

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Jaromír Široký

Analogie mezi kosmickými soustavami různých měřítek

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 12 (1967), No. 5, 275--282

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/138936>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1967

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>

- [17] *Pokyny pro sestavení plánů výzkumných prací na pracovištích ČSAV na rok 1967*. ČSAV, Praha, 20. června 1966.
- [18] *Pokyny pro sestavení prováděcího plánu výzkumu v oblasti společenských věd na pracovištích ČSAV na rok 1967*. ČSAV, Praha, 20. června 1966.
- [19] *Pokyny pro zpřesnění prováděcího plánu badatelského výzkumu v oblasti přírodních, technických, zemědělských a lékařských věd na rok 1967*. ČSAV, Praha, 5. července 1966.
- [20] VLACHÝ J.: *Státní plán badatelského výzkumu na pracovištích ministerstva školství*. Vysoká škola 15 (1967—1968), v tisku.
- [21] VLACHÝ I.: *Pracoviště státního plánu badatelského výzkumu v matematice, fyzice, jaderném výzkumu, geofyzice, astronomii a přístrojové technice*. Pokroky matematiky, fyziky a astronomie 12. 12. (1967), č. 6, v tisku.
- [22] VLACHÝ J.: *Státní plán badatelského výzkumu ve fyzice a jaderném výzkumu na pracovištích ČSAV*. Československý časopis pro fyziku A 17 (1967), č. 5, s. 540—543.

ANALOGIE MEZI KOSMICKÝMI SOUSTAVAMI RŮZNÝCH MĚŘÍTEK

JAROMÍR ŠIROKÝ, Olomouc

Již na počátku 20. století upozornil švédský astronom C. V. CHARLIER na to, že vesmír je „vybudován“ hierarchickým způsobem. Soustavy n -tého řádu tvoří soustavy $n + 1$. řádu atd. Pro období do konce 19. století je charakteristické zkoumání těles sluneční soustavy. Teprve na začátku 20. století se pozornost astronomů soustřeďuje na výzkum naší galaktické soustavy (r. 1927 dokazuje Holanďan J. H. OORT rotaci Galaxie) a konec padesátých let je ve znamení studia Supergalaxie. Současným dalekohledům je dostupná asi jedna miliarda galaxií.

Výzkumy M. S. EIGENSONA [1] z let 1955—1963 ukázaly, že mezi strukturou sluneční soustavy a strukturou naší Galaxie existuje řada shodných rysů. Tyto výzkumy lze rozšířit i na soustavu místní Supergalaxie, která se zásluhou G. DE VAUCOULEURSE [2] stala v posledním desetiletí předmětem intenzivního studia. A konečně, jedním z nejvýznamnějších objevů posledních let jsou kvasary (zpočátku chybně nazývané „nadhvězdy“), které mají neobvykle velký červený posuv. Např. kvasar 3C-295 má posuv rovný 0,46 c , tj. vzdaluje se rychlostí, blízkou polovině rychlosti šíření světla. Objev kvasarů upřesní v nejbližší době naše představy o struktuře dosud poslední známé kosmické soustavy — Metagalaxii. Nyní probereme obecné rysy studovaných soustav.

SLUNEČNÍ SOUSTAVA

Sluneční soustava má tyto charakteristické rysy: centrálním tělesem je Slunce, jehož hmotnost $M_{\odot} = (1,991 \pm 0,002) \cdot 10^{30}$ kg zahrnuje 98,6% hmotnosti celé

sluneční soustavy (číselné údaje jsou většinou převzaty z publikace C. W. ALLENA [3]). Ve sluneční soustavě lze rozlišit tři základní subsystemy: plochý, střední a kulový.

