

KOSMICKÉ ROZHLEDY

NEPERIODICKÝ VĚSTNÍK ČESKOSLOVENSKÉ
ASTRONOMICKÉ SPOLEČNOSTI PŘI ČSAV

PŘÍ

1

M.Kopecký

Astronomické pětiletky

I základní vědecký výzkum u nás vypracovává své pětileté plány a skládá z nich účty. Bylo tomu tak tedy i astronomii, kdy koncem r.1970, na přelomu dvou pětiletek, bylo třeba vypracovat přehled výsledků astronomického výzkumu v minulé pětiletce, t.j. v letech 1966-1970, a plán výzkumných prací na příští pětiletku, t.j. na léta 1971- 1976. Domníváme se, že naši širší astronomickou obec bude jistě zajímat, jakých výsledků dosáhla naše profesionální astronomie v uplynulých pěti letech a jaké plány má do budoucna.

V minulé pětiletce byl celý astronomický výzkum shrnut pod jediný úkol s názvem "Astronomický výzkum", jehož koordinátorem byl v prvních letech dr. Blaha a od r. 1968 autor článku. Celý tento úkol se rozpadal na dílčí úkoly, jejichž počet se v jednotlivých letech pohyboval mezi 15 a 18, a na jeho plnění se podílelo celkem 6 pracovišť, a to : Astronomický ústav ČSAV v Praze a Ondřejově, Astronomický ústav SAV na Skalnatém Plese a v Bratislavě, Astronomický ústav Karlovy university v Praze, Astronomický ústav University Purkyně v Brně, Observatoř astronomie a geofyziky ČVUT v Praze a Observatorium SVŠT v Bratislavě.

Výsledky tohoto výzkumu byly shrnuty ve zprávě koordinátora, z níž v dalším uvádíme ty části, které podle jednotlivých oborů shrnují nejpodstatnější výzkumy a výsledky a stručný výtah z těch částí zprávy, v nichž je dokumentováno mezinárodní ocenění výsledků astronomického výzkumu u nás.

Slunce. V roce 1966 jsme spoluorganizovali velmi úspěšný mezinárodní Projekt protonových erupcí, který podstatně přispěl k dokonalejšímu poznání těchto jevů. Během dalších let byly odkryty zákonitosti ve výskytu protonových erupcí co do polohy na slunečním disku (v komplexech aktivity), v závislosti na fázi slunečního cyklu a v závislosti na charakteru vývoje aktivní oblasti. Byla dokázána výrazná závislost účinnosti protonových erupcí vůči Zemi na jejich poloze na slunečním disku. Byla též stanovena fáze urychlování částic v erupci a podáno vysvětlení spojitého záření erupcí. Byla dále odvozena souvislost mezi pozorovanými charakteristikami protonových erupcí v chromosféře a koruně.

Bylo dokázáno, že existují nejméně tři rozdílné systémy konvektivních elementů ve sluneční atmosféře, úzce související s rozložením magnetického pole, a že projevy sluneční aktivity se rozvíjejí na hranicích elementů těchto systémů. Byla prokázána existence aktivních délek na Slunci a jejich souvislost

s komplexy aktivity a s hranicemi sektorů meziplanetárního magnetického pole. Dále byla dokázána časová proměnnost celkového záření Slunce ve světle ionizovaného vápníku. Bylo ukázáno, že supergranule jsou protažené ve směru rotace Slunce a že jejich rozměr vzrůstá jak v období maxima cyklu tak s rostoucí aktivitou oblasti.

Byla nalezena velká intenzita magnetického pole v právě vzniklých malých skvrnách a podobnost kinematiky takovýchto skvrn s kinematikou intergranulárního prostoru. Podobně byla ukázána důležitost Joulovské disipace magnetických polí pro vývoj některých útvarů ve sluneční atmosféře. Zpřesněných výsledků bylo dosaženo při výpočtech elektrické vodivosti ve skvrnách a ve sluneční atmosféře.

Bylo podáno vysvětlení oscilací temných filamentů a vypracován model zachycování protuberanční plazmy v příčných magnetických polích. Bylo ukázáno, že úpatí filamentů jsou zatkována v průsečících supergranulí.

Byla studována srážková excitace iontů izoelektronových řad BI, CI a SiI a analyzována účinnost ionizačních a rekombinačních procesů v koronálních podmínkách. Studován byl také výskyt čar CA XV ve sluneční koruně a vývoj koronálních kondenzací v čáře 5303 Å. Podruhé v historii byla mimo zatmění pozorována koronální emisní čára AXIV.

