami.

Panelová diskuse byla zhodnocena jako zdařilá. Je třeba vysoce ocenit způsob, jakým byla uváděna jednotlivá témata, jejich shrnutí, i práci obou vedoucích diskuse. Poděkování patří rovněž Ing.K.Jehličkovi, jenž zabezpečil účelné uspořádání sálu a instalaci nahrávací techniky; zavedení reproduktoru na chodbu budovy umožnilo poslech diskuse nepozvaným zájemcům a vydávání instrukcí účastníkům v době přestávky. Vedoucímu brněnské hvězdárny Z. Mikuláškovi patří dík za poskytnutí prostoru.

Podrobný průběh diskuse, po přepsání magnetofonových záznamů, jež zajišťuje pobočka ČAS v Teplicích, bude publikován na stránkách Kosmických rozhledů.

M. Šulc

VESMÍR SE DIVÍ

Co slovo, to výbuch

"Kometa nebo kosmická loď.

V září jsme otiskli článek, který byl věnován snaze sovětských vědců rozluštit už téměř 70 let starou Tunguzskou záhadu. Že je této události z 30. června 1908 věnována v SSSR stále velká pozornost, svědčí i fakt, že jen v průběhu letošního roku publikovala sovětská agentura TASS tři hypotézy známých vědců, kteří se snaží odpovědět na otázku, co se tehdy vlastně odehrálo nad tunguzskou tajgou, poblíže osady Vanovara a řeky Podkamenná Tunguzka.

Také za letošního krátkého severského léta navštívily tuto oblast nejméně dvě expedice - z Tomské univerzity, vedené profesorem J.Lvovem, a z Kalinina, v čele s vědeckým pracovníkem Alexejem Zolotovem, kterého rovněž doprovázel zvláštní zpravodaj TASSu Sergej Bulancev. Jak sám Bulancev přiznává, stal se v průběhu této výpravy také zastáncem teorie Alexeje Zolotova, který tvrdí, že v tunguzské tajze došlo k jadernému výbuchu o energii 40 megatun. Zolotov však tuto hypotézu dovádí na základě svých pozorování do konce: když tedy tak ohromný jaderný výbuch /a na počátku století, kdy lidstvo nemělo o možnostech využití energie atomu ani tušení/, tak tedy muselo jít s největší pravděpodobností o explozi mimozemské kosmické lodi s jaderným pohonem...

Ve prospěch této teorie svědčí především zjištěná zvýšená radioaktivita ve stromech okolní tajgy, přesněji řečeno v letokruzích od roku 1908 výše, dále i fakt, že těleso letící z východu na západ bylo pozorováno až jako velmi jasně zářící těleso, zastiňující svou intenzitou i Slunce a navíc - mělo velice složitý, proměnný režim letu - tedy na rozdíl od komety /která by už musela být i tehdejšími prostředky zjištěna při letu k Zemi/ m a n é v r o v a l o ! K "jaderné" teorii se přiklání i americký vědec, laureát Nobelovy ceny prof. Libby, který zjistil zvýšené množství radioaktivity i ve stromech, vyrůstajících v té době na západním pobřeží Spojených států. Alexej Zolotov a členové jeho poslední expedice proto hledají další a snad definitivní důkaz o jaderné explozi. A to ve vzorcích věčně zmrzlé půdy, které podrobí důkladnému rozboru v laboratořích. Jeho hypotéza však bude mít i nadále řadu odpůrců. Už proto, že lidé neradi věří na návštěvy mimozemských civilizací.

/KL/ "

Svobodné slovo 13.11.1976

<u>Maximální proximum a jiné poudačky</u>

"Vesmír v obřím zrcadle.

Spatříme deset miliard let stará světla .... Vesmír je tak velký, že se jeho vzdálenosti měří zpravidla světelným časem.... Nejbližší hvězda Proxima Maxima je od nás vzdálena 4,3 světelného roku .... Projektování dalekohledu se šestimetrovým zrcadlem začalo v roce 1960. Ale jestliže se i daleko menší dalekohledy mohou při pozorování hvězd pohybovat jen v kolmém směru, projektovaný obr měl mít pohyblivost všemi směry.... Sovětská akademie věd vyslala šestnáct výprav do nadějných končin SSSR, měly vybrat nejvhodnější astroklima... Odborníci prošli krymské hory Pamir .... Aby změna tepla neovlivnila vlastnosti zrcadla za nočního pozorování, během dne se v prostorách pod kopulí nastolí v noci očekávaná temperatura. Čas od času se musí rub zrcadla pokovovat ve vzduchoprázdnu. Aby zrcadlo nebylo vytrhováno ze svého prostředí, na observatoři je vakuová komora, kde se šestimetrovému "oku" dalekohledu obnovuje skvělá dalekozrakost.... Největší dalekohled světa ..nepochybně pomůže rozluštit četné záhady vesmíru, se kterými si nevědí astronomové rady.

Jaroslav Maršálek "

Zemědělské noviny, 16.11.1976

Tyto zprávy rozmnožuje pro svou vnitřní potřebu Československá astronomická společnost při ČSAV /Praha 7, Královská obora 233/. Řídí redakční kruh: vedoucí redaktor J.Grygar, výkonný redaktor P.Příhoda, členové P.Ambrož, P.Andrle, J.Bouška, Z.Horský, M.Kopecký, P.Lála, Z.Mikulášek, E.Pittich, Z.Pokorný, M.Šidlichovský.
Technická spolupráce: M.Lieskovská, H.Kellnerová.

Příspěvky zasílejte na výše uvedenou adresu sekretariátu ČAS. Uzávěrka tohoto čísla byla 24.12.1976.

ÚVTEI - 72113