

B. Onderlička

Některé problémy výzkumu metagalaxie

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 4 (1959), No. 5, 584--594

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/139407>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1959

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

ASTRONOMIE.

NĚKTERÉ PROBLÉMY VÝZKUMU METAGALAXIE

B. ONDERLIČKA

Již v roce 1734 vystoupil švédský filosof E. Swedenborg s myšlenkou, že v prostoru existuje mnoho hvězdných soustav podobných naší soustavě Mléčné dráhy. Ačkoli Swedenborgovy úvahy byly ryze spekulativní, obsahovaly zdravé jádro, neboť vykládaly svět tak, že hmota je stejná ve všech částech vesmíru a jen forma hmoty se mění. Pozorovací astronomie po vynalezení dalekohledu zprvu jen zvolna rozšiřovala naše obzory za hranice sluneční soustavy. Jeden z prvních katalogů mlhovin, pořízený Messierem v r. 1784, obsahoval 107 objektů, z nichž některé, jak se později ukázalo, byly více nebo méně kompaktní skupiny hvězd. Již o rok později vydal průkopník stelární astronomie Herschel katalog 1000 mlhovin a hvězdokup. Trvalo však značně dlouho, než pozorovací technika bezpečně zjistila, že mnohé z těchto mlhovin jsou hvězdnými soustavami, které jsou od nás v obrovských vzdálenostech. Ještě v r. 1907 Bohlin uveřejnil podrobná měření, která dávala pro trigonometrickou paralaxu galaxie M31 hodnotu $0,171''$, což odpovídá vzdálenosti pouhých 6 ps! O čtyři roky později porovnáním jasnosti supernovy, která se objevila v M31 v r. 1885, s jasností novy v Perseovi z r. 1901, odvodil Very (za předpokladu stejné absolutní jasnosti obou objektů) pro M31 vzdálenost 500 ps. Obdobné srovnání provedl v r. 1917 Curtis pro supernovy ve čtyřech blízkých galaxiích a dospěl naopak k přeceněné vzdálenosti $6 \cdot 10^6$ ps, neboť přepočítal pro galaktické novy průměrnou vzdálenost příliš velkou ($3 \cdot 10^4$ ps). Velmi důležitý indikátor velkých vzdáleností poskytl výzkum Magalhaensových oblaků na jižní obloze: V r. 1912 objevila Leavittová korelaci mezi periodou a zdánlivou jasností u cefeid v těchto dvou soustavách. V r. 1913 a 1918 určili Hertzprung a Shapley statistickou metodou absolutní jasnosti cefeid a provedli tak kalibraci vztahu objeveného Leavittovou. Tak sice bylo ukázáno, že Magalhaensova oblaka leží mimo naši Galaxii, avšak pokud jde o spirální mlhoviny, ještě v r. 1920 se rozcházela mínění astronomů o tom, jde-li o hvězdné soustavy mimo naši Galaxii nebo o objekty patřící k naší Galaxii. Definitivní rozřešení této otázky přinesl rok 1924, kdy Hubble pomocí 2,5 m dalekohledu rozložil ramena nejbližších spirálních mlhovin na hvězdy, mezi nimiž zjistil také cefeidy. Tím byl dán základ pro výzkum našim pozorovacím prostředkům dostupné oblasti vesmíru — metagalaxie:

Klasifikace galaxií

Studium jakéhokoli komplexu objektů vyžaduje především rozřídění, klasifikaci do skupin podle charakteristických společných znaků. Úkolem teorie je pak hledat a vykládat zákonitosti a vztahy v takto rozříděném materiálu. Klasifikace hvězd podle spekter a rozřídění hvězd na oblasti v diagramu

Hertzsprungově-Russellově byly podkladem, z něhož vycházely teorie atmosféry, nitra a posléze vývoje hvězd.

Při klasifikaci galaxií je především nasnadě zaměřit se na celkový tvar a strukturu. Již v minulém století bylo zavedeno rozdělení na spirály (Rosse 1845) a eliptické galaxie (Alexander 1852); později byly přidány spirály s příčkou (Curtis 1918). Hubble na základě obsáhlého materiálu dospěl ke své známé klasifikaci galaxií, dané ve schematu

$$E_0 - E_7 \left\langle \begin{array}{l} S_0 - S_a - S_b - S_c \\ SB_0 - SB_a - SB_b - SB_c \end{array} \right\rangle I.$$

U eliptických galaxií (E) je číslicemi 0 — 7 dán stupeň zploštění od kulových (0) až po velmi zploštělé (7). Spirály jsou rozděleny do dvou paralelních větví — normální (S) a s příčkou (SB), — při čemž *a* značí velmi kompaktní tvar, *c* velmi rozevřená ramena; S₀, SB₀ jsou přechodné tvary mezi eliptickými a spirálními tvary. Konečně třídu pro sebe tvoří nepravidelné útvary (I). Zjemnění Hubbleovy klasifikace spirál zavedl v posledních letech de Vaucouleurs na základě několikaletého výzkumu jižních galaxií. Pokud jde o stupeň rozvinutí, nahrazuje přechodný stupeň 0 třemi stupni 0⁻, 0⁰, 0⁺ a za otevřenými spirálami přidává ještě stupeň *d* (velmi pozdní) a *m* (tvar Magalhaensových oblaků). Kromě zcela nepravidelných útvarů I zavádí ještě typ Im (tvar Magalhaensových oblaků, avšak bez zbytkové spirální struktury). Spirály rozděluje de Vaucouleurs opět do dvou rodin: normální (A) a s příčkou (B), zavádí však navíc smíšený typ (AB). Kromě toho zavádí další hledisko třídění: spirály prstencové (*r*) a tvaru „S“ (*s*), mezi nimiž je opět přechodný typ (*rs*).