Plochý subsystem, který tvoří meziplanetární látka a soustava velkých planet, je určen prakticky rovinou ekliptiky. Jak známo, mají velké planety tyto charakteristické rysy:

a) Všechny planety obíhají ve stejném (přímém) směru kolem Slunce po eliptických drahách, v jejichž jednom společném ohnisku je Slunce.

b) Excentricita drah planet (s výjimkou Merkura a Pluta) je malá; střední hodnota $\bar{e} = 0,081$ (bez Pluta $\bar{e} = 0,060$). Excentricita drah planet se zvolna mění. U Merkura, Marsu, Jupitera a Neptuna roste, u Venuše, Země, Saturna a Urana se zmenšuje. Výstřednosti zemské dráhy ubývá asi o 4 jednotky sedmého desetinného místa ročně.

c) Vzdálenosti planet od Slunce lze vyjádřit zákonem Titiusovým-Bodeovým nebo zákonem Mohorovičičovým¹⁾.

d) Po fyzikální stránce je nápadný rozdíl mezi planetami zemské skupiny (Merkur, Venuše, Země a Mars), které mají relativně malou hmotnost, ale velkou střední hustotu ($\bar{\rho} = 4930 \text{ kg m}^{-3}$), kdežto velké planety (Jupiter, Saturn, Uran a Neptun) mají řádově desetkrát větší hmotnost, ale naopak velmi nízkou střední hustotu ($\bar{\rho} = 1460 \text{ kg m}^{-3}$). Zvláštností velkých planet je poměrně rychlá rotace kolem osy, nápadné zploštění a mohutné atmosféry, složené z metanu (CH_4) a čpavku (NH_3). Celková hmotnost všech planet je $447,9 \mathfrak{M}_Z$; přitom hmotnost Země $\mathfrak{M}_Z = (5,977 \pm \pm 0,004) \cdot 10^{24} \text{ kg}$.

e) Střední sklon drah velkých planet vzhledem k rovině ekliptiky je $i = 4^\circ 28'$; jestliže vynecháme Pluta ($i = 17^\circ 08' 44''$), vychází pouze $i = 2^\circ 39'$. Tato hodnota, jak uvidíme v dalším, je nejmenší ze všech ostatních subsystemů ve sluneční soustavě, takže plným právem můžeme usuzovat, že soustava velkých planet tvoří plochý subsystem.

Meziplanetární látka, pokud je přístupná přímému pozorování ve formě zodiakálního světla (včetně protisvitu), je tvořena drobnými částicemi rozptýlenými v blízkosti roviny ekliptiky. Podle C. HOFFMEISTERA [4] mění se hodnota sklonu roviny zodiakálního světla v závislosti na vzdálenosti od Slunce. Ve vzdálenosti 0,5 astronomické jednotky (a. j.) je $i = 2,8^\circ$, ve vzdálenosti 1 a. j. $i = 1,6^\circ$ a ve vzdálenosti 2 a. j. pouze $i = 1,5^\circ$.

Za střední subsystem můžeme považovat soustavu planetek, které obíhají kolem

¹⁾ Zákon Titiusův-Bodeův pro vzdálenosti planet od Slunce

$$D = 0,4 + 0,3 \cdot 2^n,$$

kde n je pro Merkura $-\infty$, Venuši 0, Zemi 1, Mars 2, Jupitera 4, atd.; vzdálenosti planet od Slunce jsou vyjádřeny v astronomických jednotkách. — Mohorovičičův zákon (1938)

$$D = 3,363 \pm 3,363 \cdot 0,88638^n;$$

blíže viz Astronomie I., Praha 1954, s. 402.

Slunce přibližně mezi drahami Marsu a Jupitera (do konce roku 1960 byly vypočteny dráhy 1630 planetek). Střední vzdálenost od Slunce je $\bar{a} = 2,9$ a. j. Oběžné doby P planetek jsou v intervalu od 3,3 do 6,0 roků (týká se 94%), střední oběžná doba $\bar{P} = 4,5$ roku a střední excentricita jejich drah $\bar{e} = 0,15$. Ve srovnání s velkými planetami mají planetky střední sklon dráhy $\bar{i} = 9,7^\circ$, přičemž sklony kolísají od 0° do 52° .

Po fyzikální stránce jsou planetky podobné planetám zemské skupiny, neboť jejich střední hustota $\bar{\rho} = 3500 \text{ kg m}^{-3}$ a celková hmotnost pouze $0,0003 \mathcal{M}_Z$. Podle S. K. VSECHSVJATSKÉHO [5] je hmotnost planetek dokonce $0,001 \mathcal{M}_Z$ a jsou všechny důvody k předpokladu, že existuje postupný přechod od planetek k meteorům. Počet všech planetek ve sluneční soustavě se odhaduje na několik set tisíc.

