

ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

Кузьменков Сергій Георгійович

УДК 378: 371.134: 52

**ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ФУНДАМЕНТАЛІЗАЦІЇ
ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ АСТРОНОМІЇ**

13.00.02 – теорія та методика навчання (астрономія)

**Дисертація
на здобуття наукового ступеня
доктора педагогічних наук**

**Науковий консультант
Чурюмов Клим Іванович
доктор фізико-математичних наук,
професор,
член-кореспондент НАН України**

Київ – 2013

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СТАН ТА НАПРЯМИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗАГАЛЬНОЇ АСТРОНОМІЧНОЇ ОСВІТИ.....	16
1.1. Стан та актуальні проблеми загальної астрономічної освіти.....	16
1.2. Методологічні і методичні особливості астрономічної освіти.....	31
1.3. Фундаменталізація астрономічної освіти.....	46
Висновки до першого розділу.....	54
РОЗДІЛ 2. СТРУКТУРА І ЗМІСТ ЗАГАЛЬНОЇ АСТРОНОМІЧНОЇ ОСВІТИ.....	57
2.1. Аналіз досвіду побудови загальноосвітніх курсів астрономії.....	57
2.2. Стрижневі ідеї загальної астрономічної освіти.....	65
2.3. Формування поля понять загальної астрономічної освіти.....	76
2.3.1. Загальні положення.....	76
2.3.2. Ядро поля понять.....	83
2.3.3. Периферія поля понять.....	92
2.4. Структура і зміст курсів астрономії в сучасній школі.....	95
2.4.1. Зміст загальноосвітнього курсу астрономії для рівня стандарту.....	95
2.4.2. Зміст курсу астрономії для профільного рівня.....	99
Висновки до другого розділу.....	103
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИЧНА СИСТЕМА ПІДГОТОВКИ ВЧИТЕЛЯ АСТРОНОМІЇ ДО РОБОТИ В СУЧАСНІЙ ШКОЛІ.....	105
3.1. Вимоги до сучасного астрономічного освітнього середовища, призначеного для підготовки вчителя астрономії.....	105
3.1.1. Актуальність побудови нового освітнього середовища.....	105
3.1.2. Вимоги до сучасного астрономічного освітнього середовища.....	107
3.1.3. Методологічні засади проектування сучасного астрономічного освітнього середовища.....	109
3.2. Поле понять для підготовки майбутнього вчителя астрономії.....	124
3.3. Структура і зміст курсу астрономії для підготовки майбутнього вчителя астрономії.....	131
3.4. Застосування діяльнісного підходу в процесі підготовки вчителя астрономії.....	148
3.4.1. Практикум із розв'язування астрономічних задач та методика його проведення.....	150
3.4.2. Лабораторний практикум з астрономії як спосіб формування узагальнених умінь.....	158
3.4.3. Семінарські заняття з астрономії та методика їх проведення.....	162
3.4.4. Науково-дослідна робота студентів з астрономії.....	166
3.4.5. Самостійна робота студентів у процесі вивчення астрономії.....	167

3.5.Організація навчання за модульною технологією.....	170
3.6. Формування професійної культури майбутнього вчителя.....	173
3.5.1.Методологічна культура.....	173
3.5.2.Креативна культура.....	175
3.5.3.Інформаційна культура.....	176
3.7.Структура, зміст та дидактичне забезпечення курсу «Методика навчання астрономії».....	179
3.8.Педагогічні умови ефективного функціонування пропонованої методичної системи підготовки майбутнього вчителя астрономії.....	188
3.9.Спецкурс для підготовки майбутніх магістрів «Новітні досягнення в астрофізиці».....	193
3.10.Спецкурс для підготовки магістрів «Фундаментальні фізичні та математичні константи».....	196
Висновки до третього розділу.....	203
РОЗДІЛ 4. МЕТОДИКА РЕАЛІЗАЦІЇ СТРИЖНЕВИХ ІДЕЙ АСТРОНОМІЧНОЇ ОСВІТИ В ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ АСТРОНОМІЇ	
.....	207
4.1.Реалізація ідей пізнаванності і нетотожності видимого та істинного на прикладі вивчення змістового модуля «Кінематика Сонячної системи».....	207
4.2. Використання фундаментальних ідей фізики (симетрії та збереження)	222
4.2.1.Закони Кеплера.....	222
4.2.2.Теорема віріала.....	228
4.2.3.Закон збереження моменту імпульсу в астрономії.....	241
4.3. Ідея єдності людини і Всесвіту. Антропний принцип.....	253
Висновки до четвертого розділу.....	267
РОЗДІЛ 5. ШЛЯХИ І ПРИЙОМИ ФУНДАМЕНТАЛІЗАЦІЇ ПРЕДМЕТНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ АСТРОНОМІЇ	
.....	269
5.1.Використання задачного підходу в процесі формування спеціальних знань, пов'язаних з базовим поняттям «час».....	269
5.2. Змістові узагальнення як засіб формування базових астрономічних понять (на прикладі вивчення головного базового поняття «планета»).....	280
5.3.Історико-культурологічний підхід у процесі навчання астрономії (на матеріалі теми «Комети»).....	293
5.4.Посилення ролі доведень під час навчання астрономії (на прикладі теми: «Внутрішня будова зір»).....	305
Висновки до п'ятого розділу.....	314

РОЗДІЛ 6. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНДАМЕНТАЛІЗАЦІЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ АСТРОНОМІЇ	316
6.1. Критерії ефективності фундаменталізації підготовки вчителя астрономії.....	316
6.2. Організація педагогічного експерименту з перевірки ефективності фундаменталізації підготовки вчителя астрономії.....	321
6.3. Результати педагогічного експерименту.....	324
Висновки до шостого розділу.....	336
ВИСНОВКИ	339
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	346
ДОДАТКИ	381

ВСТУП

Актуальність теми. Світ поринув у друге десятиріччя XXI століття. Біля Меркурія виконує свою космічну місію апарат «Месенджер», щойно закінчили свої місії на Марсі марсохід «Спіріт» і посадковий модуль «Фенікс», продовжують працювати марсоходи «Оппортюніті» і «Кьюріосіті», систему Сатурна вже дев'ятий рік досліджує космічний апарат «Кассіні», до Плутона летить космічний корабель «Нові горизонти», а до комети Чурюмова-Герасименко для здійснення м'якої посадки на її ядро – станція «Розетта». Астрономами вже відкрито понад 800 планет у інших зір, у тому числі завдяки унікальній космічній обсерваторії «Кеплер», нейтринні осциляції, і точно відомо, що те, що можна побачити у найпотужніші телескопи, становить не більше 5% від існуючого, а все інше – це «темна» матерія і «темна» енергія. На Землі постійно (завадити може тільки погана погода) працює ціла армія оптичних і радіотелескопів нового покоління, у тому числі в оптичному діапазоні три 10-метрових (з них два телескопи Кека), два 9-метрових, дев'ять 8-метрових (з них чотири складають VLT – Very Large Telescope) і п'ять 6-метрових телескопів. Навколо ж Землі вже точно без перешкод працюють: космічний телескоп «Габбл», інфрачервона обсерваторія «Гершель» (що замінила обсерваторію «Спітцер»), рентгенівська – «Чандра», гамма-обсерваторія «Планк», що переконливо свідчить про всехвильовий етап розвитку астрономії.

Все це дало підстави ще кілька років тому стверджувати, що астрономія вийшла на передові рубежі природознавства. І, мабуть, усвідомлення цього стало найвагомим аргументом на користь рішення про оголошення ООН 2009 р. Міжнародним роком астрономії (окрім, звісно, формального привиду – 400 років з часу «народження» телескопа).

Однак результати Всеукраїнського моніторингу [314] та інші дослідження свідчать про те, що рівень масової астрономічної освіти в нашій країні не відповідає рівню розвитку астрономії як науки, рівню розвитку суспільства, статусу космічної держави, сучасній гуманістичній парадигмі освіти.

Вчитель – найважливіша ланка в системі освіти. Тому рівень масової освіти в суспільстві визначається передусім рівнем компетентності вчителя, рівнем його професійної культури [216].

Зміни, що відбуваються в науці – астрономії, дидактиці й психології, ступінь розвитку інформаційного суспільства, тенденції розвитку освіти зумовлюють необхідність реформування змісту і технологій навчання астрономії. В сучасних умовах відбувається перехід від науково-просвітницької парадигми освіти до науково-гуманістичної, особистісно-зорієнтованої. Сутність останньої полягає в тому, щоб поєднати науковий і гуманістичний потенціал астрономії з побудовою такого освітнього середовища, в якому могли б формуватися особистісні якості суб'єктів навчання: світоглядні, ціннісні, смислові. У межах гуманістичної парадигми астрономічна освіта пов'язується з можливістю реалізації творчодіяльнісного існування людини в навколишньому світі.