Jinou cestu při klasifikaci galaxií nastoupil Morgan, který vyšel z integrálního spektra soustavy. Ukázal, že existuje těsná závislost mezi integrálním spektrálním typem, který charakterisuje převládající populaci v dané hvězdné soustavě, a mezi tvarem této soustavy. Nepravidelné soustavy typu Magalhaensových oblaků a spirály s nepatrnou centrální koncentrací jsou charakterisovány integrálním spektrem typu A; druhý extrém, obří eliptické galaxie a spirály jako M31, kde je světlo silně koncentrováno ke středu, je charakterisován integrálním spektrem gK. Soustavy se střední koncentrací svítivosti jsou charakterisovány integrálním spektrem mezi těmito extrémy. Vzhledem ke zmíněné těsné závislosti je možno podle stupně světelné koncentrace charakterisovat převládající populaci ve hvězdné soustavě. Morgan zavádí pro minimální koncentraci symbol *a*, pro maximální symbol *k*; mezistupně jsou *af*, *f*, *fg*, *g*, *gk*. Jako druhý klasifikační parametr slouží tvar: *S* označuje spirály, *B* spirály s příčkou, *E* eliptické galaxie, *I* nepravidelné soustavy, *Ep* eliptické s prachovou absorpcí, *D* soustavy s rotační symetrií bez výrazné eliptické nebo spirální struktury, *L* soustavy s nízkou povrchovou jasností, *N* soustavy s malým svítícím jádrem na mnohem slabším podkladě. K těmto dvěma klasifikačním parametrům se připojují číslice 1—7, udávající polohu hlavní roviny soustavy v prostoru; značí: 1 — rovina kolmá k zornému paprsku, 7 — rovina jdoucí v zorném paprskem. Morgan klasifikoval dosud přes 600 galaxií v novém systému: např. M31 je typu *kS5*, její průvodce NGC 221 ... *kE3*, M33 ... *fS3*, M51 ... *fS1*, její průvodce ... *Ip* — *Ep*. Morgan zjistil, že různé typy galaxií nejsou rovnoměrně rozloženy v prostoru. Např. v oblasti rektascense 10^h — 12^h a deklinace + 30° — + 60° je nápadně velký počet soustav „*a*“ mezi blízkými galaxiemi. Metoda integrálních spekter je teprve v začátcích. Přesná klasifikace však

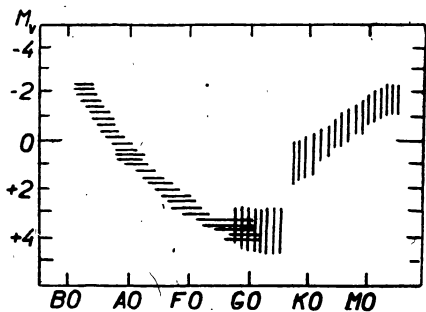
slibuje zajímavé výsledky: např. v M31 převládající populaci tvoří normální obří, nikoli obří se slabými čarami, jak je tomu v populaci II v naší galaxii. Na obr. 1 je z integrálních spekter vyznačen hypotetický Hertzsprungův-Russellův diagram pro převládající populaci ve spirále M 31 a v nepravidelné galaxii NGC 4449 (typ *aI*). U eliptických galaxií byla zjištěna korelace mezi svítivostí a šířkou spektrálních čar, kterou bude možno využít k určení spektroskopických parallax vzdálenějších objektů, pokud bude možno získat dosti zřetelná spektra.

Vzdálenosti galaxií

Hlavním kritériem pro určování vzdáleností blízkých galaxií byl až dosud vztah perioda-svítivost pro cefeidy. Avšak přesná fotoelektrická měření Arpova ukázala, že pro cefeidy v kulových hvězdokupách tento vztah není jednoznačný, nýbrž vykazuje při určité periodě rozptyl více než jedné magnitudy. Sandage vyšel ze vztahu

$$P\sqrt{\bar{\rho}} = Q$$

(P = perioda, $\bar{\rho}$ = střední hustota, Q = konstanta) a odvodil za použití některých empirických vztahů pro cefeidy populace I závislost perioda-svítivost, v níž však vystupuje jako třetí parametr ještě barevný index. Tato závislost je poněkud jiná pro cefeidy Eggenova typu A, B, než pro typ C (viz obr. 2). Při určité periodě je rozptyl absolutních jasností podle Sandage 1,2^m. Je zajímavé, že Ževakin ze své teorie hvězdné proměnnosti odvozuje zcela