Bylo dokázáno, že frekvence vznikání skupin skvrn a jejich mohutnost mají různé zákonitosti periodicity. Zevrubně analýze byla podrobena Babcockova teorie periodicity sluneční činnosti.

Ze statistického rozboru pozorovacího materiálu vyplývá, že východo-západní asymetrie korony je menší než pozorovací chyby a že tatáž asymetrie skvrn je závislá na fázi cyklu a je mimo jiné vyvolávána vlivem sluneční činnosti na pozorovací podmínky a psychologickým efektem.

Byly zkonstruovány dva rádiové spektrografy v pásmu 50-210 MHz, jeden z nich pro observatoř v Irkutsku, a dva nové koronografy, jeden z nich pro observatoř v Catanii. Byl vybudován nový otáčivý spektrograf a před dokončením je magnetograf.

Od r.1969 se aktivně podílíme na výzkumu rentgenového záření Slunce ze sovětských družic, konstruovaných v programu INTERKOSMOS. Naše zařízení registruje X-záření na čtyřech kanálech různých energií.

Meziplanetární hmota. Fotograficky byl získán nový komplexní pozorovací materiál o meteorech, zatím nejlepší dostupný toho druhu ve světě (zvláště spektra meteorů a disperzí až 11 Å/mm). Poprvé byl získán systematický fotografický materiál o bolidech v evropské síti celoblohových kamer, navržené a organizované Ondřejovskou observatoří. To vedlo k teoretickému vysvětlení průchodu velkých těles ovzduším, k určení vztahu bolid-meteorit, k objevu molekulárních emisí ve světle meteorů, k objevu 3 skupin meteorů podle struktury a složení a k vysvětlení vzniku radarové čelní ozvěny, zakázané kyslíkové čáry 5577 Å a dlouhotrvajících stop meteorů. Radarová pozorování vedla k novým poznatkům o struktuře řady meteorických rojů. Teoreticky byl předpověděn bohatý návrat roje Leonid 1965 a 1966, což bylo potvrzeno radarovými pozorováními v Ondřejově.

Zjistila se existence pásma komet mezi drahami Jupitera a Saturna a jeho vztah k meziplanetární hmotě v oblasti vnitřních planet, dvě rodiny asteroidálních meteorů s odlišnými vývojovými cestami a jejich fyzikální rozdíly oproti kometárním rojům, vláknitá struktura meteorických rojů a relativní rychlosti jejich členů. Prozkoumal se vztah mezi rozptýlenými meteorickými roji a sporadickými meteory s odvozením metod na jejich odlišení a možné zdroje hyperbolických meteorů. Určila se frekvence náhlých výbuchů komet a jejich prostorové vymezení. Zjistila se výrazná asymetrie vnitřního okraje pásma asteroidů.

Bylo ukázáno, že jádra komet obsahují víceatomové molekuly, které za normálních tlaků a teplot jsou velmi nestabilní, avšak v meziplanetárním prostoru podléhají disociaci teprve při značném přiblížení k Slunci.

Byla vypracována původní metodika výpočtů krátkoperiodických poruch drah družic a použita na zpřesňování působení odporu atmosféry a tlaku slunečního záření. Zvláštní zmínky zasluhuje vyjádření vlivu zemského stínu, které dovoluje praktický výpočet působení nespojitě rušivé síly. Podrobně byly též studovány vlivy tlaku záření odraženého od zemského povrchu a elektromagnetické síly působící změny drah družic. Byla vypracována původní metoda výpočtů efemerid umělých družic a jejich praktický program pro samočinný počítač.

V problému čtyř těles byly nalezeny zobecněné Hillovy plochy pro speciální případy a dokázána existence periodických řešení v okolí Lagrangeových center, při uvážení tlaku záření. Fotografická sledování družic byla prováděna především jako součást velkých pozorovacích programů Eurafrigue a ISAGEX.

Stelární výzkum. Do provozu byl uveden 2 m dalekohled, tři fotoelektrické fotometry, zařízení pro převod analogového záznamu z mikrofotometru do digitální formy. Bylo ukončeno studium vlastností radioaktivních zdrojů světla z hlediska jejich použití pro hvězdnou fotometrii.

Soustavně byly sledovány dvě nově v ČSSR objevené proměnné hvězdy, jakož i dalších 12 zákrytových proměnných hvězd, proměnné hvězdy typu RR Lyr a novy.

Byla zpřesněna metodika určování parametrů atmosfér hvězd pomocí modelových křivek růstu a aplikována na A2 hvězdy ϵ Leo a 68 Tau. Byla vypracována metoda určování rotačních rychlostí složek zákrytových dvojhvězd a aplikována na konkrétní systémy.

