

Раздзел VIII

Будова і эвалюцыя Сусвету

§ 27. Наша Галактыка

1. Будова Галактыкі. На асеннім начным небе ў ясную бязмесяцавую ноч з захаду на ўсход праз зеніт (шыроты Беларусі) цягнецца добра прыкметная святлівая паласа — **Млечны Шлях**. Старажытныя грэкі Млечны Шлях назвалі **Галактыкай** (ад грэч. γαλα — малако). Яшчэ Галілео Галілей у 1609 г. у тэлескоп выявіў, што Млечны Шлях складаецца з велізарнай колькасці слабых зорак.

Млечны Шлях праходзіць праз абодва паўшар'і па вялікім крузе нябеснай сферы (рыс. 140). Лінія, якая ідзе ўздоўж сярэдзіны Млечнага Шляху, называецца **галактычным экватарам**, а плоскасць, якая яго ўтварае, — **галактычнай плоскасцю**. Галактычная плоскасць нахілена да плоскасці нябеснага экватара пад вуглом 63° .

Такім чынам, Галактыка — гэта гравітацыйна звязаная сістэма, якая складаецца з соцень мільярдаў зорак і міжзоркавага асяроддзя, а Млечны Шлях — яе святлівая праекцыя на нябесную сферу.

Колькасныя падлікі зорак у розных напрамках ад галактычнага экватара распачаў яшчэ Уільям Гершэль у 70-х гг. XVIII ст. Выбарчныя падлікі паказа-



Рыс. 140. Млечны Шлях

лі, што колькасць зорак рэзка памяншаецца па абодва бакі ад галактычнай плоскасці. Далейшымі даследаваннямі было ўстаноўлена, што ўсе зоркі неба ўтвараюць адзіную зорную сістэму. У Млечным Шляху засяроджана пераважная колькасць зорак Галактыкі — велізарнай зорнай сістэмы, якая мае форму плоскага лінзападобнага дыска (рыс. 141) папярочнікам каля 30 і таўшчынёй каля 1 кпк (або адпаведна

каля 100 і 3 тыс. светлавых гадоў). Зорны дыск Галактыкі мае структуру ў выглядзе спіральных галін (рукавоў). Шарападобнае патаўшчэнне ў сярэдзіне дыска атрымала назву **балдж** (ад англ. *bulge* — уздуцце). Найбольш шчыльная і кампактная цэнтральная частка Галактыкі размяшчаецца ў сузор’і Стральца і называецца **ядром**.

Ядро Галактыкі скрыта ад нас газавымі воблакамі і зоркамі. Яно характарызуецца вельмі вялікай актыўнасцю і выпраменьвае ў радыё-, інфрачырвоным і рэнтгенаўскім дыяпазонах даўжынь хваль. Даследаванне працэсаў, што адбываюцца ў цэнтральнай частцы Галактыкі, дае магчымасць выказаць меркаванне, што ў ядры знаходзіцца звышмасіўная чорная дзіра масай 2—5 млн сонечных мас.

Частка зорак нашай Галактыкі не ўваходзіць у склад дыска, а ўтварае сферычную складальную — **зорнае гало**, радыус якога не меншы за 20 кпк. Гало акружана вельмі разрэджанай і вялікай па памерах (50—60 кпк) вонкавай часткай Галактыкі — **каронай**.

Сонечная сістэма ў Галактыцы знаходзіцца далёка ад цэнтра — на адлегласці каля 8 кпк — і ляжыць амаль у галактычнай плоскасці.

2. Зоркавыя скопішчы. Структурнымі складальнымі Галактыкі з’яўляюцца зоркавыя скопішчы. **Зоркавыя скопішчы** — гэта гравітацыйна звязаныя групы зорак, якія маюць агульнае паходжанне. Зоркавыя скопішчы рухаюцца ў полі прыцягнення Галактыкі як адзінае цэлае.

Па знешнім выглядзе яны падзяляюцца на рассеяныя і шаравыя.

Рассеянае зоркавае скопішча — гэта адносна няшчыльная група зорак, якая мае няправільную форму і ўтрымлівае ад некалькіх дзясяткаў да некалькіх тысяч зорак. Памеры такіх скопішчаў — 6—14 пк. Найбліжэйшыя да нас рассеяныя зоркавыя скопішчы — Плеяды (рыс. 142) і Гіяды — знаходзяцца ў сузор’і Цяльца. Простым



Рыс. 141. Будова нашай Галактыкі. Стрэлка паказвае месцазнаходжанне Сонечнай сістэмы