У матеріалах XXVIII Генеральної конференції ЮНЕСКО (1995 р.) зазначається, що вища освіта має бути «випереджаючою» і містити у змістовій складовій фундаментальні і прагматичні знання, знання новітніх технологій і таких, що розвивають творчі здібності майбутніх фахівців. Освіта має не тільки відображати сучасний стан розвитку науки, а й певною мірою випереджати його, готуючи фахівців завтрашнього дня.

Проте, нинішня модель підготовки вчителя фізики та астрономії зорієнтована переважно на підготовку його до тривіальних функціональних дій, пов'язаних з організацією діяльності учнів із засвоєння навчального матеріалу [325, 326]. Підготовка ж сучасного вчителя астрономії, на нашу думку, має бути організована так, щоб забезпечити необхідний рівень його астрономічної культури (як системи астрономічних знань, ідей, цінностей, світогляду, способів пізнання, мислення, досвід творчої і практичної діяльності [124]), його спроможність творчо підходити до проектування навчального процесу та його організації, здійснювати комунікативну, управлінську рефлексивну діяльність.

Слід зазначити, що проблеми астрономічної освіти у вищій школі свого втілення у завершених системних дослідженнях в Україні не знайшли. Формування теоретичних і методичних засад навчання астрономії у вищих навчальних закладах перебуває на початку становлення і знайшло певне відображення в дисертаційних дослідженнях або ще радянських часів, зокрема у таких дослідників, як М.М. Дагаєв (1969 р.), А.О. Курлаєва (1963 р.), Н.В. Лісіна (1967 р.), С.С. Моїсєєв (1963 р.), Д.О. Мурашов (1962 р.), або у сучасних російських учених, зокрема Л.В. Жукова (1999 р.) та О.В.

Максименко (2000 р.) [89; 181; 189; 196; 198; 214]. Проте ці дослідження обмежувалися окремими компонентами підготовки майбутніх учителів з цієї фундаментальної фахової дисципліни. Навіть в останніх публікаціях В.В. Богдан, Т.М. Богдан, І.П. Крячка, М.Т. Мартинюка, Ю.Б. Мирошніченка, І.А. Ткаченка, І. Хейфеця [24; 25; 124–129; 205; 210; 295–297; 312; 313] не достатньою мірою віддзеркалювалася зміна змісту курсу, викликана новими досягненнями в астрономії (особливо в астрофізиці), а також загальним розвитком науки і технологій, освіти і суспільства в XXI столітті, що потребує переосмислення цілей і завдань, змісту, форм, методів і засобів навчання астрономії у вищих педагогічних навчальних закладах.

Процес навчання астрономії в теоретичному плані, звичайно, підкоряється всім принципам і закономірностям педагогіки і психології. Проте практичний аспект підготовки майбутніх учителів астрономії залишається поки на рівні збирання емпіричних фактів, спостережень окремих викладачів і лише зрідка супроводжується теоретичними узагальненнями [89]. Ці емпіричні дані й досі не зведені у хоч яку-небудь систему, яка б давала змогу робити теоретичні й практичні висновки і прогнозувати навчання.

В результаті аналізу стану астрономічної освіти в Україні нами визначено сучасні проблеми в цій галузі знань, що зумовлюють її низьку якість. До них ми віднесли: *шкільний статус другорядного предмету; формальну необов'язковість астрономічних знань (на рівнях випуску зі*

школи і вступу до ВНЗ); відсутність належної мотивації в учнів (як внутрішньої, так і зовнішньої); малу кількість годин, що відводиться на предмет (як у школі, так і у ВНЗ для підготовки вчителя астрономії); недостатню відповідність структури й змісту курсу астрономії сучасному стану розвитку астрономічної науки і сучасній освітній парадигмі; викладання у школі у другому семестрі на рівні стандарту; викладання вчителями й викладачами невідповідного напрямку підготовки; неналежну підготовку вчителя астрономії у ВНЗ; відсутність засобів наочності (як системи) і астрономічного обладнання; майже повну відсутність міських планетаріїв; відсутність відповідного науково-популярного середовища; ігнорування нової інформаційної культури.

У нашому дослідженні ми зосередили увагу на невідповідності структури й змісту курсу астрономії, як у школі, так і у ВНЗ, сучасному рівню розвитку астрономічної науки і сучасній освітній парадигмі, а також неналежній підготовці вчителів астрономії.

За оцінками фахівців (наприклад, [62; 227]) криза сучасної середньої і вищої освіти в Україні є проявом глобальної світової кризи освіти. Вона виражається в неузгодженостях: між потребами сучасного інформаційного суспільства і рівнем підготовки випускників як середньої, так і вищої школи, між новими цілями і завданнями освіти і застарілими формами управління і функціонування цих шкіл, між інтересами, потребами і можливостями суб'єктів освітнього процесу.

Криза настала з багатьох причин і одна з головних – це величезний потік нової інформації, що збільшується в експоненціальній залежності. Один з найбільших потоків інформації спостерігається в астрономії. В нових умовах, що швидко змінюються, постають вічні запитання: «Чого навчати?» і «Як навчати?».

Тому на сьогодні і відбувається заміна старої науково-просвітницької парадигми освіти на нову – науково-гуманістичну. Найважливішим компонентом нової освітньої парадигми є концепція фундаменталізації, яка передбачає істотне підвищення якості освіти. Саме фундаменталізація є безпосередньою реакцією на зростання потоків інформації у сучасному світі й проблеми адаптації фахівця в умовах, що швидко змінюються.

Отже, необхідність розв'язання існуючих проблем в астрономічній освіті зумовлює **актуальність дисертаційного дослідження: «Теоретико-методичні засади фундаменталізації підготовки майбутніх учителів астрономії».**

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційне дослідження виконано згідно з тематичним планом науково-дослідницької роботи Херсонського державного університету на період 2005–2011 рр. і є частиною науково-дослідницької роботи з тем: «Підготовка вчителя в системі неперервної педагогічної освіти» (РК № 0106U000875) і «Провідні тенденції підготовки фахівців у галузі освіти в контексті Болонського процесу» (РК № 0109U002277). Наші дослідження були пов'язані з підготовкою вчителя астрономії.

Дисертаційне дослідження здійснювалося у відповідності до законів України «Про освіту», «Про вищу освіту», згідно з Державною національною програмою «Освіта» (Україна ХХІ століття»), Національною доктриною розвитку освіти України в ХХІ ст.

Тему дисертації затверджено на засіданні Вченої ради Херсонського державного університету (протокол № 8 від 02 березня 2009 року), узгоджено Міжвідомчою радою з координації наукових досліджень з педагогічних та психологічних наук в Україні (протокол № 5 від 16 червня 2009 року) та затверджено в остаточній редакції на засіданні Вченої ради Херсонського державного університету (протокол № від 27 березня 2012 року).

Об’єктом дослідження є процес підготовки вчителя астрономії у вищих педагогічних навчальних закладах.

Предметом дослідження – методична система підготовки вчителя астрономії в контексті фундаменталізації освіти.

Мета дослідження – теоретичне обґрунтування і експериментальна перевірка методичної системи підготовки вчителя астрономії, створеної в контексті фундаменталізації освіти.

Предмет і мета дослідження зумовили такі **задачі дослідження**:

1. Проаналізувати стан загальної астрономічної освіти в Україні і з’ясувати причини його нинішнього рівня.

2. З’ясувати й означити: особливості астрономії як навчального предмету, поняття «фундаменталізація астрономічної освіти».

3. В контексті фундаменталізації визначити стрижневі ідеї астрономічної освіти у середній та вищій школах; сформулювати: поле понять і зміст курсу астрономії для середньої школи (для рівня стандарту й профільного рівня); поле понять і зміст курсу астрономії для підготовки майбутнього вчителя астрономії.

4. Створити модель астрономічного освітнього середовища для підготовки майбутнього вчителя астрономії із застосуванням сучасних освітніх технологій.

5. У межах нового астрономічного середовища розробити курс методики навчання астрономії і запропонувати додаткову астрономічну підготовку на освітньо-кваліфікаційному рівні «магістр».

6. Створити нову методичну систему підготовки вчителя астрономії і сформулювати педагогічні умови ефективного функціонування цієї методичної системи.

7. Перевірити на практиці функціонування запропонованої методичної системи підготовки майбутнього вчителя астрономії.