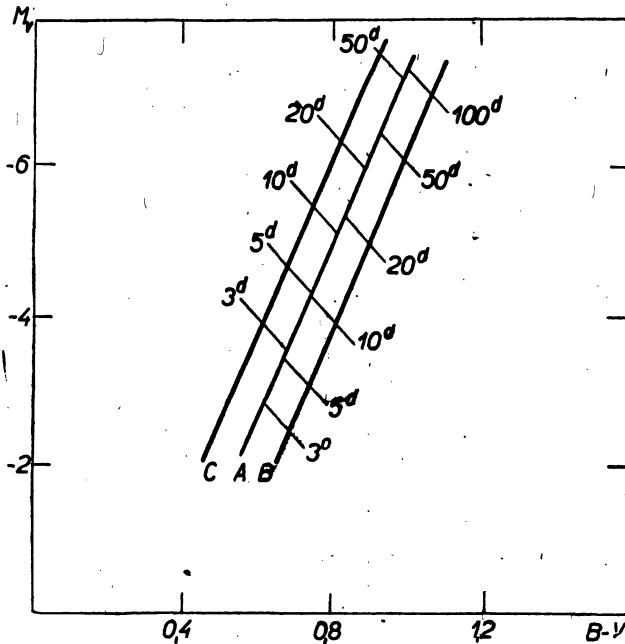


Obr. 1. Hypotetický Hertzsprungův-Russellův diagram pro galaxii NGC 4449 (vodorovné čárkování) a M 31 (svislé čárkování), odvozený z integrálního spektra.

stejný rozptyl. Nepřekvapuje tedy, že několik cefeid, o nichž bylo v poslední době zjištěno, že patří k některým otevřeným hvězdokupám o známé vzdálenosti, dává různé hodnoty pro kalibraci vztahu perioda-svítivost. To vše ovšem nevylučuje použití cefeid k přesnému určení extragalaktických vzdáleností za předpokladu, že nějaký vhodný parametr — jako třeba tvar světelné křivky, nebo ještě lépe podle Ževakina fázový rozdíl mezi křivkou radiálních rychlostí a křivkou světelnou — určí místo dotyčného objektu v rozptylovém pásmu perioda-svítivost.

Cefeid lze při dnešních pozorovacích prostředcích použít do vzdálenosti 4 Mps, tj. v místní skupině galaxií, ve skupině M 81 a M 101. Palomarským dalekohledem byly zjištěny cefeidy v téměř 30 galaxiích (oproti sedmi, které měl k dispozici Hubble s 2,5 m dalekohledem). Ovšem, chceme-li např. zjistit závislost rudého posuvu na vzdálenosti, musíme jít do vzdálenosti aspoň 10—15 Mps, aby systematické rychlosti převládly nad rozptylovými. Hubble k tomu použil nejjasnějších hvězd v galaxiích. Jak ukázal Sandage, identifikoval však Hubble mylně jako nejjasnější hvězdy též některé svítící oblasti HII (které jsou asi o 2^m jasnější). Dnešní technika fotografie v červeném světle umožní snadno vodíkové oblasti rozpoznat. Obtížnější je vyčlenit skutečně jednotlivé nadobry, neboť jak je známo, vyskytují se tyto hvězdy ve skupinách. V blízké galaxii M33 je možno na fotografii 5 m dalekohledem zřetelně

rozeznat asociace nadobru, obdobné kupám $h + \chi$ Per; úhlový rozměr těchto asociací je asi $15''$. V desetinásobné vzdálenosti by odlišení podobné asociace od jednotlivé hvězdy bylo možné jen s největšími obtížemi, neboť zdánlivý rozměr asociace by se blížil rozměrům hvězd na desce. Systematické chyby byly též vneseny do Hubbleových vzdáleností při určování jasností velmi slabých objektů. V současné době probíhá nové určování extragalaktických vzdáleností. Podnět k tomu byl dán v r. 1952 Baadeovým zjištěním, že nulový bod ve vztahu perioda-svitivost pro cefeidy je třeba posunout asi o $-1,5^m$ (což odpovídá zdvojnásobení vzdálenosti). Předběžná kalibrace nových vzdá-



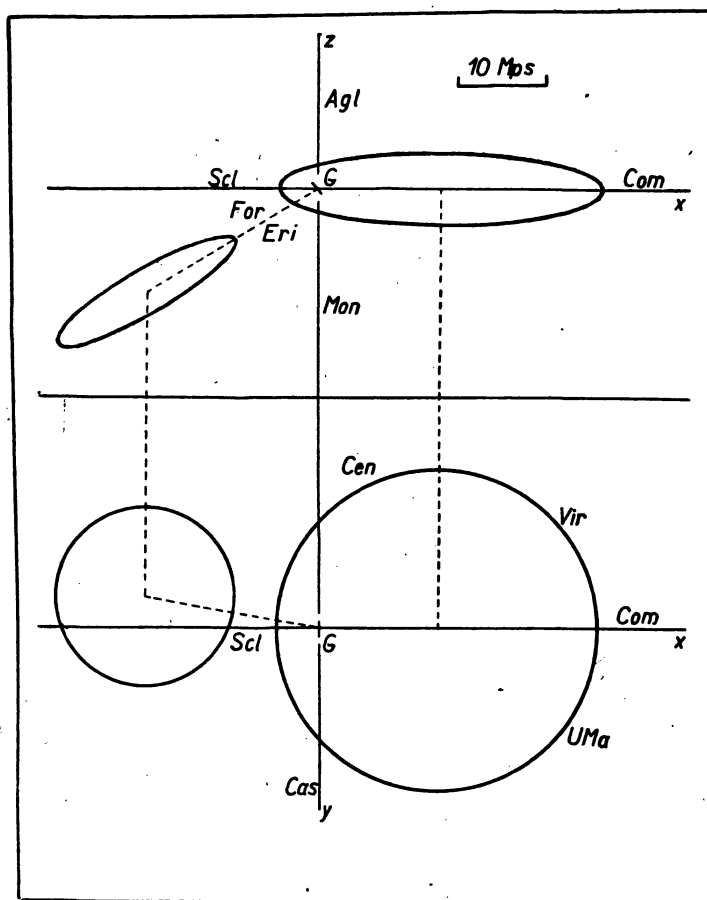
Obr. 2. Vztah perioda-barva-svitivost pro cefeidy I. populace podle Sandage. Periody ve dnech jsou vyznačeny zvlášť pro typy A, B a pro typ C.

leností, kterou provádí Sandage, se opírá o normální novy, zjištěné v okolních soustavách. Pro galaxii M 100 (nejjasnější objekt v kupě galaxií v Panně) vychází vzdálenost asi 14 Mps. Je však možné, že nové vzdálenosti budou vyžadovat ještě určité korekce o mezgalaktickou absorpci.