Рыс. 142. Рассеянае зоркавае скопішча Плеяды ў сузор’і Цяльца



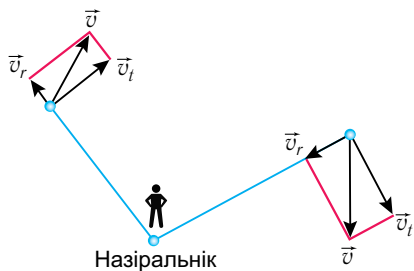
Рыс. 143. Шаравое зоркавае скопішча M5 (NGC 5904) у сузор'і Змяі

вокам можна распазнаць у Плеядах 5—7 слабых зорчак, размешчаных у выглядзе маленькага коўшыка (гл. рыс. 142). Цяпер вядома каля 1200 рассеяных зоркавых скопішчаў. Агульная іх колькасць у Галактыцы ацэньваецца ў 20 тыс. аб'ектаў. Усе яны канцэнтруюцца ў галактычнай плоскасці і складаюцца з малых бела-блакітных зорак галоўнай паслядоўнасці.

Шаравыя зоркавыя скопішчы маюць сферычную або эліпсoidalную форму (рыс. 143), яны налічваюць ад дзясяткаў тысяч да мільёнаў зорак. Дыяметры такіх зоркавых скопішчаў знаходзяцца ў межах ад 20 да 100 пк. Прасторавая канцэнтрацыя зорак рэзка ўзрастае да цэнтра скопішча і дасягае дзясяткаў тысяч у кубічным парсеку (у наваколлі Сонца — $0,13 \text{ пк}^{-3}$). Шаравыя скопішчы ўтвараюць працяглае гало вакол цэнтра Галактыкі і моцна канцэнтруюцца да яго. Усяго ў Галактыцы адкрыта каля 150 шаравых скопішчаў, а іх агульная колькасць дасягае прыблізна 500. Зоркавае насельніцтва шаравых скопішчаў складаецца з зорак, эвалюцыя якіх даўно скончылася, — чырвоных гігантаў і звышгігантаў. Шаравыя скопішчы нашай Галактыкі — адны з найстарэйшых. Іх узрост складае 10—15 млрд гадоў.

3. Рух зорак. У 1718 г. англійскі астраном Эдмунд Галей параўнаў месцазнаходжанні зорак, якія назіраліся ў яго час, з тымі, што былі прыведзены ў каталогах Гіпарха (II ст. да н. э.). Вучоны заўважыў зрушэнне яркіх зорак Сірыуса і Працыёна на $0,7^\circ$, Арктура — больш чым на 1° . На аснове гэтага факта быў зроблены вывад аб прасторавым руху зорак адносна Сонца. Так упершыню было выяўлена, што зоркі рухаюцца.

Скорасць руху зоркі ў прасторы адносна Сонца называецца **прасторавай скорасцю**. У агульным выпадку прасторавая скорасць v (рыс. 144) накіравана пад некаторым вуглом да праменя зроку назіральніка. Вектар прасторавай скорасці раскладаецца на дзве складальныя: па напрамку праменя зроку



Рыс. 144. Прасторавая (v), прамянёвая (v_r) і тангенцыяльная (v_t) скорасці

(**прамянёвая скорасць v_r**) і перпендыкулярную да праменя зроку (**тангенцыяльная скорасць v_t**). Модулі прасторавай, тангенцыяльнай і прамянёвай скарасцей звязаны паміж сабой суадносінай:

$$v = \sqrt{v_r^2 + v_t^2}.$$

Прамянёвая скорасць зоркі вызначаецца па доплераўскім зрушэнні ($\Delta\lambda$) ліній у яе спектры:

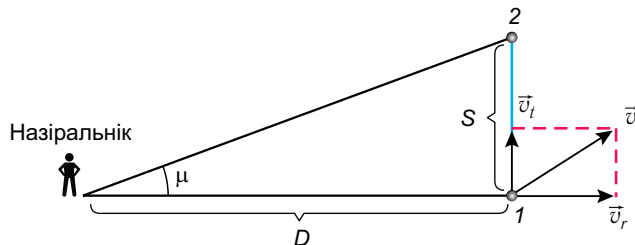
$$v_r = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \cdot c.$$

Тангенцыяльную скорасць вызначаюць па зрушэнні зоркі на нябеснай сферы. Такое зрушэнне ў параўнальна блізкіх (да назіральніка) зорак складае некалькі секунд за дзясяткі гадоў:

