

### МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИВЧЕННЯ ТЕМИ «БУДОВА ТА ЕВОЛЮЦІЯ ВСЕСВІТУ» У ЗАГАЛЬНООСВІТНІЙ ШКОЛІ

Наведені методичні рекомендації по викладанню теми "Будова та еволюція Всесвіту" у курсі астрономії для загальноосвітньої школи. Розроблено структуру подання навчального матеріалу. Висвітлено фрагменти додаткового теоретичного матеріалу з теми. Запропоновано ряд проблемних задач з теми.

Methodical recommendations for teaching a theme "Structure and evolution of the universe" at the rate of a comprehensive school are given. The structure of submission of a teaching material is developed. It is considered fragments of an additional theoretical material on a theme and it is recommended a number of problem tasks.

Кількість годин, яка відводиться на вивчення теми "Будова та еволюція Всесвіту" у сучасній шкільній програмі з астрономії недостатня для повного та змістовного її висвітлення.

На практиці помічено, що ця тема викликає велику зацікавленість, а найголовніше те, що виникає ряд додаткових запитань, які свідчать про мислення учнів, про їхнє прагнення до розуміння будови Всесвіту та процесів, що проходять у ньому, тобто вони намагаються сформулювати собі цілісну картину світу. Допомога у цьому процесі є найголовніше у праці педагога.

Запитання, які виникають в учнів, займають "левоу" частку часу, який відводиться на вивчення цього розділу, а найголовніше те, що шкільний підручник не дає відповіді на всі ці питання [1].

Тому є необхідність у зборі та систематизації додаткових матеріалів зокрема по темі "Будова та еволюція Всесвіту", який міг би слугувати як матеріал для підготовки вчителів до уроків, а також як додатковий матеріал для самостійної роботи учнів.

Щодо методики викладання самого навчального матеріалу, то ми пропонуємо таку структуру викладу матеріалу з цієї теми:

1. Наше місце у Всесвіті.
2. Елементарна будова Всесвіту.
3. Моделі еволюції Всесвіту.

Розглянемо зокрема кожен з цих пунктів.

При розгляді матеріалу "Наше місце у Всесвіті" необхідно відзначити ієрархічну будову Всесвіту, яка зображена на мал. 1 (а, б).

За допомогою цих схем в учнів формується знання та розуміння будови Всесвіту. Але ці схеми не пояснюють процесів, які відбуваються у Всесвіті.

Більше уваги пропонуємо приділити питанню елементарної будови Всесвіту. Насамперед, будова

Всесвіту включає в себе не лише опис об'єктів, які входять до його складу (галактики, зорі, чорні діри, планети, комети, пил і т.д.), а й опис "матерії", з якої він складається.

Ні в кого не викликає сумніву, що Всесвіт складається з:

- видимої матерії (відомі та, можливо, поки що невідомі хімічні об'єкти);
- випромінювання, яке ми можемо за допомогою формули Ейнштейна трактувати як певну масу (особливо цікавим є реліктове випромінювання, яке підтверджує гіпотезу Великого Вибуху);
- ряду елементарних частинок.