Методи дослідження. Для досягнення мети дослідження і розв’язання поставлених задач використовувався комплекс сучасних загальнонаукових методів дослідження, що взаємно доповнюють один одного:

- *теоретичних*: аналіз, синтез, порівняння, зіставлення теоретичних положень, викладених у філософській, психолого-педагогічній, методичній, астрономічній (науковій та навчальній) літературі та досвіду підготовки майбутніх учителів астрономії у вищих педагогічних навчальних закладах з

метою визначення продуктивних підходів до вирішення проблеми (п.п. 1.1–1.3, 2.1–2.3, 3.1–3.6); системний аналіз структури і змісту астрономічного освітнього середовища, призначеного для підготовки вчителя астрономії (п.п. 3.1–3.10) та моделювання процесу підготовки майбутнього вчителя астрономії (п.п. 3.4, 3.5, 4.1–4.3, 5.1–5.4);

- *емпіричних*: експертне оцінювання, опитування (анкетування) студентів й викладачів вищих педагогічних навчальних закладів і вчителів загальноосвітніх навчальних закладів з метою визначення стану і проблем астрономічної освіти (п. 1.1); педагогічний експеримент з перевірки ефективності розробленої методичної системи для підготовки майбутніх учителів астрономії (п.п. 6.1–6.3);

- *статистичних*: опрацювання та оцінювання експериментальних даних дослідження (п. 6.3).

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що:

- *вперше запропоновано* концепцію фундаменталізації астрономічної освіти;

- *вперше запропоновано* методологічні засади проектування астрономічного освітнього середовища для підготовки вчителя астрономії сучасної школи;

- *вперше з урахуванням* сучасних вимог до рівня фундаменталізації освіти *запропоновано* методичну систему підготовки вчителя астрономії у педагогічних вищих навчальних закладах;

- *вперше теоретично обґрунтовано* необхідність застосування і застосовано принцип фундаменталізації як до астрономічної освіти у середній школі, так і для підготовки майбутніх учителів астрономії;

- *вперше визначено, теоретично й методично обґрунтовано* стрижневі ідеї загальної астрономічної освіти;

- *вперше в контексті* фундаменталізації освіти *визначено й методично обґрунтовано* головні базові поняття курсу астрономії для загальноосвітніх і вищих педагогічних навчальних закладів (ядро і периферія поля понять на макрорівні);

- *вперше* сформульовано педагогічні умови ефективного функціонування запропонованої методичної системи;

- *вперше визначено* критерії ефективності фундаменталізації підготовки вчителя астрономії і чинники, що ускладнюють фундаменталізацію підготовки вчителя астрономії ;

- *удосконалено* в контексті фундаменталізації: поле понять і зміст курсу астрономії, базові астрономічні явища і процеси, теорії, закони, формули і теореми для загальноосвітніх навчальних закладів для рівнів стандарту і профільного;

- *удосконалено* поле понять і зміст курсу астрономії для підготовки вчителя астрономії з визначенням базових астрономічних явищ і процесів, теорій, законів, принципів, формул і теорем;

- *удосконалено* навчальну програму із загального курсу астрономії, призначеного для підготовки вчителя астрономії, і курсу «Методика навчання астрономії»;

- *конкретизовано* причини низького рівня масової астрономічної освіти в Україні; методологічні й методичні особливості астрономії як науки і як навчальної дисципліни;

- *конкретизовано* поняття: «професійна компетентність учителя астрономії», «професійна культура вчителя астрономії», «методологічна», «креативна» й «інформаційна культура вчителя астрономії»;

- *дістали подальшого розвитку* поняття: «фундаменталізація освіти» загалом, «науково-дослідна робота студента» і «самостійна робота студента» під час підготовки вчителя астрономії;

- *дістали подальшого розвитку*: методика проведення занять за модульною технологією; лабораторний практикум з астрономії для підготовки вчителя астрономії.

Практичне значення одержаних результатів визначається тим, що підготовлено збірники задач з астрономії, що рекомендовані МОН України як навчальні посібники для студентів вищих педагогічних навчальних закладів, та навчальний посібник «Тестові завдання з астрономії»; розроблено практикум з розв'язування астрономічних задач, для чого створено та впроваджено в навчальний процес збірники задач «Сонячна система» (Гриф МОН України, лист № 1.4/18-Г-1249 від 20 липня 2007 р.) і «Зорі» (Гриф МОН України, лист № 1/11-6380 від 3 серпня 2009 р.); розроблено цикл семінарських занять з актуальних проблем астрономії в контексті майбутньої професії; розроблено спецкурси для підготовки магістрів «Новітні досягнення в астрофізиці», «Фундаментальні фізичні та математичні константи».

Розроблена система й елементи методичного забезпечення зазнали експериментальної перевірки і можуть бути використані у процесі підготовки вчителів астрономії у вищих педагогічних навчальних закладах України з метою підвищення якості підготовки майбутніх фахівців. Результати теоретичного й експериментального пошуку можуть використовуватись фахівцями для оновлення державних стандартів вищої педагогічної освіти, науковцями в процесі подальших досліджень проблем астрономічної освіти, вчителями під час навчання астрономії у загальноосвітніх навчальних закладах, а також працівниками закладів системи післядипломної освіти під час підвищення кваліфікації вчителів.

Результати досліджень упроваджено в процес підготовки вчителів фізики та астрономії в Херсонському державному університеті (довідка № 12-12/1245 від 05.06.2012 р.), Харківському національному педагогічному університеті ім. Г.С. Сковороди (довідка № 01–770 від 24.11.2011 р.), Харківському національному університеті ім. В.Н. Каразіна (довідка № 0301–0160 від 21.11.2011 р.), Одеському національному університеті ім. І.І. Мечникова (довідка № 18–01–2435 від 29.11.2011 р.), Миколаївському національному університеті імені В.О. Сухомлинського (довідка № 01/911 від 01.06.2012 р.), Кам'янець-Подільському національному університеті імені Івана Огієнка (довідка № 12-

12/1245 від 05.06.2012 р.), Чернігівському національному педагогічному університеті ім. Т.Г. Шевченка (довідка № 04–11/1520 від 19.12.2011 р.).

Особистий внесок здобувача. У збірнику задач «Сонячна система» (співавтор І.В. Сокол) [166] автором з 8 розділів написано розділи 4, 5, 6, 7, 8. У навчальному посібнику «Тестові завдання з астрономії» (співавтор М.О. Бабенко) [167] автором з 5 розділів підготовлено розділи 2, 4, 5. У статті «Що таке час? Задачний підхід в астрономії» (співавтор І.В. Сокол) [178] автором написано основний текст статті (співавтором підібрано задачі). У статті «Комети: історичний, методологічний, світоглядний та культурологічний аспекти» (співавтор К.І. Чурюмов) [146] автором написано підрозділи: «Історія і культура», «Історія і методологія», сформульовано «Висновки». У статті «Застосування нових інформаційних технологій під час вивчення астрономії в середній школі» (співавтор В. Кучер) [142] автору належать провідна ідея і астрономічне наповнення програмного продукту. В інших працях у співавторстві [139, 140, 148, 159–161, 165, 169] автор виступав як науковий керівник студентських наукових робіт (надруковані у наукових виданнях).

Апробація результатів дисертації здійснювалася шляхом їхнього обговорення на засіданнях кафедри фізики, педагогіки і психології ХДУ та на наукових конференціях різних рівнів:

–*міжнародних*: «Вибрані питання астрономії та астрофізики» (Україна, Львів, 1998), «Сучасні тенденції розвитку природничо-математичної освіти» (Україна, Херсон, 2002), «Астрономічна школа молодих вчених» (Україна, Чернігів, 2008) «Астрономічна школа молодих вчених» (Україна, Херсон, 2009), «Управління якістю підготовки майбутніх учителів фізики та трудового навчання» (Україна, Кам'янець-Подільський, 2009), «Астрономічна школа молодих вчених», (Україна, Біла Церква, 2010), «Сучасний стан природничо-математичної та технологічної освіти: тенденції, перспективи» (Україна, Херсон, 2010), «Інноваційні технології управління компетентнісно-світоглядним становленням учителя: фізика, технології, астрономія» (Україна, Кам'янець-Подільський, 2011), «Актуальні проблеми природничо-математичної освіти в середній і вищій школі» (Херсон, 2012).

–*всеукраїнських*: «Проблеми астрономічної освіти в Україні» (Біла Церква, 2001), «Стратегічні проблеми формування змісту курсів фізики та астрономії в системі загальної середньої освіти» (Львів, 2002), «Астрономічна освіта учнівської молоді» (Київ, 2003), «Проектування освітніх середовищ як методична проблема» (Херсон, 2008), «Безперервна фізико-математична освіта: проблеми, пошуки, перспективи» (Бердянськ, 2009), «Сучасна астрономічна освіта» (Київ, 2010), «Чернігівські методичні читання з фізики 2010: Новітні технології навчання фізики в світлі сучасної освітньої парадигми» (Чернігів, 2010), «Особливості навчання природничо-математичних дисциплін у профільній школі» (Херсон, 2010), «Засоби і технології сучасного навчального середовища» (Кіровоград, 2011), «Чернігівські методичні читання з фізики» (Чернігів – Ніжин, 2011), «Чернігівські методичні читання з фізики» (Чернігів, 2012).