Součástí kulového subsystému jsou komety s parabolickými drahami, jejichž sklony drah jsou v intervalu od 0° do 180° ; střední hodnota sklonu roviny dráhy je $\bar{i} = 94,3^\circ$.

Naproti tomu krátkoperiodické komety, jejichž oběžná doba $P < 100$ roků, tvoří zřetelně střední subsystém. Jde asi o 40 komet, které jsou natolik jasné, aby je bylo možno pozorovat v okolí perihélia jejich dráhy. Tyto komety (s výjimkou známé Halleyovy komety) se pohybují přímým směrem a byly již pozorovány alespoň při čtyřech návratech. Ze 40 krátkoperiodických komet, které vyhovují výše uvedené podmínce, byla určena střední oběžná doba $\bar{P} = 7$ roků, excentricita dráhy $\bar{e} = 0,56$ a sklon roviny dráhy $\bar{i} = 15^\circ$. Omezíme-li se jen na komety, jejichž perioda je kratší než 10 roků, je střední sklon roviny jejich drah $\bar{i} = 11^\circ$. Jak známo, tvoří krátkoperiodické komety „rodiny“, které podle polohy jejich afélie dělíme na rodinu Jupiterovu, Saturnovu, Uranovu a Neptunovu. Zvláštností Jupiterovy rodiny komet je „planetární“ charakter jejich pohybu. Pohybují se totiž přímým směrem a mají malý sklon dráhy; existují tedy komety, které se svým pohybem podobají planetkám a naopak planetky s drahami podobnými krátkoperiodickým kometám.

Zvláštní pozornost zasluhují měsíce planet. Soustava dvanácti Jupiterových měsíců má dva odlišné subsystémy: I. až V. měsíc mají nulový sklon vzhledem k rovníkové rovině planety; VI. až XII. měsíc mají sklony od 16° do 33° a VIII., IX., XI. a XII. měsíc se pohybují zpětným směrem. Rozdíly jsou patrné i na velikosti těchto těles: III. měsíc (Ganymed) je dokonce větší než Merkur.

Soustava devíti Saturnových měsíců*) má s výjimkou 8. a 9. měsíce zcela minimální sklon oběžné dráhy; největší sklon má 9. měsíc (Phoebe, $i = 30^\circ$), který se pohybuje zpětným směrem. Zvláštností mezi Saturnovými měsíci je neobyčejně velký 6. měsíc (Titan, jeho poloměr $R = 2500 \text{ km}$ a hmotnost $\mathcal{M} = 137 \cdot 10^{21} \text{ kg}$), jenž více než stonásobně převyšuje hmotností všechny ostatní měsíce planety Saturna.

Příkladem zcela plochého subsystému je pět měsíců Uranu, jejichž sklon dráhy je

*) Koncem r. 1966 oznámil dr. Dollfus objev desátého Saturnova měsíce, jehož dráha je prakticky kruhová. Obíhá ve vzdálenosti 159 tisíc km od Saturna za necelých 18 hodin. Byl nazván Janus. (Pozn. při korektuře.)

roven nule. Je třeba zdůraznit, že rovník planety Uranu svírá s rovinou oběžné dráhy úhel $97^{\circ}59'$ (!), největší ze všech planet. — Celková hmotnost všech 32 dosud známých měsíců je $0,12 \mathfrak{M}_Z$.

Za předpokladu, že hmotnost sluneční soustavy ($1,994 \cdot 10^{30}$ kg) je soustředěna v kouli o poloměru 40 astronomických jednotek, je průměrná hustota látky ve sluneční soustavě $\bar{\rho} = 2,2 \cdot 10^{-9}$ kg m⁻³.

Poloměr dráhy Pluta ($a \approx 40$ a. j.) považuje M. S. EGENSON za hranici tzv. „malé sluneční soustavy“, kdežto „velkou soustavu“ tvoří ještě komety s parabolickými drahami. Podle J. H. OORTA [6] je ve vzdálenosti 50 000 a. j. od Slučen rezervoár komet, z něhož se postupně dostávají komety do blízkosti Slunce. V této vzdálenosti se již projevuje slapové působení blízkých hvězd. Proto lze přibližně přirovnat sluneční soustavu ke spirální galaxii: ve středu soustavy je Slunce, podobně jako jádro v galaxii; plochý a střední subsystém tvoří malá sluneční soustava a „halo“, téměř kulovitěho tvaru, tvoří soustava komet s parabolickými drahami.

