

# Будова й еволюція всесвіту

Що є Земля, Місяць, Сонце, зорі? Де починається і де закінчується Всесвіт? Коли він виник і з чого складається? Що сприяло його утворенню? Де межі його пізнання? Можна поставити ще безліч подібних питань, що стосуються Всесвіту, але якщо питання ставиться, а відповідь на нього не отримана, виходить, вона ще не знайдена. Отже, про Всесвіт ми, відверто кажучи, нічого не знаємо.

# План:

1. [Вивчення Всесвіту](#)
2. [Космологія](#)
3. [Основні риси будови Всесвіту](#)
4. [Галактика](#)
5. [Типи Галактик](#)
6. [Галактика Антенна](#)
7. [Зіткнення Галактик](#)
8. [Маса й розмір Галактик](#)
9. [Спектр галактики. Швидкість обертання галактик](#)
10. [Походження назви. Історія вивчення галактик](#)





# Вивчення Всесвіту

- Вивчення Всесвіту, навіть тільки відомої нам його частини, є грандіозним завданням. Щоб одержати ті відомості, які мають сучасні вчені, знадобилися праці цілих поколінь.
- Всесвіт — це все, що існує. Він нескінченний у часі й просторі, хоча кожна його часточка має свій початок і кінець, як у часі, так і в просторі. Всесвіт складається з дрібних порошин і атомів, величезних скупчень речовини і зоряних світів і систем.



# КОСМОЛОГІЯ

□ Космологія — вчення, що включає в себе теорію всієї охопленої астрономічними спостереженнями області світу як частини Всесвіту. Сутність її полягає в тому, що замість об'єкта, що цікавить, вивчається його модель, яка більш-менш точно повторює оригінал або його найбільш істотні особливості. Узята за зразок модель необов'язково є матеріальною копією об'єкта. Побудова наближених моделей різних явищ допомагає вченим ще глибше пізнавати навколишній світ. Усі результати, отримані за допомогою моделей Все-світу, обов'язково перевіряють, порівнюючи їх із реальністю. В жодному разі не можна ототожнювати саме явище з моделлю, не можна без ретельної й багаторазової перевірки приписувати природі ті властивості, які має модель, тому що жодна модель не може претендувати на роль точної «копії» Всесвіту. Тому в космології потрібною є поглиблена розробка моделей неоднорідного і неізотропного Всесвіту.