Místní skupina galaxií

Nejbližšími sousedy naší Galaxie jsou Velký a Malý mrak Magalhãesův, které jsou od nás ve vzdálenosti asi 55 kps a tvoří vlastně souputníky naší soustavy. Obě soustavy jsou nepravidelnými galaxiemi. Dále následují dvě trpasličí eliptické galaxie v Sochaři (80 kps) a v Peci (200 kps), nepravidelná galaxie NGC 6822 (280 kps) a dvě velmi slabé trpasličí eliptické galaxie ve Lvu (300 kps). V přibližně stejné vzdálenosti (500 kps) jsou známé spirály v Troj-

úhelníku (M 33) a v Andromedě (M 31). Posledně jmenovaná soustava má čtyři souputníky, vesměs trpasličí eliptické galaxie: M 32, NGC 205, NGC 185, NGC 147. Rovněž ve vzdálenosti asi 500 kps je nepravidelná galaxie IC 1613. Konečně nepravidelná galaxie Wolfova-Lundmarkova ve Velrybě je ve vzdálenosti asi 600 kps. K místní skupině pravděpodobně patří též velké spirály



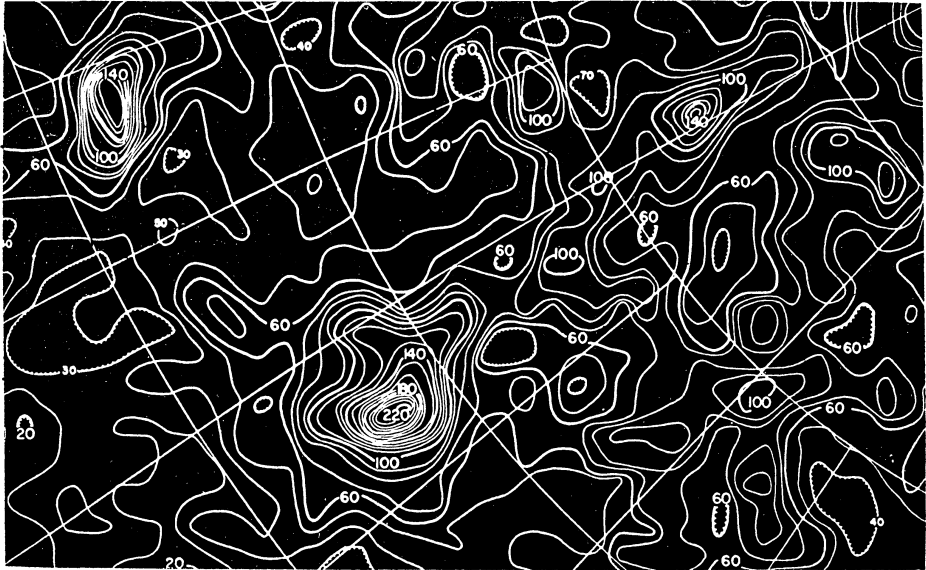
Obr. 3. Schematické znázornění místní a sousední supergalaxie. Poloha naší Galaxie je vyznačena písmenem G.

NGC 6946, IC 10 a IC 342, které však leží poměrně blízko roviny Mléčné dráhy, takže značná absorpce světla ztěžuje správné určení jejich vzdáleností. Totéž platí o pekuliární galaxii NGC 5128, která je silným radiovým zdrojem.

Místní supergalaxie a rozložení galaxií v prostoru

Naše místní skupina však není samostatnou jednotkou, nýbrž je součástí větší soustavy galaxií, tzv. místní supergalaxie. Již před lety poukázali někteří badatelé, např. Holmberg a Reiz, na to, že velká většina jasnějších galaxií

leží v poměrně úzkém pásu okolo galaktických poledníků o délkách 100° a 280° . De Vaucouleurs zkoumal podrobně rozložení jasnějších i slabších galaxií a dospěl k závěru, že naše galaxie i s místní skupinou leží ve velké soustavě, jejíž střed je přibližně v kupě galaxií v Panně ve vzdálenosti 10–14 Mps. Tato supergalaxie je značně zploštělá (1 : 5). Na jižní polokouli zjistil de Vaucouleurs existenci podobné poněkud menší supergalaxie, jejíž střed je ve vzdálenosti jen o něco větší než střed naší supergalaxie, a to ve směru sou-