GALAXIE

Galaktická soustava, jejíž součástí je sluneční soustava, je podle Hubblovy klasifikace spirálou typu Sb. Slunce není blíže než 8 kiloparseků (kps) od středu Galaxie a není dále než 9 kps²). Střed Galaxie, jak plyne z dynamických úvah, leží ve směru souhvězdí Střelce ($l^I = 327,76^{\circ}$, $b^I = -1,40^{\circ}$ ve staré soustavě galaktických souřadnic). Pomocí elektronkového měniče obrazu ($\lambda = 9800$ Å) objevili v roce 1949 A. A. KALINJAK, V. I. KRASOVSKIJ a B. V. NIKONOV v galaktické délce $l^I = 330^{\circ}$ eliptické jádro o průměru 1,2 kps. Jak ukázali OORT a ROUGOOR je v kouli o poloměru 150 parseků kolem geometrického středu Galaxie hustota látky 500 až 1000krát vyšší než v okolí Slunce; v kouli o poloměru 60 ps je celková hmotnost asi $5 \cdot 10^6 \mathfrak{M}_{\odot}$.

Kromě hvězd a jejich soustav je významnou součástí Galaxie mezihvězdná látka. Většina neutrálního vodíku (H I) je soustředěna do velmi tenkého disku podél galaktické roviny. Vodík je uspořádán do více méně pravidelných spirálních větví, které jsou od sebe vzdáleny 2 až 2,5 kps. Maxima dosahuje hustota neutrálního vodíku ve vzdálenosti 6,5 kps od centra (1 atom/cm³), ve vzdálenosti 14 kps pouze 0,1 atomu/cm³. Naproti tomu ionizovaný vodík (H II) má maximum hustoty ve vzdálenosti $R = 4$ kps, kde je hustota asi 0,5 iontů v krychlovém centimetru. V rovině Galaxie připadá průměrně na vzdálenost 1 kps asi 10 mračen mezihvězdné látky. Průměr mračna je asi 10 parseků, střední hustota v mračnu je 10 atomů vodíku na 1 cm³.

Hmotnost Galaxie se odhaduje na $\mathfrak{M}_G = 1,82 \cdot 10^{11} \mathfrak{M}_{\odot}$, hmotnost jádra $\mathfrak{M}_j =$

²) Podle G. M. Idrise [8] je vzdálenost Slunce od centra Galaxie $R_{\odot} = (8,5 \pm 0,6)$ kps a rovníkový poloměr Galaxie $R_G = (19 \pm 1)$ kps. Celkovou hmotnost Galaxie v jednotkách hmotnosti Slunce odvodil $\mathfrak{M}_G = (1,00 \pm 0,14) \cdot 10^{11} \mathfrak{M}_{\odot}$.

$= 0,64 \cdot 10^{10} \mathcal{M}_{\odot}$; na jádro připadají tedy pouze 3,5% hmotnosti celé soustavy [7]. Průměr soustavy se odhaduje na 30 kps, tloušťka centrální části na 5 kps.

Zvláště zajímavý je průběh rotace v Galaxii. V okolí středu Galaxie asi do vzdálenosti 1,5 kps rotuje Galaxie jako tuhé těleso, což znamená, že jádro Galaxie je poměrně homogenní útvar. Odtud až do vzdálenosti 8 kps, tj. přibližně do vzdálenosti našeho Slunce, se rotační rychlost málo mění a dále než 8 kps nalézáme pokles lineární rotační rychlosti, velmi přibližně podobný tomu, který požaduje Keplerova rotace.

Populace v Galaxii rozdělujeme podle fyzikálních vlastností na subsystemy, podle kinematických a prostorových charakteristik na složky. Subsystemy i složky dělíme na ploché, střední a kulové. Typičtí zástupci jednotlivých podsystémů i složek jsou uvedeni v tabulce na konci článku.