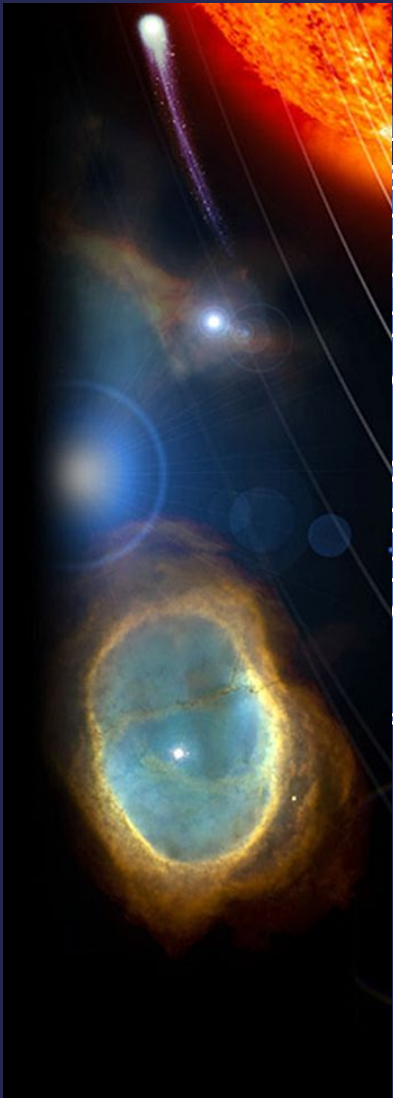




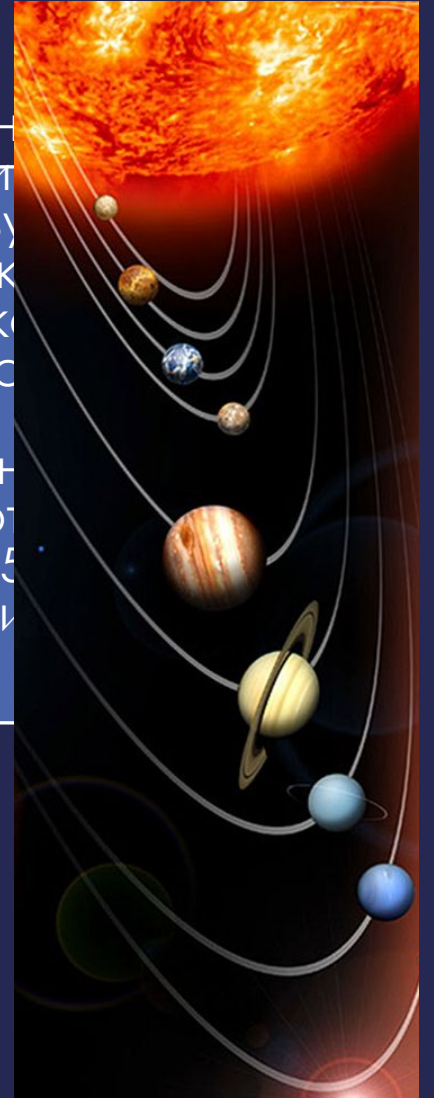
# Основні риси будови Всесвіту

- Всесвіт складається з численних зір, об'єднаних у гігантські зоряні системи, що називаються галактиками. Наше Сонце також є рядовою зорею, входить до складу нашої Галактики, яка, у свою чергу, включена в Місцеве скупчення галактик.
- У Галактиці нараховується близько  $10^{11}$  (трильйона) зір. Молочний Шлях, який ми бачимо на нічному небі у вигляді сріблястої смуги розсіпаних зір, становить основну частину нашої Галактики. Молочний Шлях найбільш яскравий у сузір'ї Стрільця, де знаходяться наймогутніші хмари зір, менш яскравий — у протилежній частині неба. З цього неважко зробити висновок, що Сонячна система знаходиться не в центрі Галактики, який спостерігається від нас у напрямку сузір'я Стрільця.