Byly testovány současné teorie hvězdných atmosfér pomocí měření okrajového ztemnění u složek zákrytových dvojhvězd. Byla ověřována teorie vývoje jednotlivých hvězd na pozorování zákrytových dvojhvězd, ležících v H - R diagramu na hlavní posloupnosti.

Byla navržena metodika a sestaven program pro výpočet vývojových modelů těsných dvojhvězd. Byl propočítán vývoj řady těsných dvojhvězd a pomocí získaných výsledků objasněna většina pekuliárních vlastností dvojhvězd typu Algol. Je možno říci, že "vývojový paradox" těchto dvojhvězd byl vysvětlen. A tím byl také r.1968 ukončen úkol "Vlastnosti těsných dvojhvězd typu Algol".

Bylo pokračováno ve výpočtech vývoje jiných těsných dvojhvězd a cílem nalézt důvody nestability některých hvězd. Byly zkoumány podmínky, za kterých může dojít k vytvoření plyného obalu kolem složky dvojhvězdy. Byla zkoumána stabilita obalů t.zv. shell hvězd. Byly pozorovány výbuchy t.zv. nových hvězd, u kterých je důvodné podezření, že mají ve skutečnosti podvojný charakter.

Studium atmosfér hvězd pozdních spektrálních typů ukázalo, že poměrné zastoupení lehkých prvků a prvků skupiny Fe je velmi podobné jako na Slunci. Výjimkou u nadobrů jsou Cr, Mn a vzácné zeminy. U hvězd pozdních spektrálních typů byla rovněž určena elektrická vodivost v jejich atmosférách a studován rozdíl mezi některými magnetohydrodynamickými parametry v atmosférách trpaslíků a obrů. Studium Novy Her 1963 objasnilo problém pohybu obalů nov. Bylo nalezeno 101 uhlíkových hvězd.

Na základě studia morfologie planetárních mlhovin byla navržena fyzikálně podložená klasifikace těchto objektů. Soustavně byla zkoumána podvojnost a proměnnost centrálních hvězd planetárních mlhovin. V jednom případě bylo dokázáno, že ústřední hvězda planetární mlhoviny je dvojhvězdou. Byl sestaven katalog planetárních mlhovin, jehož nejdůležitější součástí je úplná sbírka identifikačních fotografií získaná spoluprací s 13 observatořemi všech kontinentů.

Bylo objeveno přes 100 otevřených hvězdokup na fotografických jižní Mléčné dráhy a byly zjišťovány strukturální zvláštnosti všech známých otevřených hvězdokup. Na doporučení a s podporou Mezinárodní astronomické unie bylo publikováno přepracované a doplněné II.vydání Katalogu hvězdokup a hvězdných asociací.

Teoretický výzkum kosmických prachových částic přispěl původními a novými poznatky k objasnění pravděpodobné příčiny orientace a polarizace prachových částic v kometárních ohonech, zodiakálním světle, dále pak k objasnění pravděpodobné příčiny zčervenání a polarizace hvězdy μ Cep jakož i k novým poznatkům o interpretaci složených vlnkových částic pro výpočty teoretických polarizačních křivek. V rámci studia mezihvězdné absorpce byla určena fotometrická vzdálenost a absorpce pro 2614 hvězd.

Byla nalezena analytické vyjádření pro rozložení rychlostí hvězd v modelu Galaxie. Při rozboru galaktických drah hvězd bylo ukázáno, že rigorózně neexistuje třetí integrál. Byl studován problém stability pohybu hvězd po ose v osově symetrickém modelu galaxie s daným potenciálem.

V otázkách kosmologických byl vyšetřován problém singularit v obecné relativitě.

Vysoká atmosféra. Z měření intenzity a polarizace oblohy v různých spektrálních oborech přístroji vlastní konstrukce vnesenými do výšky okolo 30 km (podíl úspěšných letů z počtu několika desítek přesahuje 90 %) bylo zjištěno, že podíl vysoké složky na jas oblohy představuje nejméně 80 % a jas je podstatně vyšší než jak by plynulo z molekulární difuze založené na US Standard Atmosphere.

V rámci programu Interkosmos byl dvakrát vypuštěn optický fotometr určený ke studiu atmosféry při vstupech družic do zemského stínu. Byly rovněž připraveny sběrače meteorického

prachu v zemské atmosféře pro sovětské a kanadské rakety.

Byla provedena fotometrická pozorování družic typu ECHO. Pro definitivní zhodnocení těchto měření nejsou dosud známy elementy družic s požadovanou přesností.

Byly vypočítány Dioptrické tabulky zemské atmosféry, dovolující řešit různé problémy astronomie, geofyziky a kosmické fyziky spojené s průchodem světla atmosférou.