Публікації. Основні теоретичні положення й результати дисертаційного дослідження опубліковано у 46 наукових працях, з них: , 1 монографія і 1 навчальний посібник, призначений для тестування з астрономії, 2 збірники задач з астрономії (з грифом Міністерства освіти і науки України), 25 статей у провідних наукових фахових виданнях, 17 публікацій у збірниках матеріалів і тез конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел (361 найменувань на 35 сторінках), 4 додатків на 7 сторінках. Обсяг основного тексту – 328 сторінок. Повний обсяг – 387 сторінок. Робота містить 18 таблиць і 42 малюнка.

РОЗДІЛ 1

СТАН ТА НАПРЯМИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗАГАЛЬНОЇ АСТРОНОМІЧНОЇ ОСВІТИ

1.1. Стан та актуальні проблеми загальної астрономічної освіти.

Відразу зазначимо, що передусім будемо мати на увазі астрономічну освіту населення, яка переважно закінчується в школі. Вищу астрономічну освіту на сьогодні отримують або майбутні вчителі астрономії, або майбутні астрономи-професіонали, частка яких серед населення дуже невелика.

Якщо проаналізувати атестати про середню освіту, то переважна більшість наших громадян непогано знає астрономію. Про це формально свідчать достатньо високі оцінки з цього предмета. Але наскільки все це відповідає дійсності?

7 квітня 2009 р. Департаментом загальної середньої та дошкільної освіти МОН України (на той час) й Інститутом інноваційних технологій і змісту освіти був проведений Всеукраїнський моніторинг рівня астрономічних знань серед учнів 5 та 11 класів загальноосвітніх навчальних закладів. Дослідження проводилося з метою виявлення рівня сформованості в учнів світоглядних і загальнокультурних уявлень про небесні тіла та Всесвіт у цілому.

Моніторинг охопив 79 420 учнів (10,2% від загальної кількості) із 1 691 ЗНЗ (8,2% від загальної кількості шкіл) з усіх регіонів країни. Приблизно половина з них розташовані в сільській місцевості, трохи менше (48%) – у містах [314]. Для моніторингу було обрано тестову форму перевірки.

Скористаємось результатами цього моніторингу і проведемо їх аналіз. Обмежимося аналізом результатів тестування тільки для 11 класу. Як видно з рис. 1.1, 11% випускників досягли високого рівня навчальних досягнень, але лише 3,8% з них впоралися практично з усіма завданнями. До загальної радості всіх зацікавлених сторін середній і достатній рівні знань показали понад 80% учнів.

При цьому слід мати на увазі, що зі слів головного керівника й організатора моніторингу О.В. Хоменко [314] перевірка виконання тестових завдань здійснювалася переважно в тих самих навчальних закладах. Одержані результати узагальнювали відповідні підрозділи (робочі групи), які було сформовано регіональними органами управління освіти. Узагальнені звіти надсилали до МОН України для складання аналітичного звіту. В деяких ЗНЗ під час проведення моніторингу були присутні представники МОН України, які неперевірені роботи забирали для формування контрольної вибірки. Так, за результатами контрольної вибірки лише 0,1% учнів виконали всі завдання без помилок [314]. Таке різке відхилення результатів у контрольній і досліджуваній вибірках не може не наводити на роздуми про те, що деякі звіти на шкільному і регіональному рівнях коригували у бік покращення результатів.

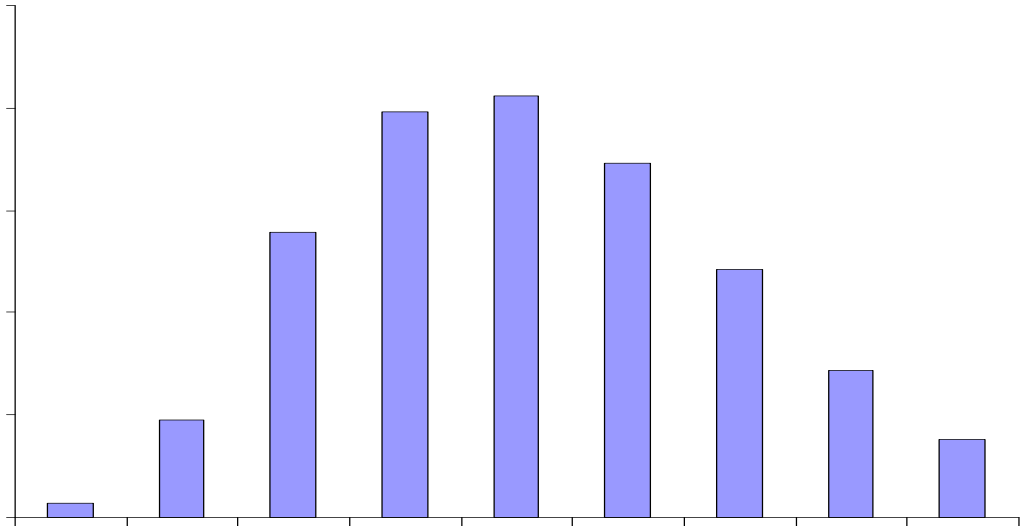


Рис. 1.1. Гістограма розподілу результатів виконання завдань учнями 11 класів відповідно до набраних балів.

Наведено кілька прикладів рівня знань, що ілюструють відповіді на деякі конкретні запитання [314]. Так, правильну причину зміни дня і ночі на Землі вказали 75% учнів. Чи можна вважати це хорошим результатом для учнів XXI століття, які щойно вивчали цей матеріал у курсі астрономії (як тут не згадати вислів, що приписується Г. Галілею у кінці першої третини XVII ст.: «А все-таки вона обертається!»)? Тим більше, що різниця правильних відповідей на це запитання з контрольною вибіркою становить понад 40%. На запитання щодо причин зміни пір року правильно відповіли тільки 38% старшокласників.

Виявилось, що питання про фази Місяця є складним для учнів. Менш ніж чверть (23%) 11-класників розуміють, що вигляд Місяця залежить від взаємного розташування Землі, Місяця й Сонця. Загальна результативність виконання завдань з теми «Сонячні та місячні затемнення» становить всього 54%.

Найскладнішими виявилися запитання останньої з запропонованих тем «Зорі. Еволюція зір». Загалом правильно відповіли на запитання цієї теми 45% учнів. Досить незначна частина випускників змогли пояснити, від якої характеристики зорі залежить кінцевий етап її існування. Всього 41% учнів (контрольна вибірка – 13,8%) надали правильну відповідь, що еволюція зорі залежить від її маси. А на запитання, яка зоря з перелічених (блакитного, білого, жовтого або червоного кольору) має найнижчу температуру, правильно відповіли 48,4% учнів, а з контрольної вибірки – лише 20%.

Порівняємо ці результати з результатами подібного опитування в Росії. Там це було зроблено у 2007 році Всеросійським центром вивчення суспільної думки і в 2009 році – астрономами Іркутського державного університету (іркутські астрономи опитували переважно студентів свого

міста). Результати виявилися багато в чому схожими. Наприклад, причину явища фаз Місяця правильно вказали лише 26% опитуваних (серед невірних відповідей найчастіше згадувалась тінь Землі і навіть інших планет), сонячних і місячних затемнень – 48%. Всього 19% вірно пояснили різницю між зорями і планетами, а більше 70% опитуваних вважають, що зміна пір року на Землі викликана еліптичністю її орбіти.

28%(!) росіян погодились з твердженням, що Сонце обертається навколо Землі, тобто виявились геоцентристами [344]. В авторів українського моніторингу, мабуть, рука не піднялася прямо ставити таке запитання, тому його сформулювали так: «Міколай Коперник правильно вважав, що ...» і далі варіанти відповідей. З тим, що Коперник додержувався геліоцентричних поглядів, погодилося понад 83% 11-класників (на жаль результат для контрольної вибірки не був оприлюднений).

Щодо геоцентризму, то ці результати активно обговорювались в Інтернеті і висловлювалось припущення, що респонденти просто жартували. Проте майже такий же відсоток геоцентристів виявився у багатьох європейських країнах і трохи меншим для США (опитування служби Геллапа, 1999 р.), Німеччини та Великобританії (1996 р.) – відповідно 18%, 16% і 19%. За словами авторів російського опитування: «Судячи по всьому, це все-таки не жарт: люди дійсно так думають або, що більш ймовірно, зовсім не думають на цю тему» [344].