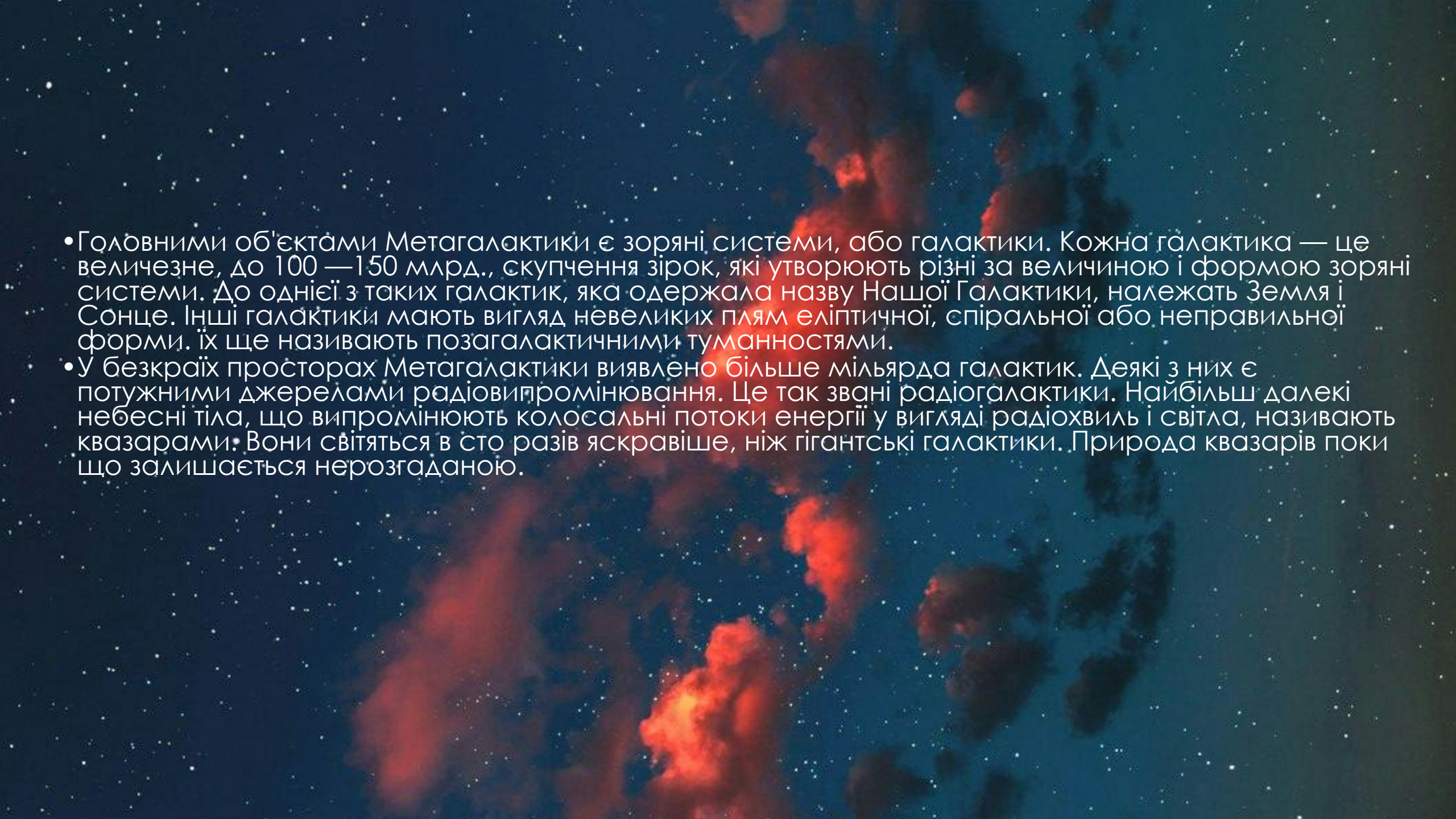




а Земля є маленькою складовою частиною єдиного матеріального світу, який називається Всесвітом. Всесвіт охоплює весь безмежний космічний простір і складається з численних зірок, хмар пилу і газу, міжзоряної речовини. Зоряне небо вивчається протягом багатьох віків, а спостереження за зорями ведуть астрономи, а вивченням законів руху планет, будови і розвитку небесних тіл та їх систем займається астрономія. У міру вдосконалення телескопів вчені все глибше проникають до таємниць Всесвіту. Доступну для досліджень частину Всесвіту називають Метагалактикою. Сучасні оптичні прилади дають змогу спостерігати зоряні системи, віддалені від нашої планети на 5 млрд. світлових років, а за допомогою радіотелескопів дослідники проникають ще далі — на відстань до 15 млрд. світлових років. Нагадаємо, що світловий рік — це відстань, яку світло проходить за 1 рік, поширюючись зі швидкістю близько 300 000 км/с.





- 
- Головними об'єктами Метагалактики є зоряні системи, або галактики. Кожна галактика — це величезне, до 100 — 150 млрд., скупчення зірок, які утворюють різні за величиною і формою зоряні системи. До однієї з таких галактик, яка одержала назву Нашої Галактики, належать Земля і Сонце. Інші галактики мають вигляд невеликих плям еліптичної, спіральної або неправильної форми. їх ще називають позагалактичними туманностями.
  - У безкраїх просторах Метагалактики виявлено більше мільярда галактик. Деякі з них є потужними джерелами радіовипромінювання. Це так звані радіогалактики. Найбільш далекі небесні тіла, що випромінюють колосальні потоки енергії у вигляді радіохвиль і світла, називають квазарами. Вони світяться в сто разів яскравіше, ніж гігантські галактики. Природа квазарів поки що залишається нерозгаданою.



# Галактика

- Гала́ктика — гравітаційно зв'язана система із зір і зоряних скупчень, міжзоряного газу, пилу й темної матерії. Усі об'єкти в складі галактик беруть участь в обертанні навколо спільного центру мас[1][2][3].
- Галактики — надзвичайно далекі об'єкти. Відстань до найближчих із них вимірюється в мегапарсеках, а до далеких — в одиницях червоного зміщення. Саме через віддаленість неозброєним оком розрізнити на небі можна лише три з них: туманність Андромеди (видно в північній півкулі), Велику і Малу Магелланові Хмари (видно в південній). Вирізнити окремі зорі в зображеннях інших галактик не вдалося аж до початку ХХ століття. До початку 1990-их років налічувалося не більше 30 галактик, в яких вдалося побачити окремі зорі (всі ці галактики належать до Місцевої групи). Після запуску космічного телескопа «Габбл» і введення в дію 10-метрових наземних телескопів кількість галактик, в яких вдалося розрізнити окремі зорі, значно зросла.





# Галактики поділяють на:

- Класифікація галактик, запропонована у 1936 році Едвіном Хабблом.
- Кулясті еліптичні галактики
- Дискові спіральні галактики
- Галактики з перемичкою (баром)
- Карликові
- Неправильні

- Маса галактик варіюється від  $10^7$  до  $10^{12}$  мас Сонця, для порівняння — маса нашої галактики Чумацький Шлях становить близько  $2 \times 10^{11}$  мас Сонця. Діаметр галактик — від 5 до 250 кілопарсек[4] (16—800 тисяч світлових років), для порівняння — діаметр нашої галактики близько 100 000 світлових років. Найбільша відома на 2012 рік галактика IC 1101 має діаметр більше 600 кілопарсек.
- Найбільші скупчення галактик спостерігаються у сузір'ях Діви та Волосся Вероніки. У цьому напрямку астрономи відкрили своєрідну Велику Стіну, де на відстані 500 млн св. років виявляється значне збільшення кількості галактик в порівнянні з іншими напрямками.
- Окремі галактики взаємодіють між собою, навіть відбуваються їх зіткнення, коли одна галактика поглинає іншу — спостерігається своєрідний галактичний «канібалізм». На останній, четвертій, ступені ієрархічної структури скупчення галактик майже не взаємодіють між собою, тому не виявлено якогось спільного центра, навколо якого могли б обертатися мільйони галактик.

