

## АНАЛИЗА ПОДСИСТЕМА МЛЕЧНОГ ПУТА

СЛОБОДАН НИНКОВИЋ

*Astronomska opservatorija, Volgina 7, 11160 Beograd-74, Jugoslavija*  
*E-mail: sninkovic@aob.bg.ac.yu*

**Абстракт.** Аутор анализира подсистеме галаксије Млечни пут полазећи од идеја изнесених у литератури о могућностима постојања посебних подсистема.

### 1. УВОД

Идеја о хетерогеној структури наше Галаксије - Млечног пута (МП) - је веома стара. Радови Линдблада (1925) и Бадеа (1944) су добро познати. Могло би се рећи да од њих и потичу два израза који се и данас у вези с тим веома често користе. То су израз *подсистем* и израз *популација*. Први, који потиче од Линдблада, односи се на просторну расподелу (која је опет последица начина кретања), док други узима у обзир и физичке карактеристике објеката Млечног пута. У данашње време се употреба ових израза често преплиће. Аутор овог прилога намерава да користи израз подсистем будући да се онда полази од просторне расподеле. Ова последња је, као што је већ речено, последица начина кретања који је, са своје стране, у корелацији са физичким карактеристикама на шта је први указао Баде.

Дакле, приликом дефинисања једног подсистема МП најпре се одређује закон просторне расподеле у МП који следи дати скуп објеката ове галаксије. Математички приказ ових закона се у уобичајеној терминологији зове *модел* МП. У овом тексту наводе се подсистеми предлагани од стране различитих аутора и анализира се њихов значај и допринос укупној маси МП.

### 2. ПРЕГЛЕД ПОДСИСТЕМА

#### а) Црна рупа у средишту

Зна се да су црне рупе још увек хипотетички објекти, али се у последње време сматра, по свој прилици с правом, да такви објекти заиста постоје. За МП и проучавање галаксија уопште од интереса су изузетно масивне црне рупе које би требало да се налазе у њиховим средиштима (централне црне рупе - ЦНР) (на пр. Тремејн и др. 1994). Према прелиминарним прорачунима маса ЦНР могла би да буде  $10^{8-9} M_{\odot}$ . Њено порекло се често везује за квазаре. Када је реч о моделу, формуле за ЦНР су једноставне, Диракова  $\delta$  - функција за густину, односно израз за материјалну тачку у случају потенцијала.

## б) Језгро

Није сасвим јасно шта се подразумева под појмом језгра (енгл. *nucleus*), тј. схватања различитих аутора се разликују. Неки под тим подразумевају област активности дате галаксије. МП, додуше, не спада у активне галаксије, међутим трагови евентуалне раније активности су, разуме се, просторно ограничени. На основи изложеног јасно је да се схватања различитих аутора о запремини и маси језгра разликују, рецимо полупречник око  $1 \text{ pc}$ , маса око  $1 \times 10^7 M_{\odot}$  (Хауд, Еинасто 1989). Можда се језгро може повезати са особеношћу графика густине за веће подсистеме познатом под именом „врх“ (енгл. *cusp*)?

## в) Средишње згушњење

Овде се ради о подсистему коме би се приписала „одговорност“ за постојање евентуалног израженог максимума на кривој ротације (тачније кружне брзине) смештеног на око  $350 \text{ pc}$  од средишта Млечног пута (на пр. Хауд 1979). Маса овог подсистема би такође могла да има ред величине  $10^9 M_{\odot}$  (на пр. Петровскаја, Нинковић 1993). Условно би се за овај подсистем могао прихватити енглески термин *inner bulge*, пре свега, зато што многи аутори за област МП унутар  $1 \text{ kpc}$  од средишта користе израз *bulge* (на енглеском), али подсистем са таквим именом је посебна целина (на пр. Петровскаја, Нинковић 1993, с напоменом да ови аутори нису користили израз *inner bulge*). На крају треба, свакако, рећи да постојање овог израженог максимума на кривој ротације није опште прихваћено и да постоје и алтернативне интерпретације криве ротације где таквог максимума уопште нема (на пр. Денен, Бини 1998).