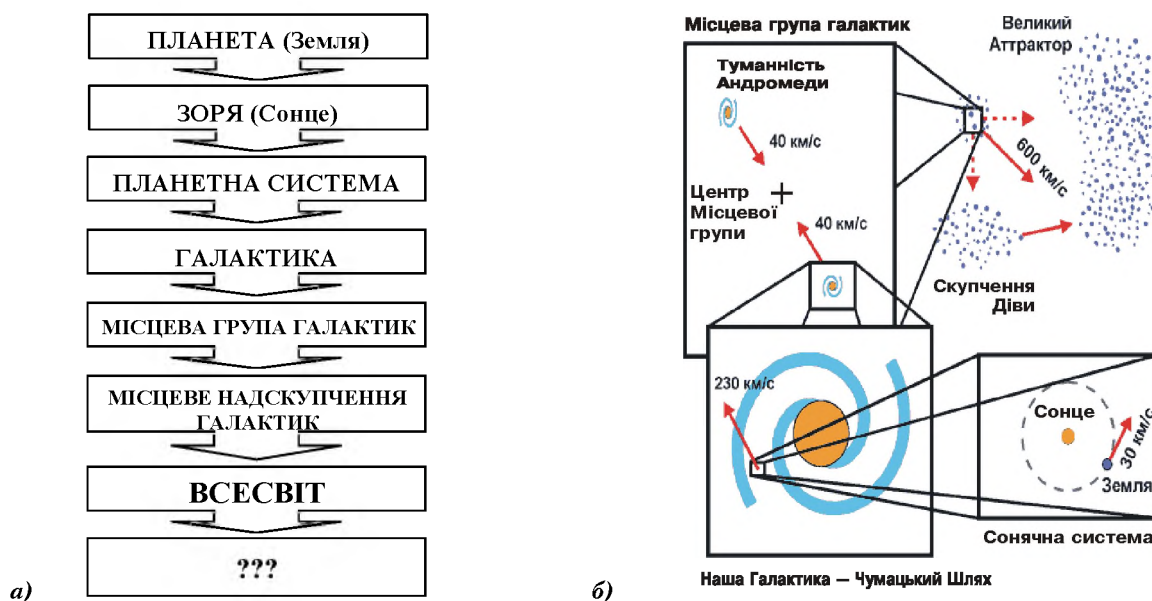
Але під час ретельного дослідження рухів небесних об'єктів, використовуючи "земні" закони, можна прийти до висновку, що Всесвіт містить в собі багато ще невідомих видів матерій. Ось на вивчення цих гіпотетичних видів матерії варто звернути увагу.

Виклад матеріалу доцільно проводити за таким планом:

1. Темна матерія: А) історична довідка; Б) способи виявлення та можливе місце її розташування; В) спроби пояснення будови;
2. Квінтесенція – темна енергія: А) історична довідка; Б) спроба пояснення будови; В) важливість темної енергії в процесі еволюції Всесвіту.
3. Узагальнення щодо пропорцій в будові Всесвіту.

Коротко розглянемо ці пункти плану.

1. А) З кожного фотона, який надійшов з найдальших околиць Всесвіту, ми намагаємось отримати максимум інформації. Астрономія аналізує світло, що приходить на Землю. Наша задача – не тільки зібрати якомога більше світла за допомогою наземних і космічних телескопів, але й використати все побачене на



Мал. 1. Ієрархічна будова Всесвіту: а) на прикладі загальної картини; б) з показом місця Землі

небі, аби краще збагнути те, чого ми ще не можемо бачити, але добре знаємо, що воно мусить бути там.

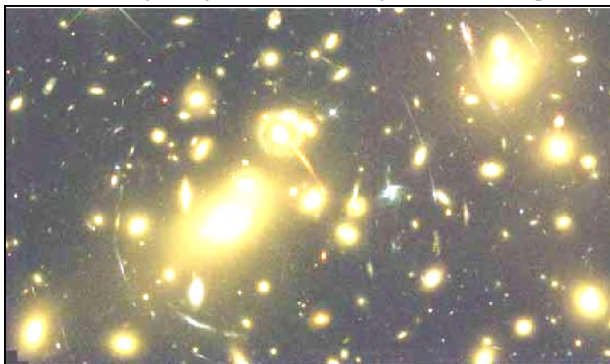
На основі 50-річного накопичення даних про рух галактик більшість астрономів вважає, що майже 90% речовини, яка його складає — це невидимі об'єкти чи частинки. Іншими словами: більша частина матерії Всесвіту не випромінює — не дає світла, яке можна було б зареєструвати в доступному для нас електромагнітному діапазоні спектру. Вперше постульована близько 60 років тому астрономом Фріцом Цвіккі так звана матерія, якої бракує, на думку вчених, знаходиться у скупченнях галактик. Сьогодні ми називаємо цей брак маси “темною матерією” — на означення того, що це є брак світла від матерії, а не самої матерії.