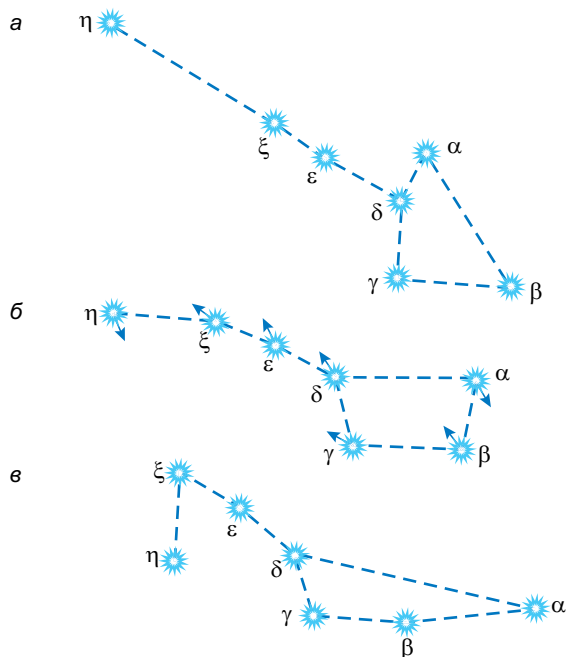
$$v_t = 4,74 \frac{\mu''}{\pi''} \text{ км/с},$$

дзе μ — **уласны рух** (бачнае вуглавае зрушэнне зоркі на нябеснай сферы за адзін год). Ён выражаецца секундамі дугі за год (рыс. 145).

Аналіз уласных рухаў зорак прывёў таксама да выяўлення руху Сонца сярод зорак. Той пункт на нябеснай сферы ($\alpha = 270^\circ$, $\delta = +30^\circ$, сузор'е Геркулеса), у напрамку да якога рухаецца Сонца (са скорасцю 19,4 км/с адносна суседніх зорак), называецца **апексам** Сонца (ад лац. *apex* — вяршыня), а дыяметральна процілеглы пункт неба называецца сонечным **антыапексам**. З прычыны



Рыс. 145. Вызначэнне тангенцыяльнай скорасці зоркі



Рыс. 146. Змяненне адноснага размяшчэння зорак у «каўшы» Вялікай Мядзведзіцы за 100 тыс. гадоў: *a* — 50 тыс. гадоў назад; *b* — наш час (стрэлкамі паказаны напрамкі тангенцыяльных скарасцей зорак); *c* — праз 50 тыс. гадоў

ўласных рухаў зорак праз дзясяткі тысяч гадоў выгляд сузор'яў змяняецца (рыс. 146).

4. Вярчэнне Галактыкі. Спосаб для доказу вярчэння Галактыкі быў распрацаваны ў 1859 г. прафесарам Казанскага ўніверсітэта М. А. Кавальскім. Вывучэнне прамянёвых скарасцей зорак у розных напрамках ад Сонца дало магчымасць сфармуляваць законы вярчэння Галактыкі.

1. *Усе зоркі дыска Галактыкі абарачаюцца вакол яе ядра па арбітах, блізкіх да кругавых.* Гэта вярчэнне адбываецца па гадзіннікавай стрэлцы, калі глядзець на Галактыку з боку яе Паўночнага полюса, які знаходзіцца ў сузор'і Валасы Веранікі.

2. *Вуглавая скорасць вярчэння спадае па меры аддалення ад цэнтра.* Але гэта памяншэнне адбываецца крыху павольней, чым патрабуюць законы Кеплера.

3. *Лінейная скорасць вярчэння спачатку нарастае з аддаленнем ад цэнтра Галактыкі, дасягае максімуму (каля 220 км/с) на адлегласці Сонца, пасля чаго вельмі павольна спадае.*

4. Поўны перыяд абарачэння Сонца вакол ядра Галактыкі складае прыблізна 225—250 млн гадоў (галактычны год).

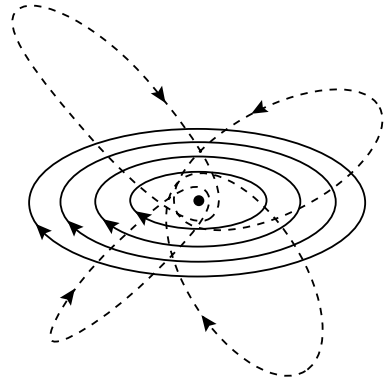
5. Зоркі і скопішчы зорак сферычнай складальнай Галактыкі рухаюцца па вельмі выцягнутых і нахіленых да плоскасці дыска пад рознымі вугламі арбітах (рыс. 147). Такія зоркі маюць адносна Сонца вельмі вялікія скорасці (да 200—300 км/с).

Як бачым, рух зорак у Галактыцы нагадвае рух цел Сонечнай сістэмы.