Čas. Přesným měřením rotačního času (UT) bylo zjištěno, že v r.1966 byla rychlost rotace Země stálá, v r.1967-69 se zpomalovala a od počátku r.1970 je opět stálá. To je jeden z důležitých výsledků našich časových pracovišť, který se uplatňuje jako část celosvětového měření, soustředovaného v Bureau International de l'Heure. Syntéza mezinárodních měření dává naději na odhalení souvislosti vědeckého i praktického významu (pohyb zemské osy a kůry, zemský magnetismus, sluneční aktivity atd.).

Ve spolupráci s ÚPE byla vypracována a realizována nová metoda mikrosekundového srovnávání časových soustav použitím televize, zprvu na trati Praha-Postupim, později mezi pracovišti Praha-Paríž-Zeneva-Neuchatel-Braunschweig-Hamburk-Turin-Rím-Dráždany. Metoda je velmi cenná pro zabezpečení letecké dopravy a výzkum umělých družic Země a převzal ji i Národní úřad pro standardizaci USA.

Mezinárodní ohlas. O širokém mezinárodním ohlasu československých vědeckých prací svědčí kromě mnoha set citací ve vědecké literatuře především tyto skutečnosti :

Značně vzrostla váha ČSSR v Mezinárodní astronomické unii, kde L.Perek byl generálním sekretářem a nyní je členem exekutivy a Z.Švestka, Z.Ceplecha, V.Vanýsek, J.Kleczek, L.Kresák a M.Plavec zastávali nebo zastávají funkce předsedů a místopředsedů jednotlivých odborných komisí unie. L.Kresák, Z.Ceplecha, Z.Švestka, V.Bumba a M.Kopecký byli jmenováni předsedy nebo členy organizačních komitétů mezinárodních vědeckých symposií. J.Kleczek je ředitelem letních škol Mezinárodní astronomické unie. Českoslovenští astronomové zastávají rovněž významné funkce v dalších mezinárodních organizacích jako je COSPAR, URST, INTERCOSMOS a pod. a jsou vedoucími redaktory nebo členy redakčních rad několika předních mezinárodních vědeckých časopisů. Za dopisující členy Mezinárodní astronautické akademie, jejímž řádným členem je V.Guth, byli v minulých pěti letech zvoleni E.Buchar a Z.Švestka.

Práce našich astronomů byla rovněž oceněna několika významnými cenami : Z.Švestkovi byla za úspěchy ve výzkumu protonových erupcí udělena Mezinárodní Gugenheimova cena, Z.Ceplechovi a L.Kresákovi byla za významné práce v oboru meteorické astronomie udělena Státní cena Klementa Gottwalda, V.Bumbovi spolu s americkým astronomem R.Howardem byla za podrobný výzkum slunečních magnetických polí udělena cena Československé akademie věd.

Jak z řečeného vyplývá, v uplynulé pětiletce bylo pracováno velmi úspěšně a z výsledků a zkušeností, kterých bylo získáno, se vycházelo i při sestavení plánu na novou pětiletku.

V této pětiletce 1971-1975 je astronomický výzkum shrnut do t.zv.stěžejního úkolu "Vlastnosti a struktura hmoty v kosmickém prostoru", který je koordinován Radou stěžejního úkolu, jejímž předsedou je autor článku. Na tomto úkolu se tentokrát podílí celkem 9 ústavů; kromě ústavů, které se podílely na minulých pětiletce a byly uvedeny na začátku tohoto článku, jsou to tyto další 3 ústavy: Oddělení astronomie katedry AGM University Komenského v Bratislavě, Katedra teoretické fyziky University Karlovy v Praze a Geofyzikální ústav ČSAV v Praze. Tento stěžejní úkol se dále dělí na 4 hlavní úkoly, z nichž každý má svého koordinátora, a tyto hlavní úkoly se dále dělí na jednotlivé dílčí úkoly.

V oboru fyziky Slunce bude výzkum zaměřen na výzkum procesů ve sluneční atmosféře, a to především na výzkum fyzikálních podmínek v rychlých procesech na Slunci a jejich důsledků v meziplanetárním prostoru, na výzkum interakce plazmatu a magnetických polí ve sluneční atmosféře a na výzkum časově - prostorových zákonitostí projevů sluneční aktivity.

V oboru meziplanetární hmoty budou studovány meteorické částice a jejich vztah k meteorickému jevu, stavba a vývoj systémů menších těles ve sluneční soustavě a fyzikálně-chemické vlastnosti částic v meziplanetárním prostoru.