Отже, ми бачимо, що майже на рівних уживаються наукові та ненаукові, міфологізовані знання, цілісна астрономічна картина світу у масової свідомості відсутня. Ми поділяємо думку С.А. Язева та Є.С. Комарової [344], що це дуже поганий симптом – неадекватне сприйняття реальності неминує спричиняє тяжкі наслідки.

Які ж причини такого низького (місцями – катастрофічно низького) рівня астрономічних знань на шостому десятку космічної ери? Безумовно, є світові тенденції, але є й українські реалії. Проаналізуємо це.

Перша причина (скоріше, **комплекс причин**), на нашу думку, пов'язана безпосередньо зі школою. По-перше, існує *парадокс статусу*. З одного боку, всі визнають загальноосвітнє, світоглядне, загальнокультурне, розвивальне значення астрономії, її безцінний внесок у розвиток філософії, математики, фізики, хімії, космонавтики, нашої цивілізації в цілому. Астрономічні знання вважаються чи не найважливішим компонентом наукової картини світу, що формується в свідомості учнів. З іншого боку, астрономію в школі вважають *другорядним предметом*. Так думають, часто не говорячи про це в голос, і керівництво, і вчителі. Цьому сприяє також мала кількість годин, що відводиться на вивчення астрономії: 0,5 години на тиждень у більшості загальноосвітніх шкіл і 1 година для шкіл природничо-математичного профілю в 11-му класі.

Низький статус предмета обумовлює відповідне ставлення до нього, причому як на рівні викладання, матеріального, технічного і методичного забезпечення, так і на рівні вивчення, тобто з боку учнів. Дуже часто на

курсах підвищення кваліфікації вчителів можна почути таке твердження: «Ну що можна встигнути за 17 годин? Годі й намагатися». Виключення становлять лише окремі вчителі й учні, що «без тямі закохані» в астрономію.

Вчителі фізики часто йдуть далі і «грішать» тим, що деякі уроки астрономії замінюють уроками більш «важливого» предмета – фізики. Викладання астрономії зводиться іноді до написання рефератів або так званих «проектів», які переважно просто списуються з Інтернету, тому користі від такого навчання небагато. Проте оцінки за реферати зазвичай виставляються хороші.

Оскільки під час вступу до ВНЗ важливим є середній бал атестату (він не враховувався всього кілька років відразу після введення ЗНО, а з 2010 р. до цієї характеристики знову повернулись), то по багатьох другорядних предметах, до яких відносять астрономію, дуже часто виставляють достатньо високі оцінки, адже все рівно ніхто ніколи не перевірить. І дійсно, астрономічні знання не перевіряють ні під час випускних іспитів в школі, ні під час ЗНО, не перевірялись вони й раніше на вступних іспитах до ВНЗ, коли ці іспити були.

По-друге, астрономію часто доручають викладати вчителям без відповідної підготовки. Під час вже згадуваного моніторингу було проведено опитування 3 040 вчителів стосовно організаційно-методичних засад викладання природознавства (де є велика астрономічна складова) і астрономії. Як свідчать результати опитування [269], природознавство й астрономію (рис. 1.2) викладають переважно дипломовані спеціалісти, які мають кваліфікацію «вчитель математики і фізики», «вчитель фізики», «вчитель хімії і біології», «вчитель географії», «вчитель географії та біології», «вчитель біології». Лише 4% опитаних – це вчителі фізики зі спеціалізацією «астрономія» (найкращий варіант).

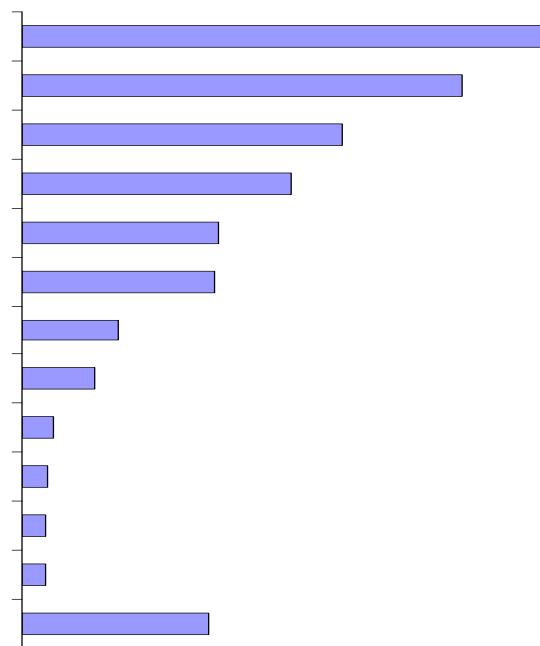


Рис. 1.2. Розподіл учителів, що викладають природознавство і астрономію, за напрямками освіти.

Слід зазначити, що приблизно 10% серед опитаних становлять учителі початкових класів, історії, право- та суспільнознавства, інженери з правом викладання машинобудування, вчителі загальнотехнічних дисциплін, а також філологи, психологи, агрономи, фельдшер та лікар-ветеринар і навіть книгознавець – організатор книжкової торгівлі [269]. Зрозуміло, що астрономію в 11-му класі викладають, головним чином, перші дві категорії та вчителі фізики зі спеціалізацією «астрономія», але трапляються й інші. До того ж слід мати на увазі, що під час підготовки «вчителя математики і фізики» (чомусь найбільш поширений варіант на рис. 1.2) на підготовку до викладання астрономії залишається ще менше часу, ніж на моноспеціальності «фізика».

По-третє, 17-годинний курс астрономії ставлять, зазвичай, у другому семестрі. З одного боку, це виглядає цілком логічно, оскільки панує така думка, що астрономія завершує фізико-математичну освіту (іноді кажуть взагалі про природничо-математичну освіту) в школі. З іншого боку, це ще більше погіршує ситуацію. Саме через таке розміщення астрономії як предмета, в 11-му класі ніколи повністю не використовується навіть та невелика кількість годин, що відводиться на цей предмет. Частина годин припадає на свята (а їх весною багато), частина – на численні підсумкові контрольні роботи з «головних» дисциплін. У травні, а то й у квітні в 11-му класі ніхто по-справжньому не навчається. Йде повторення й інтенсивна підготовка до випускних іспитів і ЗНО. Тому останні й, можливо, найголовніші теми курсу астрономії («Будова і еволюція Всесвіту», «Життя у Всесвіті») часто випадають з навчального процесу. До того ж психологічно учням вже не до астрономії, яка виглядає «все більш непотрібною на фоні стрімкого зростання актуальності прагматичної задачі вступу до ВНЗ» [344] – мотивація до вивчення астрономії зникає повністю.

Заради справедливості слід зазначити, що сьогодні в основній школі існує пропедевтичний курс «Природознавство» (5-6 класи), в якому передбачена астрономічна складова. Проте, наскільки ефективно цей курс допомагає розв'язувати проблеми загальної астрономічної освіти, сказати важко. На думку відомого фахівця Л.Ю. Благодаренко, ефективність цього курсу в контексті підготовки до вивчення астрономії поки є низькою [21]. Л. Ю. Благодаренко називає дві головні причини. Перша полягає в тому, що астрономічний компонент вивчається у 5-му класі, а саме у цьому класі відбувається адаптація учнів, які щойно перейшли з початкової школи, до навчання в основній школі. «Цей період є для багатьох учнів складним, що пов'язане з психофізіологічними змінами, характерними для даного віку, а тому якість засвоєння навчальних предметів знижується» [21, с. 303]. Другою причиною є те, що курс «Природознавство» є предметом нового типу, що створений на підґрунті нової педагогічної концепції, педагогічних інновацій, і вчителі та й уся система освіти виявились невідповідними до

його викладання. Отже, однією з головних умов ефективної реалізації курсу «Природознавство» є перепідготовка вчителів, а ще краще – підготовка вчителів з відповідною спеціалізацією [21].

Ще один чинник погіршення рівня астрономічної освіти, пов'язаний зі школою, – майже повна відсутність засобів наочності (плакати, зоряні карти, атласи, глобуси, армілярна сфера, телурій, система мультимедійних засобів) і астрономічного обладнання (телескопи, зорові труби, кутомірні інструменти, майданчик для спостережень, планетарій). І це при тому, що загальноприйнятою є теза про надзвичайну важливість наочності під час вивчення астрономії, оскільки переважна більшість об'єктів не має аналогів не тільки у повсякденному житті, а й в земних умовах [312].