# Кулясті еліптичні галактики

- Еліптична галактика (NGC4150)
- Тип галактик (E0-E7) являє собою галактики з еліптичною структурою і характеризуються чіткою симетрією розташування зір при відсутності спостережуваного ядра. Наявна в назві цифра показує ступінь ексцентриситету: галактики E0 мають правильну кулясту форму, зі зростанням величини збільшується ступінь сплюснутості. Це число є показником спостережуваної форми галактики (у проекції на досліджувану площину), а не справжньої її форми (у просторі), що часто заважає визначенню морфології.
- Тип галактик (S0) являє собою галактики з лінзоподібною структурою, що мають форму диска з чітко окресленою центральною опуклістю (балджем), однак у них не спостерігаються спіральні рукави.





# Спіральна галактика



- Типи галактик (Sa, Sb, Sc) являє собою галактики зі спіральною структурою, що мають в своєму складі Балдж і зовнішній диск в поєднанні з рукавами. Літера визначає ступінь щільності розташування рукавів. У випадку з галактиками, які мають спіральну структуру, розмір їх балджа і товщина рукавів зменшуються «зліва направо», а концентрація пилу при цьому підвищується.
- Тип галактик (SBa, SBb, SBc) являє собою галактики зі спіральною структурою і баром. У структурі галактик такого виду можна спостерігати яскравий бар, який перетинає балдж та з'єднує його з рукавами, що розходяться.
- Тип галактик (Irr) являє собою галактики неправильної форми, які не підпадають ні під який з існуючих класів. Галактики виду Irr1 мають залишки спіральної структури, а види галактик IrrII демонструють абсолютно неправильну форму. Прикладом неправильної галактики є M82.

# Лінзоподібна галактика

- Тип галактик (d) являє собою карликові галактики. Це маленькі за розмірами галактики, які складаються з декількох мільярдів зір (така кількість зір є дуже малою в порівнянні з нашою Галактикою, яка налічує від двохсот до чотирьохсот мільярдів зір). До карликових відносять галактики зі світністю  $10^9 L_{\odot}$  або  $-16m$  абсолютної зоряної величини (це приблизно в сто разів менше яскравості Чумацького Шляху).





# Типи карликових галактик:

- Докладніше: Карликові галактики
- Карликові еліптичні галактики (dE) - нагадує еліптичні галактики.
- Карликові сфероїдальні галактики (dSph) - різновид dE, тільки відрізняється низькою поверхневою яскравістю.
- Карликові неправильні галактики (dIr) - має клоччасту структуру будови.
- Карликові блакитні компактні галактики (dBCG або BCD) - має в своїй структурі ознаки активного зореутворення.
- Ультракомпактні карликові галактики (UCD) - галактики дуже маленьких розмірів.



ядро  
проходить  
вкрити  
б'в'д  
мала  
внутрішні  
області в  
х кінців  
центрі  
спиральн  
галактики  
их тіло  
коли  
(баритні  
мова  
) до  
заходить  
центру

про ядро  
галактики

галактик,

то  
найчасті  
ше  
говорять  
про  
диск —  
активні  
відносно  
ядра  
тонкий  
галактик,  
шар, в  
де

якому  
сконцент  
ровано  
більшість  
об'єктів  
галактики

Поділяється на  
у них з'яв  
газопило







Полярне кільце — рідкісний компонент. У класичному випадку галактика з полярним кільцем має два диски, що обертаються в перпендикулярних площинах. Центри цих дисків збігаються. Причина виникнення полярних кілець не є повністю обґрунтована.

У центрі Галактики розташоване ядро, що складається з гігантського й ущільненого скупчення зір (червоних гігантів і короткоперіодичних цефеїд)-, діаметром 1000—2000 пк. Ядро практично неможливо спостерігати через те, що воно майже повністю приховане щільною завісою хмар. Воно знаходиться від нас на відстані 30 000 світлових років у напрямку сузір'я Стрільця. Зорі, а особливо надгіганти і класичні цефеїди, складають молодше населення Галактики. Вони розташовуються далі від центру й утворюють порівняно тонкий шар або диск. Серед зір цього диска знаходиться пилова матерія й хмари газу. Субкарлики та гіганти утворюють навколо ядра й диска Галактики сферичну систему.