V oblasti hvězdné astronomie se práce našich výzkumných ústavů soustředí především na otázky nestability hvězd ve vztahu k jejich podvojnosti, na fotometrický a spektroskopický výzkum hvězdných soustav, na studium galaktické struktury, na výzkum vlastností mezihvězdné hmoty a konečně i na řešení některých vybraných problémů relativistické astronomie.

V plánu jsou zahrnuty i otázky výzkumu Země jako planety a jejího nejbližšího okolí, především výzkumu změn rotace Země, vlastností a struktury plazmatu v blízkém okolí Země a astronomických vlivů na vysokou atmosféru Země.

Značná pozornost bude pochopitelně věnována i umělým družicím Země, především z hlediska vědeckého využití pozorování umělých družic. Pozornost bude rovněž věnována metodice výpočtů eferid umělých družic.

Podstatným rysem tohoto pětiletého plánu astronomického výzkumu u nás je, že počítá s významným podílem "prostorové astronomie", t.j. s přímým podílem na astronomických výzkumech pomocí balonů, raket a umělých družic. Tyto metody výzkumu byly již úspěšně započaty v průběhu minulých pětiletky a v plánu nové pětiletky se počítá s jejich dalším podstatným rozvojem.

Výzkumný plán v astronomii na příštích pět let byl tedy sestaven a schválen. Je nyní třeba vynaložit veškeré úsilí na to, aby byl splněn alespoň tak úspěšně jako plán minulý.

První rok nové pětiletky je i rokem 50.výročí KSČ. Předchozí článek o astronomických pětiletkách snad nejlépe dokumentuje veliký rozvoj astronomie v ČSSR, kterého bylo dosaženo díky pozornosti, kterou věnuje KSČ rozvoji vědy u nás.

Redakce

Základní současné problémy extragalaktické astronomie

Podle předmětu studia je astronomie rozdělena na tři základní odvětví : astronomii sluneční soustavy, galaktickou astronomii a extragalaktickou astronomii. Objemy prostoru, který tato odvětví studují, jsou k sobě v poměru $1:10^{20}:10^{36}$.

V tomto článku se budeme zabývat základními současnými problémy extragalaktické astronomie.

Detekce galaktických jader

Každá galaxie zahrnuje miliardy a někdy stovky miliard hvězd. Mezi veleobří galaxie, tedy ty, které jsou bohaté hvězdami, můžeme zařadit naši Galaxii a galaxii M 31 v Andromedě. Blížíme-li se k centrum galaxií, roste obecně prostorová hustota hvězd. To se projevuje růstem jasnosti směrem ke středům galaxií. Kromě toho však ještě pozorujeme ve středech početných galaxií malé kondensace hvězdného vzhledu. Jejich rozměry jsou stokrát až tisíckrát menší než průměr galaxie. Na fotografích s vhodně zvolenou expoziční dobou můžeme zřetelně tyto kondensace odlišit na pozadí centrálních oblastí. Tyto kondensace hvězdného nebo téměř hvězdného vzhledu označujeme jako galaktická jádra. Kupříkladu galaxie v Andromedě má jádro 5000krát menší než je její celkový průměr. Na snímcích jádra některých galaxií mizejí v celkovém jasu centrální oblasti. Přesto v řadě případů, jako třeba v M 101, při určité expoziční době se jádro objeví. U některých galaxií vystupuje velmi zřetelně. Zdánlivý průměr jader je velmi malý stejně jako zdánlivý průměr hvězd.

V některých galaxiích není jádro vůbec možné zachytit, přesto však jeho existence je zřejmá, protože projevuje zřetelnou aktivitu. Víme například, že v galaxii M 82 v souhvězdí Velké medvědice probíhá obrovská exploze, jež započala asi před 1 500 000 lety a ze které zachycujeme intenzivní rádiové záření, přicházející z centrální oblasti. Přesto nejsme schopni zachytit na snímcích M 82 její jádro, ať zvolíme expoziční dobu jakkoli dlouhou. Poznamenejme ještě, že jádro naší vlastní Galaxie je skryto za absorbující hmotou, ale že víme o jeho existenci díky výraznému rádiovému záření.

Prvá pozorování

Během minulých desetiletí byla prostě galaktická jádra považována za normální morfologické detaily a jejich studiu nebyla věnována zvláštní pozornost. Bylo známo jen několik faktů, která se týkala jejich fyzikální podstaty. Věděli jsme, že spektrum četných jader se neliší od spektra okolí centrálních oblastí. Velmi často byly zachyceny nevyrazné a rozšířené absorpční čáry, jejichž vlnová délka souhlasila s hlavními absorpčními čarami hvězd centrální oblasti. Z toho se vyvozovalo, že jádro je zvláštní hvězdokupou ponořenou v centrální oblasti galaxie. Vlastní svítivost jádra je podle všeho značně proměnná. V četných galaxiích je jádro tak slabé, že není možno je odlišit ve viditelném světle. V jiných galaxiích představuje 0,1% až 3% svítivosti galaxie. A v několika zvláštních případech může podstatně přispívat k celkové svítivosti.