Naše Galaxie má dva satelity, které nazýváme Velké a Malé mračno Magellanovo. Jeví se jako dva obláčky oddělené od Mléčné dráhy (na jižní obloze); optický průměr Velkého mračna je 7° , Malého asi $3,5^{\circ}$. Soubornou práci o obou mračnech uveřejnil G. M. IDLIS [8]. Vzdálenost obou mračen od centra Galaxie určil na $d = (46 \pm 3)$ kps, vzdálenost mezi mračny navzájem je přibližně 16 kps. Poloměr Velkého mračna je 7,0 kps, Malého mračna asi 5,0 kps. Hmotnost obou mračen se odhaduje na $3,2 \cdot 10^9 \mathcal{M}_{\odot}$. Radiální rychlost Velkého mračna $V_r = (+280 \pm 1)$ km s $^{-1}$, Malého mračna $V_r = (+161 \pm 1)$ km s $^{-1}$. Z radiálních rychlostí byla určena rotace obou satelitních galaxií i jejich oběh kolem společného těžiště.

SUPERGALAXIE

Podle G. DE VAUCOULEURSE [2] obsahuje místní Supergalaxie asi 10^4 galaxií, které tvoří zhuštění ve formě hnízd a kup³⁾. Průměr Supergalaxie je asi 30 megaparseků (Mps), směrem k pólům je tato soustava zploštělá. Poloha severního pólu je dána galaktickými souřadnicemi (ve staré soustavě) $l^I = 15^{\circ}$, $b^I = +5^{\circ}$; to znamená, že rovina Supergalaxie je přibližně kolmá na rovinu Galaxie. Střed soustavy leží ve směru souhvězdí Virgo a naše Galaxie je ve vzdálenosti asi 10 Mps od centra Supergalaxie. Hmotnost Supergalaxie se odhaduje na $10^{15} \mathcal{M}_{\odot}$. Také u Supergalaxie byla zjištěna existence satelitu, jehož tvar je podobný místní Supergalaxii.

Důležité ovšem je, že galaxie jsou do značné míry od sebe izolovány a dynamicky nezávislé. Byly však zjištěny tři skupiny galaxií, u nichž je tato nezávislost narušena: a) galaxie ve vzájemném působení; b) dvojité galaxie a vícenásobné galaxie, které jsou spojeny mosty; c) rádiové galaxie, které jsou ve stadiu rozpadu. Jak ukázal V. A. AMBARCUMJAN, lze předpokládat, že některé kupy galaxií se skládají ze subsystemů. Např. v kupě galaxií v souhvězdí Coma Berenices je víceobří galaxie typu S_0 obklopena kulovým mračnem eliptických galaxií s nízkou zářivostí. Tvoří tedy kupu s vel-

³⁾ Odhady počtu galaxií v Supergalaxii kolísají mezi 10 000 až 15 000 galaxií.

kým gradientem hustoty ke středu uvnitř kupy galaxií. Můžeme rovněž rozlišit dva typy populací galaxií: první typ je tvořen spirálními galaxiemi a nepravidelnými galaxiemi, druhý typ se skládá z eliptických galaxií a galaxií typu S_0 .

Tabulka I
Srovnání kosmických soustav různých měřítek

Sovětská terminologie Americká terminologie	plochý subsystém (plochá složka) populace I. typu	střední subsystém (střední složka) populace disku	kulový subsystém (kulová složka) populace II. typu (halo, korona)
Sluneční soustava	meziplanetární látka ($\bar{r} = 2^\circ$) soustava velkých planet ($\bar{r} = 4,5^\circ$)	planetky ($\bar{r} = 9,7^\circ$) krátkoperiodické ko- mety ($P < 100$ roků; $\bar{r} = 15^\circ$)	komety s parabolic- kými drahami ($\bar{r} = 94,3^\circ$)
Galaxie	mezihvězdná látka (neutrální vodík, $\lambda = 21$ cm; mlho- viny s H_α emisí hvězdy W—R, O—B ₅ , B ₈ —B ₉ hvězdné asociace typů O a T otevřené hvězdokupy hvězdy se silnými čarami ve spektru stáří: $0,1$ až $1,5 \cdot 10^9$ roků	hvězdy galaktického jádra a hvězdy hlav- ní posloupnosti (sp. třídy dG—dM) polopravidelné pro- měnné hvězdy novy a planetární mlhoviny podobí a obří spektr. tříd G—K hvězdy se slabými čarami ve spektru stáří: $1,5$ až $5 \cdot 10^9$ roků	kulové hvězdokupy bílé trpasličí proměnné hvězdy typu RR Lyrae ($P > 0,4$ dne) dlouhoperiodické proměnné M5e podtrpasličí, rychle hvězdy spektrálních tříd F—M stáří: $6 \cdot 10^9$ roků a více
Supergalaxie	mezigalaxiální látka	místní soustava galaxií	hnízdo galaxií Com