# Галактика Антенна — пара взаємодіючих галактик

- Якщо середня відстань між галактиками стає порівняною з їх діаметром, то істотними стають приливні впливи галактик. Якщо відстань велика (порівняно з розмірами галактик), але також великий і час прольоту двох галактик поблизу одна одної, то масивніша галактика може перетягнути міжгалактичний газ, що оточує сусідню галактику, тим самим позбавивши її джерел поповнення внутрішніх запасів міжзоряного газу, що бере участь при формуванні зір[25].
- Якщо відстань є меншою, є можливість того, що більш масивний компонент разом з міжгалактичним газом перетягне на себе й темне гало галактики, залишивши її фактично без темної матерії. Особливо часто таке трапляється у разі великої різниці в масах галактик. Також якщо відстань невелика, як невеликий і час взаємодії, то в галактиках виникне періодична зміна густини газу, що слугуватиме причиною спалаху зореутворення і появи спіральних гілок[25].
- Граничний випадок взаємодії — це злиття галактик. За сучасними уявленнями, спочатку зливаються темні гало галактик. Потім галактики починають наближатися одна до одної по спіралі. І тільки потім починають зливатися зоряні компоненти, викликаючи в навколишньому газі хвилі щільності й спалахи зореутворення.



# Зіткнення Галактик

- Зіткнення галактик є досить поширеним явищем у Всесвіті. У результаті аналізу 21 902 галактик (повідомлення початку 2009 року[27]) було з'ясовано, що практично всі вони в минулому зіштовхувалися з іншими галактиками. Також підтверджується припущення, що близько 2 мільярдів років тому відбулося зіткнення Чумацького Шляху з іншою галактикою [28].



# Маса й розмір



- Галактики не мають чітких меж. Не можна точно сказати, де закінчується галактика та починається міжгалактичний простір. Приміром, якщо в оптичному діапазоні галактика має один розмір, то визначений за радіоспостереженнями міжзоряного газу радіус галактики може виявитися в десятки разів більшим. Від розміру залежить і вимірювана маса галактики. Зазвичай під розміром галактики розуміють фотометричний розмір ізофоти 25-ї зоряної величини на квадратну кутову секунду в фільтрі В. Стандартне позначення такого розміру — D25[18].
- Маса дискових галактик оцінюється за кривою обертання в рамках певної моделі. Вибір оптимальної моделі галактики спирається як на форму кривої обертання, так і на загальні уявлення про структуру галактики. Для грубих оцінок маси еліптичних галактик необхідно знати дисперсію швидкостей зір залежно від відстані до центру та радіальний розподіл густини[19].



Маса холодного газу в галактиці визначається за інтенсивністю лінії H I. Якщо реєстрована густина потоку випромінювання від галактики або будь-якої її частини рівні  $F_v$ , то відповідна маса дорівнює:

Оцінка маси молекулярного газу досить складна, оскільки лінії H<sub>2</sub> у спектрі холодного газу відсутні. Тому вихідними даними є інтенсивності спектральних ліній молекули CO (ICO). Коефіцієнт пропорційності між інтенсивністю випромінювання CO і його масою залежить від металічності газу. Але найбільша невизначеність пов'язана з малопрозорістю хмари: через неї основна частина світла, випромінювана внутрішніми областями, поглинається самою хмарою, таким чином, до спостерігача доходить світло лише від поверхні хмар.

# Спектр галактики.

## Швидкість обертання галактик

- Спектр галактик складається з випромінювання всіх складових її об'єктів. Спектр середньостатистичної галактики має два локальних максимуми. Основне джерело випромінювання — це зорі, максимум інтенсивності випромінювання більшості з яких лежить в оптичному діапазоні (перший максимум). Зазвичай в галактиці багато пилу, який поглинає випромінювання в оптичному діапазоні й перевипромінює його в інфрачервоному діапазоні. Так утворюється другий максимум в інфрачервоній області. Якщо світність в оптичному діапазоні прийняти за одиницю, то спостерігається наступна залежність між джерелами і типами випромінювання.
- Під швидкістю обертання галактики мається на увазі швидкість обертання різних компонент галактики навколо її центру. Ця швидкість — це сумарна швидкість, отримана в ході різних процесів. Швидкість обертання галактики слід відрізняти від «кругової швидкості»  $V_c$ , яка обумовлена тільки силою гравітації й за визначенням дорівнює швидкості тіла, яке під дією сили тяжіння рухається по колу. Швидкість же обертання в загальному випадку обумовлена також радіальним градієнтом тиску  $P$  міжзоряного газу.
- Для різних компонент галактики швидкість обертання оцінюється по-різному.