Aktivita jader

Roku 1943 Seyfert publikoval vynikající studii o spektrech jader některých galaxií, jejichž jádra se výrazně odlišují od pozadí centrálních oblastí a dosahují až 50% jejich jasů. Bylo nalezeno 8 galaxií, v jejichž spektrech byly velmi široké a výrazné čáry vodíku. Sířka těchto čar svědčí o tom, že v jádře probíhají plynné proudy s rychlostí 1000 nebo dokonce 2000 až 3000 km/s. Během několika milionů let - tedy za dobu velmi krátkou proti celkovému stáří galaxie - musí tento plyn opustit jádro. Z existence plynných proudů v jádrech plyne, že tam musí být i hvězdy, které tento plyn do okolí uvolňují. Další detailnější výzkumy ukázaly, že z jader Seyfertových galaxií jsou velkou rychlostí vyvrhována oblaka vodíku.

Z pozdějších pozorování se zjistilo, že i z galaxií, jejichž jádra jsou méně zářivá, je vyvrhován plyn, třebaže ne tak bouřlivě. Takové plynné proudy jsou dokonce vyvrhovány z jádra naší Galaxie. Objev proudění plynů v jádrech Seyfertových galaxií ukázal, že galaktická jádra na rozdíl od hvězd a obvyklých hvězdočup mohou vykazovat neobvyklou formu aktivity, která byla pro nás dosud neznámá.

Rádiové galaxie

Také objev rádiových galaxií měl rozhodující význam pro vývoj našich představ o aktivitě galaktických jader. Rádiové galaxie byly objeveny v roce 1952. Jejich objevitelé W. Baade a R. Minkowski současně navrhli hypotézu, podle níž rádiové záření galaxií vzniká při srážce dvou různých galaxií. Od počátku však bylo jasné, že tato hypotéza je v rozporu s řadou pozorovaných skutečností. Její "vnější působivost" byla však taková, že mezi lety 1950 a 1960 byla nejrozšířenější ze všech astronomických hypotéz.

V současné době je hypotéza srážek galaxií zcela opuštěna. Je nyní jasné, že v jádře každé rádiové galaxie probíhá výjimečně mocná exploze, jejíž energie dosahuje asi 10^{60} ergů. Pro srovnání: aby velká galaxie s desítkami miliard hvězd vyžářila takovou energii ve viditelném světle, musely by její hvězdy svítit miliardou roků! Nebo také, tato energie je srovnatelná s kinetickou energií všech hvězd, které se pohybují v takové galaxii. To je hotnota zcela výjimečná. Chceme-li porozumět lépe podstatě rádiových galaxií, musíme se zabývat studiem energetických procesů, které patří k nejmohutnějším ve vesmíru.

V jedné z nejbližších rádiových galaxií, Virgo A, byl pozorován paprsek vybíhající z jádra a obsahující oddělené kondensace. Každá z těchto kondensací je tvořena elektrony vysoké energie, které se pohybují v magnetickém poli. V jiné obrovské galaxii, NGC 3561, paprsek vycházející z jádra se táhne do velké vzdálenosti. Na konci má kondensaci. Tato kondensace je mnohem méně svítivá než veleobří galaxie, ze které unikla. Má výrazně modrou barvu stejně jako mnoho jiných objektů tohoto typu, jež byly objeveny později. Jejich spektra se výrazně odlišují od spekter ostatních galaxií, protože největší část jejich záření je tvořena jedinou čarou, čarou ionizovaného kyslíku na 3727 Å. Nejvíce však udivuje, že ve spektrech těchto výronů vidíme tytéž emisní čáry jako ve spektrech galaktických

jader, které byly jejich zdrojem. Proto také nemáme pochyb - ností, že kondensace byly skutečně vyvrženy, nebo chcete-li, že jsou částí jádra galaxie, které se rozdělilo na dvě. Nevíme ještě, zda tyto výrony jsou tvořeny pouze plynem nebo zda-li obsahují také hustší tělesa (nebo jednu hustší hvězdu), která by mohla dát vznik hvězdám a přetvořit výron ve skutečnou galaxii.

Pozorujeme-li dvě nebo více sousedních galaxií, konstatujeme, že jejich tvary jsou často nepravidelné. Není snadné vysvětlit tyto nepravidelnosti, ale opět se zdá, že tu hrají důležitou roli jevy spojené s galaktickými jádry. Významný příspěvek ke studiu galaxií v interakci patří V.A.Voroncovu -Veljainovi, jenž publikoval významný atlas takových galaxií.