Слід зазначити, що окремі мультимедійні засоби існують, наприклад, енциклопедія «RedShift», «Discover Astronomy», «Stellarium» та ін. [205], проте, по-перше, їх важко віднести до програмно-педагогічних засобів, по-друге, вони не утворюють систему. Найбільш прийнятний до застосування – це російськомовний мультимедійний продукт «Відкрита астрономія» [205].

За радянських часів школи були оснащені переважно компактними дзеркальними телескопами системи Максутова, спеціально розробленими для цього. На сьогодні телескопів у школах з різних причин майже не залишилось, нових надходжень немає, державної політики в цьому напрямі не існує. А так звані віртуальні астрономічні спостереження на комп'ютері важко назвати адекватною заміною справжнім безпосереднім спостереженням за допомогою телескопа або навіть неозброєним оком.

Ще один наполовину втрачений ресурс астрономічної освіти – міські планетарії. Постійно діючих в Україні було одинадцять. Упродовж усього навчання в школі кожний учень багато разів (в різних за віком класах) відвідував планетарій. Планетарії працювали досить напружено, оскільки екскурсії проводилися не тільки для міських шкіл, на них приїжджали зі всієї області і навіть з інших областей. До того ж ці заклади були відкриті і у вихідні дні для всіх бажаючих і білет коштував дешевше, ніж у кінотеатр. Для планетаріїв і лекторів товариства «Знання» (це товариство займалося просвітницькою діяльністю) випускалися спеціальні набори діапозитивів, діа- і кінофільми на астрономічні теми. Як правило, планетарії крім спеціального обладнання були оснащені ще й невеликим телескопом. На сьогодні в Україні стабільно працюють лише 5 планетаріїв: Київський, Донецький, Дніпропетровський, Харківський і Херсонський, причому останні два вже кілька років перебувають на межі закриття, оскільки розташовані у бувших синагогах і за діючим законодавством мають бути повернуті відповідним релігійним установам.

Зазначимо, що майже вся інфраструктура засобів навчання астрономії була зруйнована за період відсутності астрономії як обов'язкового шкільного предмета.

Друга причина – це прояв *нової інформаційної культури*. На це вказують автори згаданого опитування [344] і ця причина, напевно, має глобальний характер. Кілька століть, мабуть, починаючи з перших

університетів, людина, отримуючи освіту, запасалася знаннями «про запас», точно не знаючи, що знадобиться у майбутній професії. Зрозуміло, що різні спеціальності вимагали свого набору знань і вмінь, але завжди існував базовий мінімум, який необхідно було знати всім. Це було покладено в основу концепції і радянської шкільної освіти. Навіть українська школа кінця ХХ століття передбачала, що всі мають знати, як працює трансформатор, телевізор, двигун внутрішнього згорання. Нова ж інформаційна культура пропонує знання брати в Інтернеті, якщо виникає така необхідність. Взагалі, перехід від принципу «Освіта на усе життя» до принципу «Освіта впродовж усього життя», на думку С.У. Гончаренка, є однією з найважливіших проблем початку ХХІ століття [62].

Слід зважувати на те, що психологія суспільства споживання зовсім не потребує розуміння навіть принципів роботи телевізора, мобільного телефону чи ноутбука. Переважна більшість учнів вважає астрономічні знання не потрібними для майбутньої професійної діяльності, не обов'язковими для повсякденного життя, тому про запас їх не накопичує. Сучасна молода людина «не відчуває ніякого дискомфорту, маючи в голові плутану, суперечливу і неадекватну картину світу або не маючи ніякої. Для таких людей космос не існує або існує всього лише як пасивний задник сцени» [344].

Один із відомих фахівців в освіті, керівник Всеросійського центру вивчення суспільної думки О.А. Ослон ще у 2002 р. писав про феномен «людини наївної», яка тільки у своїй професійній діяльності веде себе як «людина спеціальна», користуючись науковою чи близькою до неї методологією [228]. В усьому іншому вважає за краще не витратити час та інші свої ресурси на більш менш поглиблене освоєння нової для себе інформації. «Людина наївна» з легкістю використовує готові штампи, стереотипи, довіряючи спеціалістам і не вникаючи глибоко в їх доведення. Роль таких «спеціалістів», зазвичай, виконують представники ЗМІ. На питання про будову Всесвіту і місце людини в ньому швидше, простіше і, мабуть, цікавіше відповідають астрологія, уфологія, нумерологія тощо. А журналісти, так чи інакше, підіграють цьому. Наукові дані і пояснення здаються складними і нудними, і тому часто лишаються незатребуваними.

Третьою причиною ми вважаємо *застарілі підходи до формування структури і змісту курсу астрономії* (як у середній, так і у вищій школі). Основи геоцентричної (сферичної) астрономії зберігаються в курсі астрономії як обов'язковий елемент з давніх часів. У цьому розділі курсу, наприклад, вводяться об'ємні поняття «небесна сфера» і «небесні координати». Починаючи навчання астрономії з цих складних і не дуже цікавих тем, ми, по-перше, помітно знижуємо первісний інтерес до предмета, по-друге, не приносимо ніякої користі учню, оскільки жодні небесні координати ніде у подальшому не використовуються. Наступний розділ – «Методи та засоби астрономічних досліджень». Зосередження в окремому і досить великому (в усякому разі у ВНЗ) розділі методів та астрономічних приладів, у тому числі не тільки телескопів, а й приймачів

випромінювання, є також даниною традиції. Чомусь фізику так не вивчають, а астрономію, навіть у середній школі, продовжують так вивчати. Цей розділ у багатьох учнів вбиває залишки інтересу до предмета.

Отже, наявність у курсі астрономії архаїчного, другорядного, дріб'язкового і нецікавого для учня матеріалу в умовах наступу нової інформаційної культури істотно знижує мотивацію до навчання.

Слід зазначити, що з 1994 р. проводився експеримент із впровадження інтегрованого курсу фізики і астрономії. Було видано три пробних підручника «Фізика. Астрономія» для 7-го, 8-го та 9-го класів відповідно [33–35]. Найбільш вдалим, органічним, на нашу думку, було поєднання фізики та астрономії у підручнику для 7-го класу. Приклади астрономічних явищ, їх пояснення розподілено по всьому тексту, механічний рух, його закони ілюструються із застосуванням як звичайних для учня, так і космічних об'єктів. Деяко штучним виглядає поєднання фізики та астрономії у підручнику для 8-го класу. Тут просто між розділами «Теплові і холодильні машини» та «Електричний струм, Електричне коло» вставлений розділ «Природа тіл Сонячної системи». Міжпредметні зв'язки астрономії з фізикою всередині цього підручника трапляються всього тричі, до того ж подані як матеріал не обов'язковий для вивчення. Не логічно є вставка кольорової сторінки «Схема еволюції зір» без жодних пояснень у основному тексті тощо.

Загалом було багато нарікань з боку вчителів, вони виявились не готовими працювати з такими підручниками. Через кілька років експеримент було зупинено. Проте нам видається плідною ідея наступності у вивченні астрономії, починаючи з молодших класів (відомості пропедевтичного характеру), продовжуючи у предметі «Природознавство» (короткий пропедевтичний курс, як це зроблено, наприклад, у підручнику [240]), ілюструючи у подальшому вивчення фізики прикладами з астрономії, і завершуючи навчання у 11-му класі узагальнюючим окремим курсом «Астрономія».

На жаль за останні два десятиліття виникла ще одна проблема, яка призвела до помітного погіршення рівня астрономічних знань в українському суспільстві. Йдеться про *повне зникнення такого інформаційного середовища як науково-популярна література*. І це, на нашу думку, можна вважати **четвертою причиною**. Сучасних українських науково-популярних книжок з астрономії не видавалось і не видається. Напевно, єдиним винятком є книга «Місячна одісея» (2007 р., наклад 500 примірників [211]), де представлені наукові та науково-популярні праці українських астрономів про Місяць. У книгарнях, у кращому випадку, можна знайти який-небудь «Атлас Всесвіту» чи «Ілюстровану енциклопедію Космосу», де текстова інформація зведена до мінімуму. Іноді (добре, що дуже рідко) трапляються видані за власний кошт творіння «невизнаних геніїв», які пропонують чергове «нетрадиційне» пояснення будови та еволюції Всесвіту або проблем існування та пошуку позаземного розуму. Наявність такої псевдонаукової літератури за відсутності

справжньої науково-популярної тільки ще більше погіршує ситуацію.