# Походження назви. Історія вивчення галактик

- Слово «галáктика» (дав.-гр. γαλαξίας) походить від грецької назви нашої Галактики (κύκλος γαλαξίας означає «молочне кільце») — як опис спостережуваного явища на нічному небі [8]. Коли астрономи припустили, що різні небесні об'єкти, які вважалися спіральними туманностями, можуть бути величезними скупченнями зір, ці об'єкти стали називати «острівними всесвітами» або «зоряними островами». Але пізніше, коли стало зрозуміло, що ці об'єкти схожі на нашу Галактику, обидва терміни вийшли з ужитку й були замінені терміном «галактика».



- 1610 року Галілео Галілей за допомогою телескопа виявив, що Чумацький Шлях складається з величезної кількості слабких зір. У трактаті 1755 року, заснованому на роботах Томаса Райта (англ. Thomas Wright), Іммануїл Кант припустив, що Чумацький Шлях може бути обертовим тілом, яке складається з величезної кількості зір, що утримуються гравітаційною взаємодією, подібно до Сонячної системи, але у більших масштабах. Якщо спостерігати таку Галактику зсередини, на нічному небі диск буде помітно як світлу смугу. Кант висловив припущення, що деякі з туманностей, видимих на нічному небі, також можуть бути окремими галактиками.


# Наша Галактика.

## Схема будови нашої галактики

- Наша Галактика — одна з рядових зоряних систем у світі галактик. В ній близько 150 млрд. зірок. Велике скупчення їх утворює на нічному небі широку білясту смугу. Здавна цю смугу називають в Україні Чумацьким шляхом.
- Наша Галактика належить до типу спіральних. Розміри її величезні: діаметр диска приблизно 100 тис. світлових років, товщина в центральній частині — 12 тис. світлових років. В центрі диска, біля сузір'я Стрільця, розташоване ядро, яке складається з малих і великих зірок різної яскравості. В боки від диска відходять спіральні відгалуження, або рукава. Спіральні гілки складаються з молодих зірок, зоряних скупчень, хмар іонізованих газів водню та величезних хмар темної пилової матерії. Сонце знаходиться зліва від ядра в центральній площині галактики, на відстані  $\frac{2}{3}$  її радіуса (рис. 1). Вся внутрішня система (в тому числі і Сонячна) обертається навколо ядра приблизно за 200 млн років. Зовнішня частина Нашої Галактики рухається повільніше, оскільки ядро Галактики не переважає за масою інші її частини, як, наприклад, Сонце, яке незрівнянно більше за усі планети разом узяті.







Колір зірок залежить від температури. При голубувато-білому кольорі температура становить 24 000 °К, білому — 12 000 °К, жовтому — 5900 °К, червоному — 3500 °К.


Температура найхолодніших зірок менша за 2000 К, а найбільш гарячих — перевищує 1000 000 °К.

Особливо великі температури в ядрах зірок — мільярди градусів.

Деякі зірки змінюють свою яскравість, блиск та інші властивості дуже швидко — протягом доби, а то і секунд. До таких зірок належать нові і наднові зірки. Новими вважаються зірки, блиск яких протягом кількох діб різко збільшується, а пізніше роками і десятиліттями зменшується. До наднових відносять зірки, яскравість яких сягає значень, що перевищують яскравість галактик. Після спалаху утворюється газова хмара, яка розсіюється в просторі. Ядро, що залишилося на місці спалаху, перетворюється з часом в нейтронну зірку або чорну діру.

Утворення нейтронної зірки починається із сильного стиснення матерії ядра, що призводить до різкого зменшення його розмірів — до 10—100 км в діаметрі. Під дією сил гравітації протони і електрони зливаються і перетворюються в нейтрони. Густина речовини зростає до неймовірних значень. Нейтронні зірки з великими магнітними полями називають пульсарами. Пульсари випромінюють імпульси радіохвиль різної потужності.





Чорні діри виникають в результаті ще більшого стиснення речовини. Надтверда речовина, що виникла при цьому, починає все поглинати і нічого не випромінює. Виявляються чорні діри за гравітаційним впливом на міжзоряне середовище і рух сусідніх зірок.

Речовини, з яких побудовані зірки, перебувають у стані плазми. Атоми елементів в ній сильно іонізовані. Як показали спектральні дослідження, зоряна плазма складається головним чином з іонізованого водню і гелію, а також із важких хімічних елементів. Джерелом енергії на ранніх стадіях розвитку зірок є гравітаційні сили стиснення, а на наступних — термоядерні реакції, що протікають в їх надрах.