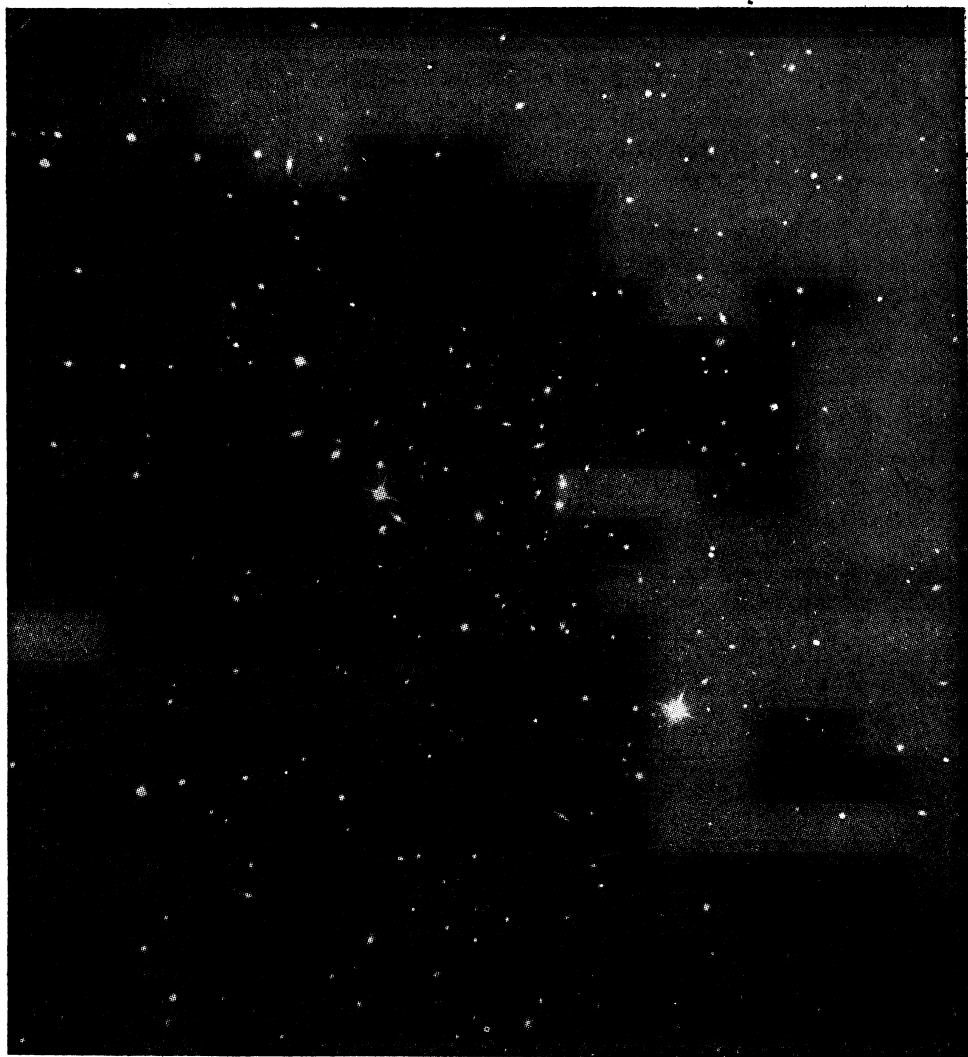


Obr. 4. Isofoty rozložení galaxií do 18.5^m v oblasti Had–Pastýř–Panna podle Neymana, Scottové a Shanea.

hvězdí Pece a Eridana; je tvořen kompaktní skupinou galaxií NGC 1380–1399. Obě supergalaxie jsou znázorněny na obr. 3. Studium radiálních rychlostí galaxií v naší supergalaxii dospěl de Vaucouleurs k názoru, že celá soustava se otáčí (perioda v oblasti naší místní skupiny činí asi 10^{11} let) a současně rozpíná. Počet galaxií v místní supergalaxii je asi 10 000. Je třeba se zmínit o tom, že již před několika lety Cooper-Rubinová a Ogorodnikov odvodili z tehdy známých radiálních rychlostí galaxií rotační pohyb jakési vyšší soustavy. Nicméně neprovedli vyšetření prostorového rozložení galaxií, jejichž rychlosti zkoumali. Jejich výsledky se značně rozcházejí s výsledky de Vaucouleursovými a nelze je připsat nějaké místní vyšší soustavě.

V dřívějších letech převládal názor, že většina galaxií je více méně rovnoměrně rozptýlena v prostoru a shluky galaxií jsou nepříliš častým zjevem. Teprve systematické studie pomocí širokouhlých komor — jako 50 cm dvojité astrograf Lickovy observatoře, a 120 cm Schmidtova komora na Mt. Palomar — ukázaly, že naprostá většina galaxií patří kupám. Ne vždy jsou ovšem tyto kupy patrné na první pohled. Jednak se může překrývat několik kup, které leží v různých vzdálenostech, a jednak se kupy mohou také přímo prostupovat.

Je tedy ostrovní charakter rozložení hmoty v těchto velkých měřítcích odlišný od rozložení hvězd (vzájemné vzdálenosti jsou $10^7 \times$ větší než rozměry hvězd) nebo i galaxií (vzájemné vzdálenosti jsou $10 \times$ větší než rozměry galaxií). Statistickým studiem rozložení galaxií se zabývali Neyman, Scottová a Shane.



Obr. 5. Kupa galaxií v Severní koruně. Snímek 5m dalekohledem.