Автор добре пам'ятає ті часи (до початку 90-х років ХХ століття), коли навіть у провінційному місті Херсоні у магазині «Технічна книга» (такий тоді існував) була ціла полиця з написом «Астрономія», де поряд з такими відомими науковими виданнями як «Теорія тяжіння та еволюція зір» та пізніше «Будова та еволюція Всесвіту» Я.Б. Зельдовича і І.Д. Новікова стояли такі чудові науково-популярні книжки як «Всесвіт, життя, розум» Й. С. Шкловського, «Скарбниці зоряного неба» Ф.Ю. Зігеля та багато інших. На цих науково-популярних книгах зросли кілька поколінь не тільки сучасних астрономів, але й інших науковців, інженерів, викладачів ВНЗ і шкіл, нарешті, просто освічених людей. Відсутність такого інформаційного середовища поки що не можуть компенсувати ні різні засоби мультимедіа, ні Інтернет. Останній ресурс має необмежені можливості, але для його продуктивного використання потрібні відповідні «фільтри», які б відокремлювали науку від псевдонауки, твердо встановлені факти і теорії від гіпотез та припущень. Проте таких «фільтрів» у звичайного учня або студента зазвичай немає.

Науково-популярна література виконувала також роль посередника, містка між справжньою наукою та споживачем. На фоні зростаючого розходження науки і повсякденного життя у свідомості людини (наука стає складнішою, зрозуміти зміст тих чи інших досліджень неспеціалістам стає все важче) відсутність такого посередника тільки пришвидшує це розходження.

П'ятою причиною ми вважаємо *недостатню відповідність рівня підготовки вчителя сучасному рівню розвитку астрономічної науки і сучасній освітній парадигмі.*

Слід зазначити, що проблеми сучасної астрономічної освіти в Україні, проблеми підготовки вчителів астрономії неодноразово були предметом обговорень на багатьох конференціях: наприклад, «Вибрані питання астрономії та астрофізики», (Львів, 1998); «Проблеми астрономічної освіти в Україні» (Біла Церква, 2001); «Стратегічні проблеми формування змісту курсів фізики та астрономії в системі загальної середньої освіти» (Львів, 2002); «Астрономічна освіта учнівської молоді» (Київ, 2003); «Питання методики викладання астрономії в контексті сучасного розвитку науки» (Київ, 2007); «Сучасна астрономічна освіта» (Київ, 2010). У середній освіті був прийнятий держаний стандарт астрономічної освіти [77; 78], розроблені програми для рівнів стандарту, академічного і профільного [92], здійснено кілька перевидань двох українських шкільних підручників [112; 241], учителі отримали методичну допомогу через навчальні посібники [2, 125].

У той же час у вищій освіті, в системі підготовки вчителя астрономії мало що змінилось за роки незалежності України. Заслужують на увагу тільки поява першого українського підручника для педагогічних інститутів у 1994 р. [111], його перевидання у покращеному варіанті у 2010 р. [9] та поява перших українських збірників задач [143; 166]. Проте державного

стандарту досі не прийнято, в університетах існує великий розкид за годинами, які відводяться на вивчення курсу астрономії, його структурою, змістом, формами занять і формами контролю. Не в усіх ВНЗ викладається курс «Методика навчання астрономії». Викладачі вимушені за основу брати міністерську програму 1992 р. [243], яка фактично є калькою з програми ще радянських часів (вона є повторенням програми початку 80-х років, якій відповідав підручник для педінститутів 1983 р. [13]).

У багатьох ВНЗ курс астрономії – це невеликий курс – десь 70–80 годин аудиторних занять, який складається з лекційного курсу та лабораторного практикуму, що включає у деяких університетах, де є хоч який-небудь телескоп, епізодичні астрономічні спостереження. При цьому слід зазначити, що тільки у 8 педагогічних ВНЗ астрономію викладають астрономи за фахом.

Другорядність астрономії в школі зумовлює і відповідне відношення до цього предмету у ВНЗ. Справа в тому, що ВНЗ не готують «чистого» вчителя астрономії. Здійснюється передусім підготовка вчителя фізики, який буде здатен до викладання астрономії. Мала кількість годин в школі часто позбавляє можливості навіть дискутувати з керівництвом про зміну навчальних планів, збільшення аудиторного навантаження, появу нових форм організації занять або нових спецкурсів з астрономії. Автор сам багато разів брав участь у таких дискусіях, які часто закінчувались вбивчим запитанням: «А скільки годин відводиться в школі на астрономію і на фізику?» Відповіді ніхто й не чекав, адже всі і так знають, що фізика вивчається роками, починаючи з сьомого класу. А аргументи про світоглядний характер астрономії, про її авангардність у сучасному природознавстві, про те, що така мала кількість годин якраз і потребує підготовки більш компетентного вчителя, переконують далеко не всіх.

Що стосується змісту традиційного курсу астрономії, призначеного для підготовки вчителя, то непропорційно тому матеріалу, що міститься в шкільних підручниках, він переобтяжений відомостями зі сферичної астрономії. Геометрія на сфері, співвідношення у сферичному трикутнику, паралактичний трикутник, перетворення небесних координат, визначення із спостережень прямого піднесення та схилення світила, перетворення зоряного часу у місцевий сонячний тощо – все це потребує багато часу на викладання, значних зусиль від студентів на засвоєння, відволікає їх увагу і час від головного, від важливіших питань, необхідних для побудови у їх свідомості сучасної астрофізичної картини світу. На практиці вже давно ніхто не визначає географічну широту із спостережень за зорями (хіба що в морехідній астрономії) або час і тривалість сонячного затемнення. Взагалі, «центр ваги» курсу явно зміщений у бік астрометрії, кінематики Сонячної системи, небесної механіки, що зовсім не відповідає ролі і значенню цих розділів астрономії в сучасній науці, де переважає астрофізика.

З іншого боку, зміст не достатньо професійно зорієнтований, наявні є перевантаження подробицями «астрономічної кухні». Особливо це стосується методів та засобів астрономічних досліджень. А чого вартий, наприклад, традиційний опис змінних зір з великою різноманітністю

амплітуд та періодів зміни блиску, їх спектральних класів та класів світності. Без з'ясування причин та механізмів змінності, без з'ясування еволюційного статусу цих об'єктів даний розділ астрономії, що у програмі, що у підручниках, призначених для підготовки вчителя астрономії [9; 111], виглядає вкрай архаїчно.

Наведемо ще один приклад наявності у змісті курсу астрономії другорядного, зовсім не обов'язкового матеріалу. В усіх програмах і підручниках, призначених для підготовки вчителів астрономії, традиційно описують екліптичну і галактичну системи координат. Навіщо? Адже в школі їх вже давно не вивчають (в обох шкільних українських підручниках вони відсутні). Ці системи координат нічого не додають до опису та розуміння ні кінематики, ні динаміки, ні структури відповідно Сонячної системи і Галактики. Вони мають дуже обмежені області застосування навіть у астрономів-професіоналів.

В багатьох ВНЗ студенти не розв'язують астрономічні задачі, що завжди було необхідним компонентом фізико-математичної освіти.

Серед методів навчання як у школі, так і у ВНЗ переважають пояснювально-ілюстративний та репродуктивний методи. Метод проблемного викладання навчального матеріалу, не кажучи вже про дослідницький метод, використовується рідко (за результатами опитування).

Підбиваючи підсумки, можна коротко сформулювати актуальні проблеми астрономічної освіти, наявність яких перешкоджає здобуванню астрономічних знань, а іноді й унеможливорює цей процес. На перший погляд, деякі проблеми здаються дрібними, тим не менше вони існують і, діючи зазвичай в комплексі, доповнюючи одна одну, істотно погіршують якість астрономічної освіти. Отже, до актуальних проблем ми відносимо:

- шкільний статус другорядного предмету;
- формальну необов'язковість астрономічних знань (на рівнях випуску зі школи і вступу до ВНЗ);
- відсутність належної мотивації в учнів (як внутрішньої, так і зовнішньої);
- малу кількість годин, що відводиться на предмет (як у школі, так і у ВНЗ для підготовки вчителя астрономії);
- недостатню відповідність структури й змісту курсу астрономії сучасному стану розвитку астрономічної науки і сучасній освітній парадигмі;
- вивчення астрономії в школі у другому семестрі на рівні стандарту;
- навчання вчителями й викладачами невідповідного напряму підготовки;
- неналежну підготовку вчителя астрономії у ВНЗ;
- відсутність засобів наочності (як системи) і астрономічного обладнання;
- майже повну відсутність міських планетаріїв;
- відсутність науково-популярного середовища;

•ігнорування нової інформаційної культури.

Аналіз актуальних проблем астрономічної освіти міститься в працях автора: [134; 136; 154, 155; 158].

1.2. Методологічні і методичні особливості астрономічної освіти

Відомий астроном П.В. Щеглов у передмові до однієї із своїх книжок пише [338, с. 4]: «На жаль, доволі широко (навіть в академічних і університетських колах) поширена думка, що астрономія проста й доступна, що особливо вчити її не потрібно і що нею може без зусиль займатися людина, що отримала підготовку зовсім в іншій області. Це, звичайно, не так».