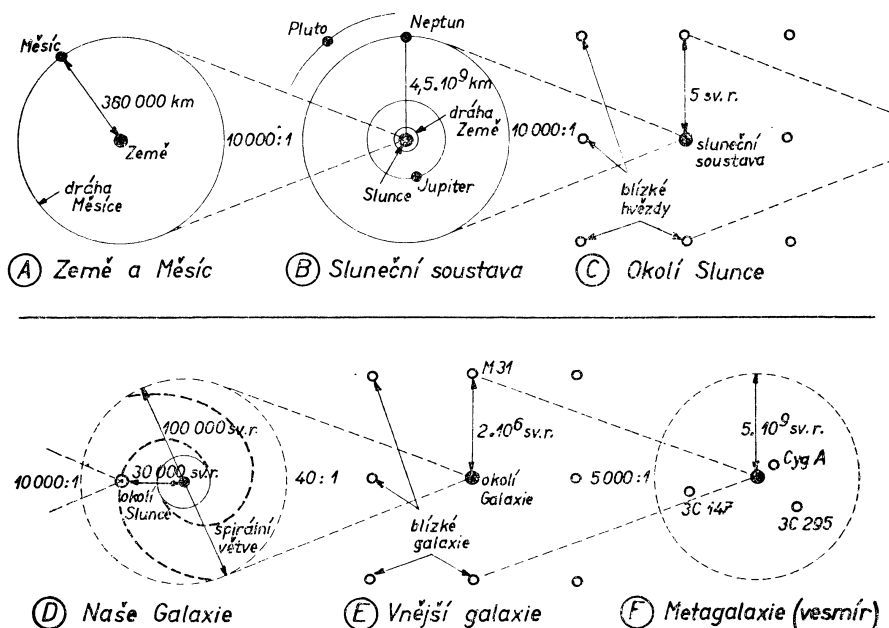
METAGALAXIE

Původně byly považovány všechny objekty ležící za naší Galaxií za metagalaxii. Teprve v 60. letech našeho století se astronomové stále více přiklánějí k názoru, že i supergalaxie tvoří soustavu vyššího řádu — Metagalaxii. Zvláště od r. 1963, kdy byly objeveny kvasary (Quasi-Stellar Radio Sources), jejichž vzdálenosti jsou

řádově 10^9 ps (tj. gigaparseky – Gps)⁴), se reálně uvažuje o Metagalaxii jako autonomní kosmické soustavě, která obsahuje všechny galaxie pozorovatelné současnými prostředky. G. M. IDLIS ukazuje, že rychlost rozpínání Metagalaxie je blízká Hubblově konstantě $H = 75 \text{ km/s Mps}^{-1}$.

ZÁVĚR

Všechny kosmické soustavy obsahují kromě typických objektů, tj. planet, komet a meteorů v případě sluneční soustavy, hvězd a jejich soustav v případě galaxií a soustav galaxií u supergalaxií také plynoprachovou složku, kterou nazýváme látkou meziplanetární, mezihvězdnou a mezigalaxiální. Na obr. 1 jsou schematicky



Obr. 1: Poměrné velikosti kosmických soustav [9].

znázorněny v poměrném zmenšení sluneční soustava, Galaxie a Metagalaxie. Zatímco v okolí Slunce je střední vzdálenost mezi hvězdami asi 5 světelných roků, jsou průměrné vzdálenosti mezi galaxiemi asi 2 miliardy světelných roků. Typická galaxie obsahuje asi 10^{11} hvězd, Supergalaxie asi 10^{22} hvězd.