## г) Централни овал

Централни овал је израз који аутор овог прилога предлаже за оно што се у англосаксонској литератури обично назива *bulge*. Нема сумње да постојање овог подсистема није спорно. Он фигурише у готово свим моделима МП. Његов облик је сферичан премда се спљоштеност често не занемарује. Укупна маса износи негде  $1 - 2 \times 10^{10} M_{\odot}$  и она је претежно сконцентрисана унутар галактоцентричног радијуса  $1 - 3 \text{ kpc}$  (на пр. Бекол 1986).

## д) Диск

Овде се такође ради о подсистему чије је постојање неоспорно, можда неоспорније од било ког другог јер се често диск сматра као нека врста МП у ужем смислу. Овакво схватање није без разлога јер све до открића тамне материје диск је важио, не само за најсјајнији подсистем МП, него и за његов најмасивнији подсистем. Осим велике спљоштености по којој је добио име, а која потиче од његове брзе ротације, диск је познат и по томе што његови објекти у просеку садрже релативно знатне количине хемијских елемената тежих од водоника и хелијума. У том погледу постоји извесна сличност између диска и централног овала.

Грађа диска је сложена. Може се говорити о неком „основном диску“ који садржи далеко највећи део његове укупне масе и где се просторна расподела

објеката одликује обрћном симетријом. За овај део диска се најчешће примењује тзв. експоненцијална формула:  $\sigma(R)\exp(-\alpha R)$  (на пр. Фримен 1970), где је  $\sigma(R)$  површинска густина његове материје,  $R$  је растојање до осе симетрије (ротације) МП, док је константа означена са  $\alpha$  реципрочна вредност карактеристичне дужине за овај диск. Осим тога, опште је познато да се младе и сјајне звезде диска, већи део развезаних звезданих јата и медјузвездана материја концентришу у облику спиралних грана. С друге стране није искључено да изванредан део, нарочито старијих објеката, диска тежи да образује неки диск мање спљоштености који често називају дебели диск (енгл. thick disc, на пр. Бекол 1986). Иначе укупна маса диска се често процењује на неколико десетина милијарди Сунчевих маса и сконцентрисана је углавном унутар око 15 *kpc* од средишта МП (на пр. Бекол 1986).

#### ђ) Хало

Хало је такође добро познат подсистем МП, у најмању руку онолико колико и диск. Обично се ова два подсистема узимају као супротности. Диск је веома спљоштен, хало је скоро сферан, објекти диска су релативно богати хемијским елементима тежим од водоника и хелијума, за разлику од објеката халоа који су врло сиромашни тим истим елементима. Медјутим, премда су њихове укупне масе сконцентрисане унутар приближно истих галактоцентричних растојања, укупна маса халоа је, посвој прилици, знатно мања од укупне масе диска - она износи, рецимо,  $2 - 3 \times 10^9 M_{\odot}$  (на пр. Бекол 1986).

#### е) Тамни подсистем

Тамна материја је данас широко прихваћен појам премда је њена природа још увек нејасна. За подсистем који она образује користе се различити изрази. Неки га зову тамни хало или само хало па онда хало (в. љ) називају неким другим именом, рецимо сфероид (на пр. Бекол 1986). У овом прилогу биће коришћен израз тамни подсистем (ТП). Укратко у литератури се за њега обично узима приближно сферни облик, веома велик радијус ( $\gg 100 kpc$ ) и врло велика маса (рецимо око  $1 \times 10^{12} M_{\odot}$  - Петровскаја, Нинковић 1993). Као што је познато, улога ТП је да одржава гравитацијски МП због велике кинетичке енергије ротације.

### 3. ДИСКУСИЈА

Унутар овог скупа подсистема МП могло би се извршити следеће груписање:

- а) средишњи подсистеми
- б) распрострти подсистеми.