Dospěli k závěru, že všechny galaxie jsou uspořádány do kup a centra zhuštění jsou rozložena v prostoru v prvním přiblížení nahodile. Nicméně předběžné výsledky jejich dosud neuzavřené podrobnější studie svědčí o možnosti, že i kupy jsou opět uspořádány ve vyšší celky. Na obr. 4 je isofotami vyznačeno

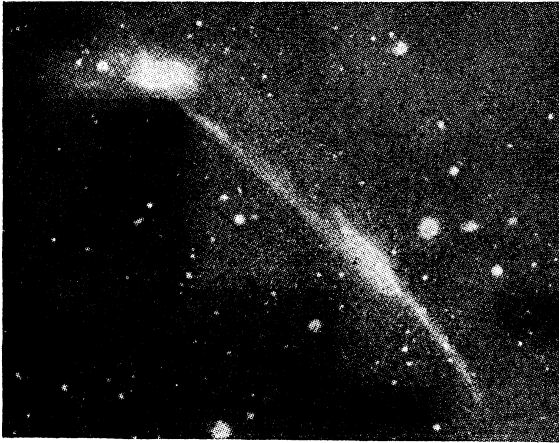
rozložení galaxií v části souhvězdí Hada, Pastýře a Panny podle výzkumu Neymanna, Scottové a Shanea. Čísla u isofot udávají počet galaxií jasnějších než $18,5^m$ na čtvereční stupeň. Shluk galaxií v levém horním rohu má 1200 členů na dvaceti čtverečních stupních. V koncentraci dole uprostřed bylo napočítáno asi 2800 galaxií, které patří asi šesti překrývajícím se kupám. Vzdálenost obou zmíněných shluků je asi 35 Mps.

Vzhledem k tomu, že kupy, o nichž uvažují Neyman, Scottová a Shane, jsou někdy velmi řídké a obsahují jen malý počet členů, je možno mluvit o jakémsi „všeobecném poli galaxií“ a vedle toho o bohatých a poměrně hustých kupách. Znamější bohaté kupy jsou např. v Panně (vzdálenost asi 14 Mps), v Rybách (46 Mps), v Perseovi (55 Mps), ve Vlasech Bereniky (70 Mps) a v Herkulovi (100 Mps). Ze vzdálenějších je možno jmenovat zejména velmi bohatou kupu v Severní koruně (220 Mps), viz obr. 5. Podle F. Zwickyho, který připravuje obsáhlý katalog galaxií do $15,5^m$ a bohatých kup galaxií do deklinace -30° , připadá v průměru na 2 čtvereční stupně jedna bohatá kupa a tři galaxie jasnější než $15,5^m$. Připravovaný katalog bude obsahovat zhruba 10 000 kup a 35 000 galaxií. Abell studoval rozložení více než 2700 bohatých kup galaxií na palomarském fotografickém atlasu oblohy. Dospěl k těmto závěrům: a) četnost kup ryhle klesá s rostoucím počtem galaxií v kupě, b) dosavadní materiál nesvědčí o žádné změně prostorové hustoty kup se vzdáleností, c) existují reálné shluky kup galaxií. Zwicky si položil otázku, zda kupy galaxií jsou největšími organisovanými celky hmoty ve vesmíru, nebo zda existují celky ještě větší. Za předpokladu, že gravitační působení se šíří konečnou rychlostí, dospěl k závěru, že organisované celky hmoty nemohou být neomezeně velké. Jestliže se gravitační působení šíří nanejvýše rychlostí světla, vychází maximální rozměr organisované kupy asi 6 Mps. Shluky kup galaxií (a také např. místní supergalaxie) by tedy za uvedeného předpokladu nemohly být organisovanými celky (tj. gravitačně stabilní). A priori nelze ovšem také vyloučit možnost, že rozmístění a pohyby hmoty v tak velkých prostorách je řízeno jinými zákony než gravitací, stejně jako je tomu naopak ve světě mikročástic.

Hmota v mezigalaktickém prostoru

Zwicky se podrobně zabýval studiem dvojitých a vícenásobných galaxií, které se vyskytují velmi často. Zjistil u značného počtu takových soustav, že jednotlivé galaxie jsou spojeny svítícími filamenti, které jsou někdy i na nejlepších snímcích na hranici viditelnosti. Výrazný příklad vidíme na obr. 6, kde z dolní spirály vyběhá ještě též filament ve směru do druhé galaxie. Je to poměrně častý případ. Vyobrazená dvojice je ve vzdálenosti asi 70 Mps, takže jejich úhlová vzájemná vzdálenost odpovídá téměř 200 kps, tj. $\frac{2}{5}$ vzdálenosti mlhoviny v Andromedě. Je zajímavé, že horní spirála ukazuje výrazné emisní čáry vodíku a zakázanou kyslíkovou čáru ($\lambda 3727 \text{ \AA}$), zatím co dolní spirála má neostře spektrum bez jakýchkoli emisních čar. Pokusy získat spektra slabých filamentů byly delší dobu neúspěšné. Z toho bylo možno odvodit závěr, že většinou půjde o spektra absorpční, tj. filamenti jsou složeny z hvězd, neboť emisní čáry by se projevíly ve spektru mnohem snáze. Teprve v loňském roce se Zwickymu podařilo vyfotografovat v primárním ohnisku 5m dalekohledu se šestihodinovými expozicemi dvě spektra filamentů. Jeden z nich, spojující dvě galaxie, vzdálené asi 60 Mps, ukazuje typické absorpční spektrum,