Астрономи і фізики пропонують різні пояснення цієї темної матерії [4]. З одного боку, це могла би бути просто звичайна речовина, така, як дуже слабкі зорі, великі або малі чорні діри, холодний газ чи пил, розсіяні по Всесвіту — все, що випромінює чи відбиває занадто мало радіації для виявлення її нашими інструментами. Вони могли би бути навіть класом темних об'єктів, які називають МАКОГ (Масивні Компактні Об'єкти Гало). Вони ховаються в гало, що оточують галактики або їх скупчення. З іншого боку, темна матерія може бути представлена у формі екзотичних невідомих частинок, які ми навіть не уявляємо як спостерігати. Фізики будують теорії, що пояснюють існування цих частинок, хоча експериментально це ще не підтверджено. Третій варіант: наше розуміння гравітації потребує суттєвого перегляду.

1. Б) Коли ми вивчаємо орбіти зір і хмар газу при їх обертанні навколо центру галактики, виявляється, що вони рухаються надто швидко. Ці неочікувано високі швидкості сигналізують нам про дещо більше гравітаційне притягання, ніж те, яке створює видима матерія. З детальних вимірювань швидкості випливає, що значна кількість невидимої матерії створює гравітаційну силу, яка і втримує ці зорі та хмари газу на високошвидкісних орбітах. Доходимо висновку: темна матерія розподілена всюди в галактиці, сягаючи за видимий край галактики та виступаючи над і під плоским диском, що світиться.

Нещодавно з'явилися більш витончені методи виявлення невидимої матерії. Один з таких методів вдало використовує виявлення кілець або арок навколо скупчень галактик. Ці “кілця Ейнштейна” є наслідком ефекту, відомого як гравітаційне лінзування (мал. 2) — викривлення траєкторії мимобіжних променів світла гравітаційним полем масивних об'єктів. Цікаво, що ближчі з них працюють як природні телескопи, відхиляючи промені так, що вони потрапляють у наш приймач, а без них ці промені пройшли б далеко від нас у космічному просторі.

Використовуючи комп'ютерні моделі, можна розрахувати масу скупчень на шляху променя, оцінити кількість невидимої матерії, що повинна б там бути, аби пояснити спостережуване геометричне відхилення. Такі розрахунки підтверджують: скупчення мають набагато більшу масу, ніж та, яка є у світній матерії.



Мал. 2. Гравітаційне лінзування

1. В) Як багато темної матерії містить у Всесвіті? Доля Всесвіту залежить ще від одного параметра: загальної густини Всесвіту.

Теоретики взяли за основу віртуальну множину об'єктів, що могли б бути темною матерією. Назвемо лише кілька з найімовірніших кандидатів:

- для баріонної темної матерії: чорні діри (великі і малі), коричневі карлики (надто холодні і слабкі для випромінювання зорі), МАКОГ розмірів Сонця, холодний газ, темні галактики і темні скупчення [4].
- не баріонна темна матерія, обмежується тільки уявою теоретиків. У переліку таких частинок є фотіно, нейтрино, гравітино, махаони та монополії. З них дослідники зареєстрували тільки нейтрино.

На сьогоднішній день ставиться чимало експериментів для реєстрації інших екзотичних частинок. Але тут є надто багато “якщо”.

2. А) Спостереження останніх п'яти років переконали космологів у тому, що хімічні елементи і темна матерія разом становлять менше половини маси енергії Всесвіту, а основну її частину — всюдищу “темна енергія”, що володіє дивною і цікавою рисою: її гравітація не притягує. Вона відштовхує. У той час, як звичайна гравітація стягує хімічні елементи і темну матерію в зорі та галактики, ця розкидає темну енергію в майже однорідну структуру, що пронизує простір. Всесвіт — це поле битви між двома тенденціями, і гравітація відштовхування перемагає. Вона поступово переважає силу притягання звичайної речовини, змушуючи Всесвіт збільшувати швидкість розширення і, можливо, ведучи до нової інфляційної епохи та зовсім іншого майбутнього для Всесвіту, ніж передбачала більшість космологів десятиліття тому [3].

Донедавна космологи зосереджували зусилля лише на доведенні самого існування темної енергії. Переконавшись в її існуванні, вони звернули увагу на глибшу проблему: а звідки ця енергія походить?