Міжзоряний простір заповнений розрідженим газом і пилом. Газ складається переважно з іонізованого водню і гелію. Місцями водень утворює скупчення у вигляді хмар. Пилінки складаються із суміші льоду, кристалічного аміаку і метану, домішок металів. Значну роль у міжзоряному середовищі відіграють космічні промені, утворені потоками протонів і електронів. Космічні промені надходять до Землі від Сонця і з надр Галактики.



# Моделі Всесвіту

Для побудови моделі Всесвіту необхідно дати відповідь на таке запитання: «Чи має Всесвіт якусь межу у просторі?». Нескінченний і безмежний у просторі та часі Всесвіт привертає до себе увагу тим, що він не має країв і містить нескінченну кількість зір та галактик. Але у такому вічному та безмежному Всесвіті виникають суперечності, які в астрономії називають космологічними парадоксами. Існують три космологічні парадокси: фотометричний, гравітаційний та «теплої смерті» Всесвіту.

Колір зірок залежить від температури. При голубувато-білому кольорі температура становить 24 000 °K, білому — 12 000 °K, жовтому — 5900 °K, червоному — 3500 °K. Температура найхолодніших зірок менша за 2000 K, а найбільш гарячих — перевищує 1000 000 °K. Особливо великі температури в ядрах зірок — мільярди градусів.

Деякі зірки змінюють свою яскравість, блиск та інші властивості дуже швидко — протягом доби, а то і секунд. До таких зірок належать нові і наднові зірки. Новими вважаються зірки, блиск яких протягом кількох днів різко збільшується, а пізніше роками і десятиліттями зменшується. До наднових відносять зірки, яскравість яких сягає значень, що перевищують яскравість галактик. Після спалаху утворюється газова хмара, яка розсіюється в просторі. Ядро, що залишилося на місці спалаху, перетворюється з часом в нейтронну зірку або чорну діру.

Утворення нейтронної зірки починається із сильного стиснення матерії ядра, що призводить до різкого зменшення його розмірів — до 10—100 км в діаметрі. Під дією сил гравітації протони і електрони зливаються і перетворюються в нейтрони. Густина речовини зростає до неймовірних значень. Нейтронні зірки з великими магнітними полями називають пульсарамі. Пульсари випромінюють імпульси радіохвиль різної потужності.





- Ми живемо у тривимірному просторі, і важко уявити собі такий зачинений Всесвіт, який не має межі, але має скінченний об'єм і, отже, обмежену кількість зір та галактик. У такому Всесвіті немає центра, всі точки в ньому рівноправні й у всіх напрямках простір однорідний. На практиці важко перевірити, у якому просторі мешкають якісь істоти, і дізнатися, чи простір є скінченним. Якщо простір зачинений, то мандрівник, подорожуючи в одному напрямку, може зробити кругосвітню мандрівку і повернутись у точку старту. В історії земної цивілізації першу таку подорож зробив Магеллан, який довів, що поверхня Землі є зачиненим двовимірним простором.
- У тривимірному Всесвіті космонавти ніколи не зможуть завершити таку навколосвітню мандрівку, тому перевірку можна зробити тільки за допомогою теоретичних міркувань, які ми розглянемо в наступному параграфі.
- Коло може служити моделлю безмежного одновимірного світу, який має скінченну довжину. У такому просторі можна зробити навколосвітню мандрівку і вернутися на місце старту
- Сфера може бути моделлю двовимірного безмежного світу, який має скінченну площу. У такому просторі теж можна здійснити кругосвітню подорож — так Магеллан довів, що поверхня Землі не має межі
- Всесвіт має складну комірчасту структуру, у якій відбувається гравітаційна взаємодія всіх космічних тіл. Навколо зір обертаються інші зорі й планети. Крім того, зорі утворюють величезні скупчення, які налічують сотні тисяч і мільйони об'єктів. У спільному полі тяжіння галактик знаходяться уже сотні мільярдів зір, які обертаються навколо спільного центра. Галактики теж утворюють окремі скупчення, які розміщені у великому масштабі не хаотично, а утворюють дуже дивні структури, що нагадують величезні сітки з волокон. Ми живемо у Всесвіті, який розширюється у безмежному просторі.

