

Заняття 11

ТЕМА 8. Будова і еволюція Всесвіту.

2 год.

Тема заняття: Світ галактик. Кварзи. Проблеми космології.

Мета :

Навчальна: сформувати поняття про галактики, дати поняття кварзи їх розвиток і значення; розширити знання про розвиток астрономічної науки в Україні; про розвиток цивілізації; розповісти про проблеми космології.

Розвиваюча: розвивати логічне мислення та уяву.

Виховна: виховувати любов до дисципліни та прагнення нових знань.

Тип заняття: лекція – бесіда

Міжпредметні зв'язки: природознавство фізика, математика, креслення географія, хімія.

Обладнання: комп'ютер, мультимедійний проектор, екран; презентація підручник.

Література: Пришляк М.П. Астрономія: 11кл.: підручник для загальноосвітніх навчальних закладів. Рівень стандарту, академічний рівень. Видавництво «Ранок» , 2011р.

Александров Ю.В., Грецький А.М., Пришляк М.П. Астрономія. 11 кл.: книга для вчителя. – Х.: Веста: Видавництво «Ранок», 2005.-256с.

Ребрік Р.М., Сутулін М.Г. Фізика. Астрономія.-2006р.

Ресурси мережі Інтернет.

План заняття

I. Організаційний момент.

Перевірка готовності студентів до заняття. Стимулювання діяльності студентів, забезпечення їхньої загальної готовності, забезпечення своєчасного й організованого початку заняття.

II. Актуалізація знань студентів.

Провести евристичну бесіду, метою якої є систематизація знань студентів з теми заняття, які були отримані раніше

III. Пояснення нового матеріалу

IV. Закріплення нового матеріалу

V. Підсумки заняття.

VI. Домашнє завдання.

Хід заняття

I. Організаційний момент : привітання, перевірка готовності студентів та

приміщення до заняття, перевірка присутніх.

II. Повідомлення теми і мети. Пояснення мети та форми проведення заняття.

III. Актуалізація знань студентів

IV. Мотивація навчальної діяльності.

Кожен із нас залюбки спостерігає за зоряним небом. А що ми знаємо про такі далекі, і на перший погляд, холодні зорі, планети та маловідомі нам світи? Сьогодні ми з'ясуємо звідки походить назва «космологія», що вона вивчає, які її задачі? Дізнаємося про світ галактик. З'ясуємо, що собою являють квазари.

V. Вивчення нового матеріалу.

План.

1. Світ галактик.
2. Що вивчає космологія?
3. Практичне й загальнокультурне значення астрономії.
4. Квазари

Теоретичний матеріал.

Основоположниками космології як науки про Всесвіт, про закони його будови і розвитку, були давньогрецькі філософи. Але, запровадивши поняття нескінченного простору і нескінченного часу, вони не змогли піти у своїх роздумах далі, ніж замінити уявлення про нескінченний простір сферою зір цілком визначеного радіуса. Успіхи сучасної астрономії у з'ясуванні особливостей будови і розвитку досяжного для спостережень Всесвіту вражаючі. І все ж, як і для давніх греків та римлян, Всесвіт ще не розкрився перед нами всіма своїми гранями і всім розмаїттям буття. Римський філософ I ст. н. е. Сенека писав: «Успіхи наші і великі. Але нашим нащадкам залишиться більшість істин, і ще не відкритих».

Галактики і квазари.

1. Класифікація галактик. Дослідження інших велетенських зоряних систем - інших галактик - розпочав В. Гершель наприкінці XVIII ст. Відкривши і склавши каталоги загалом понад 2 500 туманностей, він дослідив їхні форми і значну частину з них виділив в окрему групу «молочних шляхів», які мали б бути подібними до нашої Галактики. Відстані до цих об'єктів Гершель оцінював мільйонами світлових років. Насправді ж ні він сам, ні інші астрономи впродовж усього XIX ст. не знали, як далеко знаходяться ці об'єкти. Тому справжнє відкриття світу галактик настало у XX ст. завдяки працям Е. Габбла. Світ галактик надзвичайно різноманітний. Але вже 1925 р.