2. Б) Щоб там не було, ця нова складова повинна бути темною, тобто такою, яка не поглинає, і не випромінює світла, бо інакше її давно б помітили. Цим вона схожа на темну матерію. Але ця нова складова, названа темною енергією, відрізняється від темної матерії в одному важливому аспекті — вона повинна бути гравітаційно відштовхувальною. Інакше її б зібрало у галактики та скупчення галактик, де би вона впливала на рух видимої речовини. А такого пливу не помітно. Окрім цього, гравітаційне відштовхування розв'язує “вікову кризу”, що непокоїла космологію протягом усіх років. Якщо взяти сучасні вимірювання швидкості розширення і припустити, що розширення сповільнювалось, тоді вік Всесвіту буде меншим 12 мільярдів років.

Усі ці спостереження зводяться до трьох чисел: середня густина речовини (як звичайної, так і темної), середня густина темної енергії та кривизна простору. Рівняння Ейнштейна вимагають, щоб ці три числа в сумі склали критичну густину.

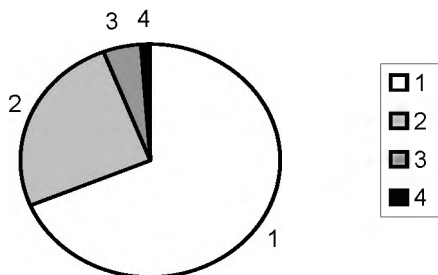
Квінтесенція може набувати багатьох форм. Найпростіші моделі пропонують квантове поле, енергія якого змінюється настільки повільно, що виглядає, як постійна енергія вакууму. Ця ідея була запозичена з інфляційної космології, в якій космічне поле, відоме як інфлятор, керує розширенням дуже раннього Всесвіту, використовуючи такий же механізм. Істотна відмінність у тому, що квінтесенція набагато слабша за інфлятор. Цю гіпотезу вперше було досліджено десятиліття тому Крістофом Веттеріхом з Гейдельберзького університету і Бгаратом Ратра, котрий тепер працює в Канзаському університеті, та Джеймсом Пібблсом із Принстонського університету.

2. В) Незалежно від походження квінтесенції, її динамізм міг би розв'язати болісну проблему тонкого налаштування. Один із способів поглянути на це пи-

тання — в'яснити, чому прискорення космосу почалося саме в цей момент космічної історії? Створена у момент, коли Всесвіту було  $10^{35}$  с за віком, темна енергія мала би залишатися у затінку протягом майже 10 мільярдів років. Як вказують дані, тільки тоді вона переборола б речовину і змусила Всесвіт почати розширення з прискоренням. Чи це не збіг обставин, що як тільки з'явилися мислячі істоти, Всесвіт раптово “переключився на вищу передачу”. Виглядає, наче долі речовини і темної енергії якось переплітаються. Але ж як?

Якщо темна енергія є енергією вакууму, тоді цей збіг майже неможливо пояснити.

3. Відповіддю на цей пункт плану буде діаграма (мал. 3), яка добре пояснює пропорції. Тут: 1 — темна енергія, 2 — темна матерія, 3 — видима речовина, 4 — випромінювання.



Мал. 3. Діаграма пропорцій у будові Всесвіту

При вивченні матеріалу, пов'язаного з еволюцією Всесвіту (пункт 3), необхідно звертати увагу на різні гіпотези щодо цього. Остаточної відповіді немає, хоч передовими вважаються такі моделі еволюції, як Великий Вибух та Інфляційний Всесвіт. Ці дві гіпотези найкраще пояснюють процеси, що відбуваються з нашим Всесвітом, але за браком знань людства та можливостей заглянути в минуле і майбутнє, варто зазначити, що ці моделі еволюції все ж таки є гіпотезами.

Також не потрібно випускати з поля зору, ще одну важливу гіпотезу щодо еволюції Всесвіту — антропний принцип [2].