odpovídající hvězdné populaci. U jedné z obou galaxií vystupuje zřetelně zakázaná čára 3727 Å v emisi a její sklon svědčí o rychlé rotaci této galaxie. Ve druhém případě jde o dvojici galaxií ve vzdálenosti 85 Mps; jedna galaxie je spirála s příčkou, z druhé, eliptické, vybíhá opačným směrem zřetelný filament modrého zabarvení. V absorpčním spektru obou galaxií je emisní čára 3727 Å, která dominuje ve spektru filamentu a její intenzita je tam téměř stejná jako ve zmíněné eliptické galaxii, která je v integrálním světle mnohem svítivější než filament. Zwicky zdůrazňuje, že tento druhý případ (filament s emisním spektrem) je výjimkou. Z mnoha dalších zajímavých násobných galaxií s filamenti se zmínme alespoň o soustavě IC 3481, 3483. První z obou galaxií má menšího souputníka, který má, stejně jako IC 3481, radiální rychlost 7300 km/s. Naproti tomu třetí galaxie IC 3483, která je s oběma prvními spojena filamentem, má radiální rychlost pouze 100 km/s. Vytvoření filamentu při tak obrovské relativní rychlosti galaxií lze stěží vysvětlit gravitačním slapovým působením.



Obr. 6. Dvojice galaxií ($\alpha = 23^{\text{h}}39^{\text{m}}16^{\text{s}}$, $\delta = -3^{\circ}49'$, ep. 1950) s filamenti mezgalaktické hmoty. Snímek 5m dalekohledem.

Carpenter studoval osm těsných dvojic galaxií spojených zcela krátkými filamenti (na rozdíl od filamentů velkých rozměrů, které zkoumal Zwicky). V pěti případech u filamentů byla zjištěna emise 3727 Å, v ostatních nikoli. Je zajímavé, že právě dvě ze tří dvojic bez emise jsou rádiovými zdroji. Bude třeba ještě mnoho soustavného studia násobných galaxií, filamentů a rádiového záření, než se objasní jejich vzájemný vztah. Šklovskij soudí, že rádiové záření galaxií je především brzdným zářením relativistických elektronů. Zwicky se domnívá, že i v metagalaktickém prostoru, zejména v bohatých kupách galaxií, je dosti rozptýlené difusní hmoty. Burbidge ukázal, že alespoň část energie brzdného rádiového záření z mezgalaktického prostoru v kupách galaxií je přeměněná vnitřní kinetická energie těchto kup.

Rudý posuv

Lineární závislost rudého posuvu ve spektrech galaxií na jejich vzdálenosti objevil Hubble v r. 1929. Pozdější Hubbleovy výzkumy vedly k hodnotě pro konstantu rudého posuvu $H = 530 \text{ km/s/Mps}$. Revize extragalaktických vzdáleností vedla v r. 1956 Humasona, Mayalla a Sandage též k revisi konstanty H . Tito autoři zpracovali více než 800 radiálních rychlostí (až do hodnoty $\frac{1}{5}$ rychlosti světla) galaxií a kup galaxií a dospěli k provisorní hodnotě $H = 180 \text{ km/s/Mps}$. Novější data, zejména přesnější vzdálenost kupy galaxií v Panně, vedou k ještě nižší hodnotě H . Podle Sandage je H v rozmezí 50 až

100 km/s/Mps a bude třeba dalších přesných určení vzdáleností, aby bylo možno definitivně hodnotu H upřesnit. Otázka, zda rudý posuv je možno skutečně interpretovat dopplerovsky jako expanzivní pohyb, byla mnohokrát diskutována. Prozatím nebyly vypracovány konkrétní podklady pro jiný výklad. Ve prospěch dopplerovského výkladu mluví objev rudého posuvu v rádiovém záření vzdálené galaxie v Labuti, který plně odpovídá radiální rychlosti odvozené z posuvu ve viditelném záření téže galaxie; vlnové délky viditelného světla a rádiového záření jsou v tomto případě v poměru 1 : 500 000.

Z kosmologického hlediska je závažná odchylka od linearit v závislosti rudého posuvu na vzdálenosti, kterou zjistili Humason, Mayall a Sandage pro rychlosti řádově 0,2 rychlosti světla. Tato jak se zdá reálná odchylka by nasvědčovala zpomalení expanse. K spolehlivému určení zmíněné odchylky bude třeba provést ještě přesná měření rozdělení energie ve spektrech vzdálených galaxií a také vyšetřit změnu absolutní jasnosti galaxie s časem na základě teorie vývoje hvězd. Je možno očekávat, že v blízké budoucnosti díky rádiovým metodám bude možno měřit ještě podstatně větší rudé posuvy než dosud, což jistě přispěje k rozhodnutí o tom, který kosmologický model nejlépe charakterizuje rozložení a pohyb hmot v metagalaxií dostupné pozorování.

Vývoj galaxií

Otázka vývoje galaxií byla až dosud příliš obtížná pro konkrétní formulaci. Byly propracovány některé dílčí problémy, jako např. vývoj spirální struktury. Stále rostoucí faktický materiál, zejména s přihlédnutím k rádiovým pozorováním, vyžaduje vytyčení tvůrčích hypotéz, jejichž ověřování by usměrnilo další pozorovatelskou činnost. V tomto smyslu je třeba uvítat nedávnou práci Ambarcumjanovu, která je logickým pokračováním tvůrčích myšlenek téhož autora v oblasti vývoje hvězd.