Габбл здійснив першу і дуже вдалу спробу класифікувати галактики за їхнім зовнішнім виглядом, запропонувавши відносити їх до одного з таких трьох типів: еліптичні E, спіральні S та неправильні Ig. Спіральні галактики складаються з ядра і кількох спіральних рукавів або гілок. У звичайних спіральних галактиках (тип S) гілки виходять безпосередньо з ядра. У спіральних галактиках з перемичкою (тип SB) ядро перетинається вздовж діаметра поперечною смугою із зір - перемичкою або баром, від кінців якого й починаються спіральні рукави. Залежно від ступеня розвитку рукавів галактики S і SB діляться на підкласи Sa, Sb та Sc (відповідно SBa, SBb і SBc). У галактик підкласу Sa спіралей майже не видно, тоді як у галактик підкласу Sc майже вся речовина скупчена в спіральних рукавах. Проміжними між галактиками E і S є *лінзоподібні* галактики (підтип SO), яскравість яких від центра до краю змінюється стрибками. До *неправильних* галактик (тип Ig) належать ті, що не мають чітко вираженого ядра і симетричної структури. Найближча до нас у північній півкулі неба галактика Туманність Андромеди (галактика M31) - це спіральна галактика. У південній півкулі спостерігаються дві неправильні галактики - Велика Магелланова Хмара (BMX) і Мала Магелланова Хмара (MMX). Приблизно 25 % вивчених галактик - еліптичні, 50 % - спіральні (з них половина SB), 20 % типу SO і лише 5 % - галактики типу Ig.

2. Параметри галактик. Як уже неодноразово наголошувалось, однією з найважливіших проблем в а є визначення відстаней до космічних об'єктів. Починаючи з 20-х років XX ст., цю проблему щодо галактик майже розв'язано: дотепер розроблено більше 10 методів визначення відстаней до них. Першим із цих методів - за спостереженнями цефеїд - скористався Е.Габбл у 1924 р. На околицях галактики M31 (а невдовзі ще декількох) він виявив цефеїди, зумів визначити періоди зміни їхнього блиску, а потім встановити відстані до них. У далеких галактиках намагаються зареєструвати спалахи нових і особливо наднових зір у момент максимуму їхнього блиску. Покладаючи, що потужності цих об'єктів (явищ) однакові у всіх галактиках, за їхніми видимими величинами встановлюють відстані. Після цього за кутовими розмірами визначають і лінійні діаметри галактик. Порівнюючи зміщення спектральних ліній у різних частинах галактики (або за розширенням ліній у- спектрі), встановлюють факт її обертання навколо своєї осі, а для зір, що перебувають на околицях галактик - швидкості обертання навколо центра мас системи. Ці дані використовують для визначення мас галактик. Як виявилось, і наша Галактика, і Туманність Андромеди входять до числа найбільших за масою, світністю і кількістю зір. Можна з упевненістю твердити, що в спіральних і неправильних галактиках міститься

багато білих і блакитних зір, тоді як в еліптичних галактиках - більше червоних. Це означає, що різні типи галактик мають різний вік. Спостереження показують, що лінії у спектрах усіх відомих галактик (за винятком декількох, найближчих до нас) зміщені у червоний бік порівняно з тими ж лініями у спектрі нерухомого об'єкта. Це явище, яке отримало назву червоного зміщення галактик, пов'язано з їхнім рухом у просторі в напрямку від спостерігача (ефект Доплера-Фізо.). Визначивши відстані та швидкості 30 галактик, Габбл виявив, що чим далі від нас знаходиться галактика, тим з більшою швидкістю вона від нас віддаляється. На підставі цього він зробив висновок, що Всесвіт не може бути статичним, як думали раніше, що насправді він неперервно розширюється, і відстані між галактиками весь час зростають. У наш час червоні зміщення виміряно для понад 10 000 галактик. І для кожної як завгодно далекої галактики співвідношення (27.1) зберігається, а це означає, що Всесвіт розширюється. У всіх галактиках, окрім найменших, виділяється яскрава центральна зона, яка називається ядром. У звичайних галактиках, таких як наша, велика яскравість ядра пояснюється високою концентрацією зір. Та все ж сумарна кількість зір у ядрі становить лише кілька відсотків від їхньої загальної кількості в галактиці. Але зустрічаються галактики, що мають особливо яскраві ядра, з яких виринає світний газ, що рухається з величезною швидкістю - тисячі кілометрів за секунду. За деякими даними, так можуть проявляти себе чорні діри (§ 24), оточені щільною хмарою звичайних зір і газу. Під час падіння в гравітаційному полі чорної діри речовина розганяється до швидкостей, близьких до швидкості світла. Потім у разі зіткнень газових мас поблизу чорної діри енергія руху перетворюється у випромінювання електромагнітних хвиль. Подібні потужні процеси, що виявляють себе раптовими викидами велетенських струменів розжареного газу або потужним випромінюванням в оптичному, рентгенівському чи радіодіапазоні, відбуваються в ядрах багатьох галактик. Часто ці струмені мають просторову симетрію - спостерігаються з обох боків галактики уздовж осі її обертання. Такі галактики називають галактиками з активними ядрами або сейфертівськими на честь американського астронома К. Сейферта, який 1943 р. спостерігав їх уперше. Впродовж 50 років вивчення галактик проводиться в радіодіапазоні. Як і слід було очікувати, від звичайних галактик до Землі надходить радіовипромінювання, але у мільйон разів слабкіше, ніж в оптичному діапазоні. Проте серед них було виявлено так звані радігалактики, які в радіодіапазоні яскравіші, ніж в оптичному. Таких галактик відомо кілька сотень. Найближче до нас знаходиться радіоджерело Лебідь А. Його ототожнили з галактикою, яка складається з двох ядер,