⁴) Za nejbližší známý objekt se považuje rádiový zdroj 3C-196, jehož vzdálenost se podle odhadu J. S. Šklovského rovná 13 miliardám světelných roků a jeho absolutní hvězdná velikost je -27^M .

Čím je však kosmická soustava vyššího řádu, tím je menší hustota látky v dané části prostoru. Hmotnost sluneční soustavy ($\approx 2 \cdot 10^{30}$ kg, tj. prakticky hmotnost Slunce) je obsažena v kouli o poloměru 6 miliard km ($6 \cdot 10^{12}$ m, po dráhu planety Pluto); její objem je tedy 10^{39} m³. Pro hustotu látky ve sluneční soustavě dostáváme $2 \cdot 10^{-9}$ kg m⁻³. Hmotnost Galaxie $2 \cdot 10^{11} M_{\odot} = 4 \cdot 10^{41}$ kg, poloměr $4 \cdot 10^{20}$ m; objem je tedy $2,7 \cdot 10^{62}$ m³. Průměrná hustota látky v Galaxii je tudíž $1,5 \cdot 10^{-21}$ kg m⁻³. V mezigalaxiálním prostoru připadá průměrně jedna galaxie na 200 miliónů krychlových kiloparseků neboli $6 \cdot 10^{66}$ m³. Za předpokladu, že průměrná hmotnost galaxie je rovna hmotnosti naší Galaxie, dostáváme průměrnou hustotu látky $6,6 \cdot 10^{-26}$ kg m⁻³. Tyto údaje však nejsou dosti názorné, a proto uveďme toto přirovnání: hmotnost Země je 6 tisíc miliard tun. Na stejný objem prostoru, jaký zaujímá Země, připadají ve sluneční soustavě průměrně 2 miliardy tun. V Galaxii připadá na objem Země 1,5 kg a v mezigalaxiálním prostoru pouze 0,07 gramu látky.

Literatura

- [1] EJGENSON M. S.: *Astronomičeskij žurnal* 40 (1963), 140. Viz též ŠTOKÝ J.: *Kosmické rozhledy* 1 (1963), 16.
- [2] DE VAUCOULEURS G.: *Vistas in Astronomy II*, 1965, str. 1584—1606; *Nature* 182 (1958), 1478; *Astronomičeskij žurnal* 36 (1959), 977.
- [3] ALLEN C. W.: *Astrofizičeskije veličiny*. Moskva 1960.
- [4] HOFFMEISTER C.: *Astr. Nachrichten* 271 (1950), 49.
- [5] VSECHSVJATSKIJ S. K.: *Fizičeskije charakteristiky komet*. Moskva 1958.
- [6] OORT J. H.: *Empirical data on the origin of comets. Moon, meteorites and comets*. Chicago—London, Univ. Chicago Press 1963.
- [7] MIKIŠA A. M., ČICIN F. A.: *Astronomičeskij žurnal* 34 (1957), 700.
- [8] IDLIS G. M.: *Astronomičeskij žurnal* 36 (1966), 162.
- [9] ZIOLKOWSKI K.: *Urania* 37 (1966), 162.

Nejnovější výsledky výzkumu slunečních baterií umožní umělým družicím vysílat daleko silnější rádiové signály po delší čas ve srovnání s družicemi dnešními. S významnou novinkou přichází RCA v oblasti slunečních baterií s dlouhou životností. Účinnost těchto zařízení dosud silně klesala s působením vysoce energetického záření (např. kosmického), které projde účinnou plochou a vytvoří znehodnocující kanálek. V nových článcích je přidáno malé množství lithia, které migruje do proražených míst a mění jejich vlastnosti tak, že se obnoví původní schopnost přeměny sluneční energie v elektrickou. Nové součástky jsou minimálně 50× odolnější vůči škodlivému záření než dosavadní sluneční baterie. Také výkon na jednotku váhy byl zdvojnásoben (proti křemíkovým slunečním článkům) použitím tenkovrstvové technologie a napařováním CdS na pokovené fólie z plastických hmot.

-XO-