Nyní víme, že existuje trojí forma aktivity jader :

- 1 - odtékání plynu
- 2 - vypuzování modrých kondensací
- 3 - exploze měnící galaxii v rádiovou galaxii.

Zmodrání galaxií

Nová etapa studia galaktických jader souvisí s pracemi B.E.Markarjana z Bjurakanské observatoře. Tento Ambarcumjanův spolupracovník nalezl, že vztah, který normálně určitému typu galaxie přiřazuje určitou barvu, vykazuje v některých případech odchylky. Přecházíme-li obvykle od galaxií eliptických ke spirálním a potom k nepravidelným, stává se jejich zabarvení stále modřejší. Přesto některé galaxie mají modřejší zabarvení než odpovídá jejich morfologickému typu. Bylo zjištěno, že tato anomálie barvy galaxií - jejich zmodrání - je větší, měří-li se barva poblíž centrální oblasti, t.j. jestliže zjišťujeme barvu v celku jádro + centrální oblast.

Víme, že v okrajových oblastech spirálních galaxií je množství asociací hvězd typu B, jejichž barva je modrá. Nicméně zmodrání centrálních oblastí galaxií nemůže být připsáno silnému záření hvězdných asociací na těchto vlnových délkách. Zdá se, že tu máme co dělat s doplňkovým zářením, které bylo v Bjurakanu nazváno zářením nehvězdným nebo netepelným.

Spolupracovník hvězdárny v Bjurakanu, G.M.Tovmasjan, studoval u dvou největších australských radioteleskopů rádiové záření těchto galaxií nenormální barvy. Nalezl, že více než polovina těchto galaxií vyzařuje z centrální oblasti rádiové záření. Nejde tu o rádiové galaxie ve vlastním slova smyslu, ale o rádiové zdroje daleko menší intenzity, které silně netepelně září velmi blízko centra optického objektu.

Studium rádiové emise jiných galaxií, zvláště spirálních s normálním zabarvením, ukázalo, že mezi nimi existují také objekty s rádiovou emisí přicházející z centrální oblasti. Přesto však je procento takových objektů daleko menší.

Vidíme tedy, že se aktivita jader projevuje také v modravém zabarvení jádra a centrální oblasti. Současně poznamenejme, že modré zabarvení indikuje také přítomnost intenzivního ultrafialového spektra (ultrafialové kontinuum) v centrálních oblastech těchto galaxií.

Je třeba připomenout, že barvu (barevný index) známe pouze u malého počtu galaxií. V této oblasti je možno pozorová-

ní získávat jen velice pomalu, protože každá galaxie musí být pozorována zvláště pomocí šterbinového spektrografu nebo fotoelektrickým fotometrem. Pozorovatelé jsou pak přirozeně nuceni omezit se na studium spekter a barev nejjasnějších galaxií. Situace se podstatně změnila, jakmile bylo uvedeno do provozu objektivní prisma metrového Schmidtova teleskopu Bjurakanské observatoře. Pak bylo možno obdržet současně pro mnoho hvězd nebo galaxií v oblasti asi 20 čtverečních stupňů spektra s malou dispersí. Mezi stovkami a tisíci spekter galaxií, jež byly takto získány, bylo možno rychle vybrat ty, jejichž vlastnosti nás zajímaly, například galaxie s intenzivním ultrafialovým kontínuem. Vybrané galaxie mohly být pak studovány mřížkovým spektrografem s velkou dispersí. Markarjan takto sestavil seznam modrých galaxií, nebo přesněji řečeno galaxií s výrazným ultrafialovým kontínuem.

Jiný astronom Bjurakanské observatoře, E.Khatčikjan, pozoroval na padesát galaxií vybraných Markarjanem pomocí mřížkových spektrografů u největších dalekohledů ve Spojených státech. Kromě několika vzácných výjimek mají tyto galaxie spektra s velmi silnými emisními čarami. Čtyři z nich ukazují velmi rozšířené emisní čáry vodíku, což je charakteristické pro Seyfertovy galaxie. Tak se podařilo identifikovat čtyři Seyfertovy galaxie mezi objekty, vybranými Markarjanem. Pro porovnání: během 25 let, které uplynuly od publikování Seyfertovy práce, byly k počátečnímu seznamu, jenž obsahoval osm objektů, přidány pouze tři. Přitom pouze čtvrtina galaxií vybraných Markarjanem byla detailně studována.