Ведаючы скорасць абарачэння і радыус кругавой арбіты, можна вылічыць масу ўнутранай часткі Галактыкі. З формулы для кругавой скорасці (гл. § 9) вынікае:

$$M = \frac{v^2 r}{G}.$$

Падставім значэнні $v = 2,2 \cdot 10^5$ м/с, $r = 2,5 \cdot 10^{20}$ м і $G = 6,7 \cdot 10^{-11}$ Н · м²/кг², атрымаем, што $M = 1,8 \cdot 10^{41}$ кг, або каля 100 млрд мас Сонца. Маса Галактыкі ў межах аб'ёму радыусам 15 кпк ацэньваецца прыблізна ў 200 млрд мас Сонца. З улікам астатняй часткі Галактыкі яе маса ацэньваецца прыкладна ў 10^{12} мас Сонца.



Рыс. 147. Траекторыі зорак у Галактыцы (дыск Галактыкі — суцэльныя лініі, сферычная складальная — пункцірныя лініі)

! Галоўныя вывады

1. Наша Галактыка — гравітацыйна звязаная сістэма, якая складаецца з соцень мільярдаў зорак і міжзоркавага асяроддзя.
2. Млечны Шлях — гэта слаба святлівая паласа, што працягнулася праз усё зорнае неба, з'яўляецца праекцыяй велізарнай колькасці зорак Галактыкі.
3. Структурнымі складальнымі Галактыкі з'яўляюцца гравітацыйна звязаныя групы зорак (шаравыя скопішчы, рассеяныя скопішчы), якія маюць агульнае паходжанне і рухаюцца ў полі прыцягнення Галактыкі як адзінае цэлае.
4. Сонечная сістэма адносна найбліжэйшых зорак Галактыкі рухаецца са скорасцю каля 20 км/с у напрамку сузор'я Геркулеса.
5. Наша зорная сістэма мае дыферэнцыяльнае вярчэнне, г. зн. вуглавая скорасць вярчэння памяншаецца па меры аддалення ад цэнтра.



Кантрольныя пытанні і заданні

1. Знайдзіце на зорнай карце сузор'і, праз якія праходзіць Млечны Шлях.
2. Чаму назіральніку, які знаходзіцца на Зямлі, Млечны Шлях уяўляецца перарывістым і касмыкаватым?
3. Якую будову мае наша Галактыка?
4. Якое месцазнаходжанне Сонечнай сістэмы ў Галактыцы?
5. Чым адрозніваюцца зоркі дыска Галактыкі ад зорак гало?
6. Як размеркаваны шаравыя скопішчы ў Галактыцы? Чым яны адрозніваюцца ад расеяных скопішчаў?
7. Якія асаблівасці вярчэння нашай Галактыкі?
8. Колькі разоў за сваё жыццё Сонца паспела абараціцца вакол цэнтра Галактыкі?
9. Зорка 83 Геркулеса знаходзіцца на адлегласці $D = 100$ пк ад Сонца, яе ўласны рух складае $\mu = 0,12''$. Якая тангенцыяльная скорасць гэтай зоркі?
10. Прамянёвая скорасць зоркі Бэтэльгейзе $v_r = 21$ км/с, уласны рух $\mu = 0,032''$ за год, а паралакс $p = 0,012''$. Вызначце поўную прасторавую скорасць гэтай зоркі адносна Сонца.

§ 28. Міжзоркавае асяроддзе

1. Міжзоркавы газ. Зорнае неба ўтрымлівае шмат туманнага аб'ектаў. Яны бываюць святлівымі і цёмнымі, што паглынаюць святло.

Шырокае выкарыстанне фатаграфіі ў астраноміі дало магчымасць пільна даследаваць, апісаць і скласці каталогі цёмных туманнасцей.

На фоне светлых зон Млечнага Шляху выразна вылучаюцца цёмныя плямы няправільнай формы і розных вуглавых памераў. Гэтыя цёмныя плямы і зоны даказваюць існаванне паблізу ад галактычнай плоскасці халоднай разрэджанай матэрыі.

Міжзоркавае асяроддзе — гэта рэчыва і палі, якія запаўняюць міжзоркавую прастору ўнутры Галактыкі. Большая частка масы міжзоркавага рэчыва прыпадае на разрэджаны газ і пыл. Усё міжзоркавае асяроддзе пранізвана магнітнымі палямі, касмічнымі прамянямі, электрамагнітным выпраменьваннем. Асноўны кампанент міжзоркавага асяроддзя — **міжзоркавы газ**, які складаецца з вадароду (70 % масы) і гелію (28 %). Астатняя частка масы міжзоркавага рэчыва прыпадае на больш цяжкія хімічныя элементы (O, C, N, Ne, S, Ar, Fe і інш.).

Агульная маса міжзоркавага рэчыва нашай Галактыкі (акрамя кароны) ацэньваецца ў 2 % ад агульнай масы ўсёй Галактыкі. У залежнасці ад тэмпературных