оточених протяжною оболонкою. Найцікавішою особливістю джерела Лебідь А є те, що зона радіовипромінювання не збігається з видимою галактикою, а розташовується двома окремими приблизно еліптичними областями обабіч зони оптичного випромінювання. Центри областей радіовипромінювання знаходяться від видимого подвійного ядра на віддалі близько 80 кпк (260 тис. св. р.). Спочатку було висловлено гіпотезу, за якою спостерігається зіткнення двох галактик, що й викликає потужне випромінювання. Невдовзі цю гіпотезу було відкинуто, бо у жодної взаємодіючої галактики, яких в оптичному діапазоні відомо досить багато, не було виявлено радіовипромінювання, аналогічне Лебедю А. Отже, це ще одна загадка, яку треба розгадати. Одними з найпотужніших джерел радіовипромінювання є квазари - квазізоряні радіо джерела. На фотографіях, зроблених в оптичному діапазоні, ці об'єкти мають вигляд звичайних галактик. Але спектральні дослідження вказують, що це - дуже віддалені об'єкти. Серед близько 5000 відомих сьогодні квазарів деякі мають червоне зміщення. Світності квазарів у сотні разів більші від потужності найбільшої галактики з її сотнями мільярдів зір. Поблизу деяких квазарів виявлено викиди - велетенські потоки речовини. Розглянувши різноманітні гіпотези, астрономи дійшли висновку, що квазари, найімовірніше, недовговічні у стадії розвитку ядер галактик. Провівши ретельне дослідження галактик до 20" за допомогою 2,5-метрового телескопа, Габбл 1934 р. висловив думку, що таких об'єктів на всій небесній сфері налічується близько 5 млн. Зараз вважається, що галактик з величиною до 30TM близько 100 млрд. Галактики дуже рідко бувають поодинокими. Як правило, вони зустрічаються невеликими групами по кілька членів або входять до складу великих скупчень із сотень і тисяч галактик. Наша Галактика входить до складу так званої Місцевої групи, яка містить ще дві великих спіральних галактики - Туманність Андромеди і галактику в сузір'ї Трикутника, а також більше 20 карликових і неправильних галактик, серед яких найбільшими є Магелланові Хмари. Розміри скупчень галактик становлять кілька мегапарсек. На сьогодні відомо близько 4000 скупчень, в яких налічуються сотні й тисячі зоряних систем. З багатьма скупченнями пов'язані потужні та протяжні джерела рентгенівського випромінювання. Між скупченнями є гарячий газ із надзвичайно малою густиною. У просторовому розподілі галактик існують великі неоднорідності розмірами в десятки мегапарсек. Області з підвищеною густиною галактик чергуються з пустотами, досередня густина галактик значно менша. Найближча до нас область підвищеної густини галактик та їхніх систем називається Надгалактикою, або Місцевим надскупченням. У його центральній частині знаходиться скупчення Діви. Скупчення Волосся Вероніки слугує центром

іншого, сусіднього надскупчення. Цікаво те, що надскупчення фізично між собою не пов'язані. В цілому галактики і скупчення галактик розташовуються на певних поверхнях, схожих на стінки комірок, які охоплюють порожнини. Тобто розподіл речовини у Всесвіті має комірчасту структуру. Розміри порожнин (каверн) порівнянні з розмірами надскупчень.