Чільне місце у викладанні астрономії, особливо під час вивчення теми “Будова та еволюція Всесвіту”, займають проблемні задачі. Під час такого виду вивчення матеріалу в учнів формуються глибокі та зміс-

товні знання. Наведемо для прикладу декілька таких проблемних задач:

- 1) Чи не впливає з закону Хаббла, що у Всесвіті діє якась сила, яка “розганяє” галактики, через що збільшується швидкість з відстанню?
- 2) Куди розширюється Всесвіт, якщо він і так вже нескінченний?
- 3) Всесвіт — це усе, що є на світі. Оскільки він розширюється, то повинні збільшуватися не тільки відстані між скупченнями галактик, а розміри усього у світі: і атомів, і планет, і людей... Чи так це?
- 4) Де, у якій точці простору був Великий Вибух?
- 5) Який зміст має нескінченність Всесвіту, якщо її видима частина обмежена космічним горизонтом?
- 6) Чи не суперечить існування космічного горизонту безмежності Всесвіту, який слідує з космологічного принципу?
- 7) Чи впливає з закону Хаббла, що можуть існувати галактики, швидкість віддалення яких перевищує швидкість світла? Якщо це так, чи не суперечить космологія Всесвіту, що розширюється, теорії відносності, відповідно до якої швидкість світла — це гранична швидкість сигналів?
- 8) З принципу “чим далі в просторі — тим глибше в часі” впливає, що об’єкти на відстанях мільярди світлових років повинні відрізнятися від близьких. Чи не суперечить цей висновок космологічному принципу, відповідно до якого властивості Всесвіт у всіх точках однакові?
- 9) Що таке “теплова смерть Всесвіту”? Чи настане вона коли-небудь?
- 10) Чому в ночі темно? (Фотометричний парадокс).

#### Список використаних джерел

1. *Климишин І.А., Крячко І.П.* Астрономія: Підручник для 11 класу загальноосвітньої школи. — К.: Наука, 2002. — 191 с.
2. *Климишин І.А.* Релятивістська астрономія. — 2-ге вид., пер. та доп. — М.: Наука. Гол. ред. фіз.-мат. літ., 1989. — 288 с.
3. *Острайкер Джеремія, Стейнхардт Пол.* Всесвіт п'ятої сутності — квінтесенція. // Світ науки. — 2001. — № 2(8) — С. 116-123.
4. *Рубін Віра.* Темна матерія у Всесвіті. // Світ науки — 2001. — № 2(8) — С. 102-106.

Дідович М.М.

Чернігівський державний педагогічний університет імені Т.Г.Шевченка

### КООРДИНАТНИЙ МЕТОД РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ З КІНЕМАТИКИ

Розглянуто способи опису руху матеріальної точки, з'ясовано суть координатного методу розв'язання задач з кінематики та дано приклади розв'язування задач координатним методом.

Methods of motion description of material point have been observed, the essence of coordinate method of solving the problems on kinematics has been clarified and the examples of solving the problems by a coordinate method has been given.

До арсеналу фізики як науки входять не тільки факти, поняття, закони і теорії, а і методи. Методи фізичної науки є інструментом вивчення закономірностей навколишнього світу і мають не менше значення, ніж факти, поняття і закони. Розуміння методів науки та вміння їх застосовувати на практиці робить знання учнів усвідомленими і дієвими. Проте при вивченні фізики в загальноосвітніх навчальних закладах методам фізики, на наш погляд, приділяють недостатню увагу. Це стосується і такого розділу, як кінематика.

Основна пряма задача механіки полягає у визначенні положення матеріальної точки (тіла) у просторі для будь-якого моменту часу. Кінематика розв'язує задачі без з'ясування причин того чи іншого виду руху. Для опису руху матеріальної точки в кінематиці

застосовуються три способи: векторний, координатний і натуральний.

У векторному способі положення матеріальної точки визначається її радіусом-вектором  $\vec{r}$ , який провідиться з деякої нерухомої точки вибраної системи відліку. Знаючи закон руху матеріальної точки, тобто залежність радіуса-вектора від часу  $\vec{r}(t)$ , можна знайти її положення в просторі для будь-якого моменту часу. Знання закону руху дає можливість знайти і інші характеристики руху тіла, зокрема залежність швидкості і прискорення від часу  $\vec{v}(t)$  і  $\vec{a}(t)$ . Кінематика розв'язує і обернену задачу — знаходження залежності  $\vec{v}(t)$  і  $\vec{r}(t)$  за відомою залежністю прискорення від