Ambarcumjan vychází především z existence násobných galaxií, z tendence galaxií ke shlukování. Studium pohybových vlastností skupin galaxií vede především k závěru, že v současných podmínkách se takové skupiny mohou buď udržovat nebo rozpadat, nemohou však se obohacovat o galaxie, které by vznikly mimo tyto skupiny. Velký počet pozorovaných násobných galaxií vede k závěru, že složky těchto soustav v naprosté většině případů měly společný vznik. Na rozdíl od násobných hvězd mezi násobnými galaxiemi zcela převládají konfigurace typu Lichoběžníka (tj. konfigurace, v nichž lze nalézt alespoň tři galaxie takové, že jejich vzájemné vzdálenosti jsou téhož řádu). Ambarcumjan si všimá dále relativních radiálních rychlostí násobných galaxií a vyvozuje, že existují soustavy, v nichž jedna nebo více složek mají rychlosti větší než únikové. Rovněž disperse rychlostí v některých velkých kupách galaxií je tak velká, že tyto soustavy se nutně rozpadají. Současný vznik a tendence expanse u galaxií vedou Ambarcumjana k hypotéze, že prvotní jádro galaxie se může z dosud neznámých příčin rozdělit na části, které dávají vznik samostatným galaxiím, tvořícím pak skupiny. Je možno si představit, že při dělení jádra dochází k bouřlivým nestacionárním dějům, které se projevují intenzivním rádiovým zářením, jako např. u zdrojů Perseus A (= NGC 1275) a Cygnus A. Ambarcumjan tedy proti domněnce, že jde o srážky galaxií, staví domněnku zcela opačnou: jde o proces dělení jádra galaxie. Obří radiogalaxie Virgo A (= M 87) se vyznačuje tím, že zdroje rádiového záření jsou rozloženy spojitě, zatím co opticky vidíme řadu filamentů, vysílajících polarisované záření. Ambarcumjan soudí, že jde o poměrně menší hmoty vy-

vržené z jádra galaxie, které se v poměrně krátké době přeměňují v nestacionární hvězdy, mezihvězdný plyn a v oblaka částic vysoké energie. Podobné výrony hmoty, nápadně modře zbarvené, pozorujeme též u jiných eliptických galaxií. Jde vesměs o nestacionární mladé konglomeráty hmoty. Dále si Ambarcumjan všimá filamentů mezi násobnými galaxiemi. Tyto filamenty, jak možno ukázat, nelze ve většině případů vyložit slapovým působením. Ve světle hypotézy o dělení jader je možno pohlížet na filamenty jako na útvary vznikající při expansi dvou nebo více galaxií, které vznikly z téhož jádra. U galaxie M 51 a podobně u galaxie NGC 7752 pozorujeme v zakončení jednoho spirálního ramene vedlejší galaxii. Ambarcumjan soudí, že tento jev svědčí o vztahu mezi dělením prvotního jádra a vznikem spirálních větví. Ambarcumjan tedy pokládá jádra galaxií za zdroje vznikajících galaxií. Je zajímavé, že u spirály v Andromedě bylo zjištěno jádro vysoké svítivosti neobyčejně malých rozměrů (několik ps). Podle Ambarcumjana takové jádro obsahuje značné množství předhvězdné látky o vysoké hustotě; nelze si totiž představit dělení jader, která by se skládala z normální hvězdné populace. Ambarcumjanova obsáhlá studie obsahuje mnoho zajímavých úvah, které jsou velmi podnětné pro další pozorovatelské i teoretické výzkumy metagalaxie.

FYSIKÁLNÍ PODMÍNKY EXISTENCE ŽIVOTA VE VESMÍRU*)

G. M. IDLIS

Úvod

Astronomie má velký význam pro vědecký světový názor. Utváří vědeckými poznatky podloženou představu o obklopujícím nás světě, o jeho stavbě a vývoji. Ale většinou se tak děje pouze jednostranně. Z faktických dat o struktuře astronomií poznaného vesmíru se vědečtí pracovníci snaží vyvodit historii jeho vývoje, zákonitosti vzniku galaxií, hvězd, sluneční soustavy, Země a nakonec i života až do nejvýše organizovaných živých bytostí, schopných myslet a poznávat přírodu.

Zajímavé a zásadně důležité je položit proti obvyklému postupu otázku naopak: proč je námi pozorovaná část vesmíru rozpínající se soustavou galaxií, v nichž nalézáme hvězdy, kolem kterých obíhají planety, na jedné z nich žijeme my? Nebylo by možno řešit tuto otázku již ze samého faktu naší existence? Jinými slovy — nejsou základní rysy astronomií pozorovaného vesmíru prostým důsledkem toho, že před námi není libovolná část vesmíru, nekonečného ve své mnohotvárnosti, ale právě ta jeho konkrétní, konečná oblast, ve které měl život možnost vzniknout a existovat i v současné době?

Cílem této práce je pokus postupně řešit tento problém: proč je svět, který nás obklopuje, takový, jaký je? Filosofický význam této otázky odpovídajících závěrů spočívá ve zdůvodnění a zdůraznění toho, že některé pozorované zákonitosti přírody (např. diferenciace hmoty na kosmické objekty typu naší Galaxie, na hvězdy a planety, dále rudý posuv galaxií apod.) jsou typické pro ty oblasti vesmíru, ve kterých existuje život (typické v prostoru i v čase), zatím co pro celý nekonečný vesmír typickými být nemusí.

*) Г. М. Идлис, Основные черты наблюдаемой астрономической вселенной как характерные свойства обитаемой космической системы, *Izv. Astrofizičeskogo instituta AN KazSSR*, sv. VII (1958), str. 39.