Проблеми космології

1. Космологічні моделі. Космологія — наука про Всесвіт у цілому, про найзагальніші закони його будови і розвитку. Це молода і водночас найпривабливіша галузь астрономії. Вона найповніше використовує такі поняття, як простір і час, які є не тільки фізичними, але й філософськими категоріями. На її «полі» упродовж століть ведеться запекла боротьба між матеріалістичним та ідеалістичним світоглядами. Загальні закономірності розвитку Всесвіту вивчаються за допомогою космологічних моделей. Інакше кажучи, виводяться рівняння, за якими визначається зміна з часом відстані між двома довільно взятими матеріальними об'єктами у Всесвіті (двома галактиками), а також зміна з часом середньої температури і густини речовини. При цьому, як правило, виходять з так званого космологічного принципу, який проголошує, що Всесвіт є однорідним та ізотропним, тобто властивості Всесвіту для кожного заданого моменту часу однакові в усіх його точках і в усіх напрямках. Сучасна космологія ґрунтується на створеній А. Ейнштейном (1916 р.) загальній теорії відносності (ЗТВ), в якій було встановлено, що розвиток і подальша доля Всесвіту значною мірою залежать від значення середньої густини речовини, яка його заповнює. При цьому особлива роль відводиться так званому значенню $\rho_{кр}$ - критичної густини речовини. Виявляється: якщо $\rho > \rho_{кр}$, то розширення Всесвіту рано чи пізно зупиниться і зміниться його стисненням. Тоді червоні зміщення ліній у спектрах галактик зміняться на фіолетові, оскільки віддалі між галактиками почнуть зменшуватись. У такій моделі Всесвіт пульсує; досягнувши найбільших розмірів, знову стискається. До того ж він замкнений, і світловий промінь, відлетівши у зоряні простори, має зрештою повернутись туди, звідки стартував. Якщо $\rho < \rho_{кр}$, то Всесвіт відкритий, нескінченний, і його розширення буде тривати вічно! Чому ж дорівнює критична густина речовини Всесвіту. Виявилося, що її значення визначається тільки сучасним значенням сталої Габбла, яку точно знайти дуже непросто. Для її обчислення доводиться вимірювати червоні зміщення дуже далеких галактик, оскільки близькі галактики мають значні власні рухи, не зумовлені розширенням Всесвіту. Обчислена за середнім значенням сталої Габбла критична густина $\rho_{кр}$ становить мізерну величину - біля 10^{29} г/см³, або 10 атомних одиниць маси у кожному кубічному сантиметрі. За такої густини грам речовини

міститься у кубі зі стороною 40 тис. км! Отже, для того щоб дізнатись, якій космологічній моделі відповідає Всесвіт, потрібно визначити середню густину його речовини і порівняти з критичною. Визначення середньої густини - це першочергова задача космології. Зауважимо, що при введенні поняття Всесвіту, що розширюється, зовсім не йдеться про якусь фізичну точку, від якої відбувається розширення. Ніякого центра розширення не існує. Порівняємо Всесвіт із точками на поверхні повітряної кульки. Коли ми почнемо наповнювати її повітрям, відстані між точками будуть зростати, але жодну точку при цьому не можна вважати центром розширення. Так і при розширенні Всесвіту - сам простір наче розбухає, галактики віддаляються одна від одної, залишаючи завдяки гравітації незмінними свої об'єми. Та якщо світ галактик розширюється, то, можливо, певне число років тому всі вони почали свій розліт з деякої так званої сингулярної точки? Таке уявлення дозволяє ввести поняття єдиного космологічного часу t , відлічуваного від моменту, коли розпочалося розширення світу галактик.

2. Проблема «прихованої маси». Якщо ми візьмемо в околицях Сонця невеликий об'єм, наприклад куб із стороною 10 пк, то в ньому може виявитись кілька зір і міжзоряна плазма, а в сусідніх 10 пк ми можемо не знайти жодної зорі. Це свідчить про нерівномірність заповнення речовиною найближчого до нас простору. Зорі об'єднуються в галактики, а галактики об'єднуються в скупчення, які теж розташовані не рівномірно. Середня відстань між скупченнями становить близько 30 Мпк. Отже, і в таких об'ємах Всесвіт неоднорідний. Але якщо ми візьмемо куб із стороною 100 Мпк, то побачимо іншу картину: в будь-якому місці Всесвіту всередині таких об'ємів кількість галактик та їхніх скупчень буде майже однаковою. «Розмазавши» подумки всі галактики по цих об'ємах, ми отримаємо для кожного з них однакову середню густину речовини. Це приводить до дуже важливого висновку: у великих масштабах Всесвіт однорідний, і значення середньої густини речовини у ньому - це один із найважливіших параметрів. Проте визначити зі спостережень справжню середню густину Всесвіту, виявляється, ще складніше, ніж знайти сталу Габбла і обчислити критичну густину. З астрономічних спостережень випливає, що середня густина усієї видимої речовини - зір, пилу, газу, а також випромінювання - не перевищує 10% критичної густини. Отже, окрім речовини, яка спостерігається, у Всесвіті, безсумнівно, наявна загадкова «прихована» або темна речовина, яка нічим не проявляє себе, крім гравітації. Її маса у багато разів перевищує масу видимої речовини. Останніми роками астрономи отримали цілий ряд прямих вказівок на те, що в основному саме ця темна речовина заповнює Всесвіт. Вона утворює протяжні невидимі темні гало галактик і міститься в