# Великий Вибух та вік Всесвіту

- У ХХ ст. загальна теорія відносності А. Ейнштейна допомогла астрономам збагнути розлітання галактик, яке свідчить про те, що сам Всесвіт не залишається сталим у часі — він змінює свої параметри. Якщо відстань між галактиками зараз збільшується, то раніше вони знаходилися ближче одна до одної. За допомогою сталої Габбла можна підрахувати, коли всі галактики до початку розширення могли знаходитись в одній точці. Моментом початку розширення Всесвіту є дивний Великий Вибух, який пов'язаний з віком  $T$  Всесвіту:  $T = 1/H$ .
- За сучасними даними стала Габбла  $H$  дорівнює  $70 \text{ км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк})$ , тобто Великий Вибух міг відбутися приблизно 15 млрд років тому. Якщо врахувати, що вік нашої Галактики не може бути меншим за вік найстаріших кулястих зоряних скупчень, що існують вже понад 13 млрд років, то цю цифру можна також вважати за нижню межу віку нашого Всесвіту.
- Великий Вибух — дивний процес при зародженні Всесвіту, коли почалося загадкове розширення космічного простору й утворення елементарних частинок, атомів та великих космічних тіл.





# Головні ери в історії Всесвіту

- Головні ери в історії Всесвіту. Всесвіт на початку існування мав настільки маленькі розміри, що тоді не було ні галактик, ні зір і навіть ще не існували елементарні частинки. Густина та температура новонародженого Всесвіту досягали таких фантастичних значень, що вчені навіть не можуть визначити, у якому стані при цьому перебувала матерія. Цей початковий момент народження Всесвіту називають сингулярністю (від латин. — єдиний).
- Сингулярність — початковий момент при зародженні Всесвіту, коли густина і температура матерії сягали надзвичайно великих значень.
- Потім густина і температура Всесвіту почали знижуватись і стали утворюватися елементарні частинки, атоми і галактики. Усю історію нашого Всесвіту можна розділити на чотири ери — андронна, лептонна, випромінювання та речовини (таблиця).
- З філософської точки зору між елементарними частинками та електромагнітними хвилями немає суттєвої різниці, бо все суще у природі є матерією. Але з фізичної точки зору принципова різниця між цими видами матерії полягає в тому, що швидкість елементарних частинок (електронів, протонів та нейтронів), з яких утворені зорі, планети і, нарешті, ми з вами, ніколи не може досягти швидкості світла, в той час як кванти електромагнітних хвиль ніколи не можуть мати швидкість меншу від швидкості світла.



# Чумацький Шлях

- Чумацький Шлях є великою спіральною галактикою з перемичкою діаметром близько 30 кілопарсек (або 100 000 світлових років) і товщиною 1000 світлових років (до 3000 в районі балджа[33]). Сонце з Сонячною системою знаходяться всередині галактичного диску, наповненого пилом, що поглинає світло. Тому на небі ми бачимо смугу зір, але клоччасту, що нагадує згустки молока. Через поглинання світла Чумацький Шлях як галактика вивчений не до кінця: не побудована крива обертання, до кінця не з'ясований морфологічний тип, невідоме кількість спіральних рукавів і т. д. Галактика містить близько  $3 \times 10^{11}$  зір[34], а її загальна маса становить близько  $3 \times 10^{12}$  мас Сонця.
- Велику роль у вивченні Чумацького Шляху відіграють дослідження скупчень зірок — відносно невеликих гравітаційно зв'язаних об'єктів, що містять від сотень до сотень тисяч зірок. Їх гравітаційна зв'язаність, ймовірно, викликана єдністю походження. Тому, виходячи з теорії еволюції зірок і знаючи розташування зірок скупчення на діаграмі Герцшпрунга — Рассела, можна розрахувати вік скупчення. Скупчення поділяються на розсіяні і кулясті.





- Кулясті — старі зоряні скупчення, що мають кулясту форму, концентруються до центру Галактики. Окремі кулясті скупчення можуть мати вік понад 12 млрд років.
- Розсіяні — відносно молоді скупчення, мають вік до 2 млрд років, в деяких ще йдуть процеси зореутворення. Найяскравіші зорі розсіяних скупчень — молоді зорі спектральних класів В або А, а в самих молодих скупченнях ще є блакитні надгіганти (клас О).



Внаслідок своїх невеликих (щодо космологічних масштабів) розмірів, зоряні скупчення безпосередньо можуть спостерігатися лише в Галактиці і її найближчих сусідах.

Ще один тип об'єктів, доступний для спостереження тільки в околицях Сонця, — подвійні зорі. Значимість подвійних зір для дослідження різних процесів, що відбуваються в галактиці, пояснюється тим, що завдяки їм можливо визначити масу зорі, саме в них можна вивчити процеси акреції. Нові та наднові типу Ia — це теж результат взаємодії зір у тісних подвійних системах.



Дякую за  
перегляд.  
2017 р.