Kompaktní galaxie

U poloviny vybraných galaxií ultrafialové kontínuum a emisní čáry pocházejí z malé oblasti obklopující jádro. Tyto galaxie označujeme jako kompaktní. Jejich jasnost je nejméně stokrát menší než průměrná jasnost známých quasarů.

Jasnost jader (zdůrazňujeme, že samotných jader) některých galaxií vybraných Markarjanem je srovnatelná s celkovou jasností obřích a veleobřích galaxií. Svými vlastnostmi se v mnoha ohledech blíží quasarům, na druhé straně však mnoho kompaktních galaxií ze svých jader neuvolňuje patrné rádiové záření. Tyto objekty, které ve vizuálním oboru jsou slabší než quasary, jsou ještě mnohokrát slabší v rádiovém záření.

O quasarech bylo mnoho napsáno a zvláště pak o otázce, zda jsou to objekty skutečně tak vzdálené jak by vyplývalo z jejich velké radiální rychlosti na základě Hubbleova vztahu. V.A.Ambarcumjan je bezvýhradně přesvědčen, že jsou to opravdu velmi vzdálené objekty. V takovém případě se značně blíží jádrům galaxií N; u tohoto typu galaxií vychází totiž největší část záření právě z jádra.

Modré quasistelární objekty

Dotkli jsme se problému podobnosti jevů v galaktických jádrech a ve quasarech - zastavme se u posledních. Quasary mají vlastnosti, které vyznačují jiná aktivní galaktická jádra, ale jsou daleko výjimečnější a výraznější. Mezi jejich vlastností patří velká svítivost, modrá barva a existence ultrafialového kontinua, kompaktnost a silné emisní čáry ve spektru. Charakte-

ristické jsou také změny zářivosti. Velmi intenzivní rádiové záření, charakteristické pro quasary, je vzácně pozorováno v aktivních galaktických jádrech, dokonce i v galaxiích Seyfertových, třebaže se zdá, že slabá rádiová emise existuje ve všech aktivních jádrech.

Roku 1965 americký astrofyzik A.Sandage a jeho spolupracovníci zjistili, že existují quasistelární mimogalaktické objekty velké svítivosti, které se od "klasických" quasárů odlišují pouze tím, že nevyzařují intenzivní rádiové záření. Sandage soudí, že těchto optických quasistelárních zdrojů je asi 500 krát více než vlastních quasárů. Analýzou Sandageových argumentů bylo ukázáno, že počet těchto "optických quasárů" musí být menší. Je pravděpodobné, že toto číslo nepřekročí počet quasárů stejné zdánlivé jasnosti o víc než o faktor 50. V roce 1958 byla publikována nová Sandageova studie : počet optických quasistelárních objektů v ní byl odhadnut asi na stonásobek počtu vlastních quasárů.

Ve skutečnosti oba tyto typy objektů mohou být zařazeny do téže třídy modrých quasistelárních objektů, které se přes své malé zdánlivé, téměř hvězdné rozměry vyznačují silnou rádiovou emisí a proto také byly označeny jako quasary.

Klasifikace

Podle vztahu kompaktnosti k jasů jader můžeme uvést následující klasifikaci mimogalaktických objektů :

- 1 - galaxie s normálními jádry
- 2 - galaxie s aktivními nebo excitovanými jádry, mezi něž můžeme zařadit galaxie Seyfertovy,
- 3 - modré quasistelární objekty, ke kterým zařadíme i quasary.

V každé z těchto skupin existují objekty, jejichž rádiové záření je více či méně intenzivní.

Aktivita galaktických jader se projevuje v podobě mocných explozí (superexplosí), během nichž jsou vyvrhovány ohromné kondensace a oblaka plynu, jejichž hmota přesahuje milion slunečních hmot. Projevuje se však také emisními čarami ultrafialového kontinua, vyzařovanými plynem, který sousedí s jádrem.

Pokus o vysvětlení těchto jevů

Po zjištění uvedených jevů si pochopitelně klademe otázku po jejich příčinách a o příčinách původu oněch obrovských množství hmoty a energie uvolněné aktivitou jader. Bylo zjištěno, že všechny zmíněné aktivní děje v jádrech jsou spojeny s následujícími procesy :

- disipace energie uvolněné v malém prostoru
- rozptýlení a expanse hmoty
- přechod hmoty ze stavu hustého do řídkého.

Všechny klasické představy o původu a vývoji nebeských těles a jejich systémů byly založeny na představě, že hmota kondensuje a že ze zřetelné plynné hmoty se tvoří hustší nebeská tělesa. Pro zastánce tohoto klasického názoru jsou tato nová fakta o aktivitě galaktických jader neočekávaná a nepříjemná stejně jako výsledky svědčící o důležitosti role, kterou hraje