У прву групу аутор овог прилога би сврстао подсистеме а-г. Од њих, као што је већ речено, централни овал представља незаобилазни подсистем, без кога се готово ниједан модел МП не може замислити. Што се тиче осталих, не би требало мислити да они не постоје. Вероватно су сви они стварни (можда је постојање ШПР мало проблематично), али централни

овал, врло вероватно, има релативно сложену структуру, тј. он, по свој прилици, укључује у себе остале средишње подсистеме (б и в) што се може видети из околности да укупне масе поменути два чине сразмерно мали проценат његове укупне масе. Ово тврђење би остало на снази и када би се централном овалу прикључила ЦПР.

За подсистеме друге групе може се рећи следеће. Диск има знатну средњу густину и могао би се упоредити са средишњим подсистемама, који иначе, по дефиницији, имају велику средњу густину. Хало и ТП имају врло малу средњу густину. Овај први због малог радијуса има и врло малу укупну масу и због тих околности не сматра се битним у прорачуну гравитационог поља МП. Дакле, није чудно што готово сви актуелни модели МП усвајају три подсистема - централни овал, диск и ТП. Формуле за густину су доста компликоване па се зато овај прилог неће њима бавити. С друге стране, потенцијал пружа добру алтернативу. Ако је он аналитички дат, могу се, с обзиром на својства Поасонове једначине, лако израчунати и густина и остале неопходне величине. Варијанта са потенцијалом датим аналитички има такође предност када треба рачунати галактоцентричне путање пробних објеката.

Најпознатија, а такође и најједноставнија и самим тим највише примењивана, формула за потенцијал је, свакако, Пламер-Шустерова формула. Она гласи

$$\Pi = \frac{GM}{(r^2 + b^2)^{1/2}},$$

где је  $\Pi$  потенцијал,  $G$  константа гравитације,  $M$  укупна маса датог звезданог система (или подсистема),  $r$  је растојање до средишта и  $b$  је константа. Као што се јасно види, ова формула је сферно симетрична. Дакле она се може применити на подсистеме који немају изражену спљоштеност, а међу поменути то су сви осим диска; за посебан случај ЦПР константа  $b$  би била једнака нули. Уколико се наглашава сложеност структуре подсистема, рецимо за централни овал, може се у имениоцу увести још једна константа као сабирак испред квадратног корена (на пр. Нинковић 1998). У случају када се спљоштеност не може занемарити (пример диска) најчешће се примењује Мијамото-Нагаијева формула (на пр. Нинковић 1992).

### Литература

- Baade, W.: 1944, *Asrophys. J.*, **100**, 137.  
 Bahcall, J. N.: 1986, *Ann. Rev. Astron. Astroph.*, **24**, 577.  
 Dehnen, W., Binney, J.: 1998, *Mon. Not. R. Astr. Soc.*, **294**, 429.  
 Freeman, K. C.: 1970, *Asrophys. J.*, **160**, 811.  
 Хауд, У. А.: 1979, *Письма в Астрон. ж.*, **5**, 124.  
 Haud, U., Einasto, J.: 1989, *Astron. Astrophys.*, **223**, 95.  
 Lindblad, B.: 1925, *Ark. f. Mat., Astr. och Fysik*, **19A**, no 21.  
 Ninković, S.: 1992, *Astron. Nachr.*, **313**, 83.  
 Ninković, S.: 1998, *Serbian Astronomical Journal*, **158**, 15.  
 Petrovskaya, I. V. Ninković, S.: 1993, in *Galactic Bulges*, eds. H. Dejonghe and H. J. Habing, Kluwer Acad. Publishers, стр. 353.  
 Tremaine, S., Richstone, D. O., Bynn, Y.-I., Dressler, A. Faber, S. M., Grillmair, C., Kormendy, J., Lauer, T. R.: 1994, *Astron. J.*, **107**, 634.