міжгалактичному просторі, концентруючись біля скупчень галактик. Яка природа «прихованої» речовини? Можливо, це поки що не відкриті елементарні частинки, а можливо, вакуум має такі властивості, що робить свій внесок у повну густину матерії. Це можуть бути і звичайні несамосвітні тіла невеликої маси, проміжні між зорями і великими планетами. Може бути і «будівельне сміття», що залишилось після епохи утворення галактик. Та як би там не було, виміряти масу «прихованої» речовини - задача надзвичайно складна. Це якнайважливіше космологічне питання досі залишається відкритим. Проблема горизонту. Якщо галактики розлітаються, то перенесімось подумки у минуле і знайдімо момент, коли віддалі між галактиками були такими малими, що вони «торкались» одна одної. Продовжуючи цю подорож у часі, ми неминуче прийдемо до такого моменту, коли вся доступна для спостережень область Всесвіту формально була стягнута в точку, а густина її була нескінченно великою. Звісно, фізично це неможливо, але в рамках моделі припустимо говорити про час життя Всесвіту як такий, що минув від моменту існування нескінченно великої (чи просто великої, але такої, яка ще має фізичний зміст) густини. Цей час, що називається віком Всесвіту, залежно від прийнятого значення сталої Габбла виявляється близьким до 12-15 млрд років. Якщо наші математичні моделі вірно описують реальний Всесвіт, то серед астрономічних об'єктів не повинно бути таких, вік яких перевищує вік Всесвіту. І дійсно, вік найстаріших зір як у нашій, так і в інших галактиках, не більший за 15 млрд років. Будь-який сигнал, що несе інформацію, не може передаватися зі швидкістю, більшою за швидкість світла. Тому «скінченний» вік Всесвіту дозволяє умовно говорити і про розмір спостережуваного Всесвіту, або розмір області, з якої інформація може дійти до спостерігача за час, що минув від початку розширення. Оскільки швидкість світла має скінченне значення, то і розмір спостережуваного Всесвіту - також скінченна величина. Тобто спостережуваний Всесвіт має вигляд сфери скінченного радіуса, з-за меж якої ніяка інформація не може дійти до нас у принципі. І ніяке вдосконалення техніки не дозволить зазирнути ще далі. На честь Габбла її називають габблівським радіусом, а поверхня, яку він описує, називається абсолютним горизонтом. На сьогодні за значення сталої Габбла

$H = 75 \text{ км/с} \cdot \text{Мпк}$ габблівський радіус становить 4000 Мпк. Але поняття радіуса Всесвіту досить умовне: реальний Всесвіт безмежний і ніде не закінчується. Якщо спостерігач буде рухатись, то його спостережуваний «горизонт» буде відсуватися все далі й далі. Через скінченність швидкості світла величина червоного зміщення у спектрі далекої галактики є водночас і мірою віддалі до неї, і мірою часу, який минув відтоді, коли вона випустила

той сигнал, що ми зараз сприймаємо. Спостерігаючи все віддаленіші галактики, ми зазираємо у їхнє минуле, бо бачимо їх такими, якими вони були мільйони й мільярди років тому.

VI. Підведення підсумків. Закріплення матеріалу у формі

Відповіді на контрольні запитання:

1. Яка мета ставиться при побудові космологічної моделі?
2. Чому параметр густини речовини такий важливий для долі Всесвіту?
3. У чому суть проблеми «прихованої» маси?
4. Як Ви розумієте поняття «абсолютний горизонт»?
5. Які типи галактик найчастіше виявляють при спостереженнях?
6. Як змінні зорі цефеїди виправдали свою назву «маяки Всесвіту»?
7. В чому суть червоного зміщення галактик?
8. Як виявляють себе активні галактики?
9. Що таке квазари ?

VII. Домашнє завдання:

конспект, тести с.125.

опрацювати матеріали теми використовуючи ресурси мережі Інтернет.