Астрономія як наука і як навчальний предмет мають низку особливостей, які істотно відрізняють їх від усіх інших наук і навчальних предметів. Не усвідомлюючи та не враховуючи цих особливостей, неможливо, на наш погляд, створити сучасну й ефективну систему астрономічної освіти.

На деякі особливості астрономії як науки звертає увагу Ю.В. Александров [3]. Це: *методологічні відмінності астрономії від фізики, еволюційний характер сучасної астрономії, проблемність сучасної космології та антропний принцип, визначальні зв'язки астрономії з космонавтикою та проблемою SETI*. Низку характерних рис астрономії як навчального предмета в загальноосвітній школі виділяють Є.П. Левітан, Ю.В. Александров, А.М. Грецький, М.П. Пришляк та І.П. Крячко. Перший автор окремі глави у своєму посібнику [189] присвячує формуванню гуманістичного наукового світогляду і шкільним астрономічним спостереженням, неявно виокремлюючи такі особливості астрономії як її *світоглядний потенціал і спостережний характер*. Автори «Книги для вчителя» [2] виокремлюють *спостережний характер астрономії, особливості перебігу фізичних процесів у космосі, антропний принцип та «взаємовідносини» астрономії та астрології*. Останній з авторів розглядає переважно культурологічні аспекти астрономії, наголошуючи на *особливому впливі астрономії на загальнолюдську культуру* [124].

Аналізуючи та узагальнюючи вищезазначені публікації, власний досвід підготовки майбутніх учителів фізики та астрономії (понад 20 років), ми пропонуємо набагато ширший перелік особливостей астрономії як навчальної дисципліни, а саме:

1. **Астрономія – передовий рубіж природознавства.** Завдяки новим технологіям виготовлення великих телескопів (з діаметром головного дзеркала 8-10 м і більше), новим приладам реєстрації зображень (наприклад, ПЗЗ-матриці), космічним обсерваторіям, які покривають увесь діапазон електромагнітного спектру, космічним місіям до тіл Сонячної системи, новим методам обробки інформації астрономія стрімко вирвалася уперед і опинилась в авангарді наук про природу. Серед найбільш видатних відкриттів останніх 15 років такі: *виявлення планет в інших зір* (так званих екзопланет – на сьогодні їх вірогідно відомо вже понад 800), *виявлення осциляцій сонячних нейтрино* (перетворення з одного сорту в інший, що, з

одного боку, остаточно підтвердило наявність всередині Сонця термоядерних реакцій перетворення Гідрогену в Гелій, з іншого – наявність у нейтрино маси), *відкриття прискореного розширення Метагалактики* (що свідчить про існування у природі антигравітації). Безумовно ці відкриття виходять за межі астрономії і мають величезне значення для науки й людства в цілому. Відкриттів менш високого рівня можна нарахувати набагато більше, вони відбуваються буквально в нас на очах.

Усвідомлення «авангардності» астрономії підкреслить важливість серйозного вивчення цієї дисципліни, її значущість. Це допоможе витіснити із свідомості учня й майбутнього вчителя відчуття другорядності, меншовартості цієї дисципліни, позбутися іноді зневажливого відношення до викладання цього предмету в школі.

2. Астрономія та її об'єкти. Астрономічними об'єктами є всі космічні тіла, системи, які вони утворюють, космічний пил і газ, електромагнітні поля й випромінювання, так звані космічні промені (елементарні частинки, що надходять з космосу).

Космічні тіла утворюють неперервний ряд за масою, де кількість переходить у нову якість. Передусім саме маса визначає фазовий стан речовини космічного об'єкта. Відкривають цей ряд, якщо розглядати його у порядку зростання маси, *малі космічні тіла* (комети, метеороїди, астероїди – те, що для нас охоплює поняття «малі тіла Сонячної системи»). Вони мають порівняно невеликі маси ($m < 10^{21}$ кг), далі йдуть *планети* (10^{21} кг $< m < 10^{28}$ кг), *субзорі* (інакше, коричневі карлики, 10^{28} кг $< m < 10^{29}$ кг), *зорі* (10^{29} кг $< m < 10^{32}$ кг). Причому перелічені класи космічних тіл принципово відрізняються один від одного.

Зорі утворюють системи: подвійних і кратних зір, зоряні скупчення з характерною кількістю (розсіяні скупчення) та (кулясті скупчення) зір, галактики (разом із газом і пилом), маси яких перебувають у межах М (М – маса Сонця, $M \approx 2 \cdot 10^{30}$ кг). Галактики також утворюють групи, скупчення та надскупчення галактик, де їх кількість може сягати до членів. У спостережуваній частині Всесвіту, яку ми називаємо Метагалактикою, налічують галактик. Характерний радіус Метагалактики оцінюється нині у м [9; 15; 303].

Як бачимо, діапазон мас, з яким мають справу астрономи є надзвичайно великим – від мас елементарних частинок до маси усієї Метагалактики (маса видимої матерії

Метагалактики оцінюється у кг). Діапазон густин речовини – від у міжгалактичному середовищі до ядерної густини усередині нейтронних зір. Температурний діапазон простягається від 2,7 К (температура реліктового випромінювання) до К (усередині надгігантів). Характерні часи, що виникають у різних астрономічних задачах перебувають у діапазоні від с (час життя атома у збудженому стані) до ≈ 14 млрд. років (вік Метагалактики). Значення енергії в деяких процесах, таких, наприклад, як спалах гіпернової зорі, досягають Дж [91].

Отже, у багатьох випадках астрономія яскраво демонструє незвичність масштабів об'єктів, явищ, процесів і умов, за яких відбуваються ці явища та процеси.

3. Астрономія і світогляд. Головну й відмінну рису астрономії як науки, а отже, і як навчального предмету, видатний російський астрофізик І.С. Шкловський виразив колись так: «...Астрономія завжди посідала абсолютно особливе місце в «інтелектуальній історії» людства. Хоча значення астрономічних знань для суспільної практики за всіх часів було дуже велике (згадаймо всі світові календарі, способи навігації тощо), головне значення астрономії полягало в тому, що вона насамперед визначала основи світогляду різних епох і народів» [335]. Під світоглядом нині розуміють інтегроване бачення та усвідомлення світу, він є результатом синтезу знань, досвіду, поглядів і переконань.

Ми розділяємо думку авторів відомого навчального посібника [293], що, «мабуть, існують об'єктивні причини того, що кожна людина у більшій або меншій мірі схильна до наукового, релігійного або містичного світогляду. Соціологічні дослідження показують, що в дійсності у світогляді окремої людини частіше за все присутні і складним чином поєднуються елементи і наукового, і релігійного, і містичного світоглядів. Причому іноді навіть складно встановити, чи є перевага одного з них» [293, с. 49].

Проте ми наголошуємо, що світська освіта передусім має піклуватися про формування саме наукового світогляду. Під таким будемо розуміти діалектико-матеріалістичний підхід до розуміння природи.

У такому разі головними напрямками формування наукового світогляду будемо вважати такі [293]:

1. Формування фундаменту світогляду – системи узагальнених, таких, що мають філософське звучання, знань про Всесвіт та його пізнання людиною.
2. Формування поглядів і переконань, що відповідають діалектико-матеріалістичному розумінню природи та процесу її пізнання.
3. Розвиток діалектичного мислення тих, хто навчається (головною ознакою такого мислення є здатність мислити конструктивно за наявності суперечностей).

Основний внесок курсу астрономії у формування світогляду полягає в утворенні у майбутніх учителів (а потім через них вже в учнів) визначених, системних, філософськи усвідомлених знань про Всесвіт і процес пізнання його людиною. При цьому важливими характеристиками світогляду, що формується під час навчання астрономії, є його науковість і гуманістичність.

4. Астрономія і фізика. Астрофізика як розділ астрономії вже давно стала найвагомішою її частиною, роль якої все більше зростає. Астрофізика буквально переповнена фізичними ідеями і має величезний позитивний зворотний зв'язок із сучасною фізикою, стимулюючи багато досліджень як теоретичних, так і експериментальних. Як приклад можна навести вже згадувану проблему сонячних нейтрино, під час розв'язання якої було висунуто багато цікавих, слухних нових ідей, побудовано з десяток коштовних нейтринних детекторів принципово різного типу. В результаті майже сорокарічних досліджень надзвичайно збагатилися і ядерна фізика, і фізика елементарних частинок, поглибилося й усвідомлення того, які саме ядерні реакції відбуваються в надрах зір.

Під час навчання астрономії, на нашу думку, необхідно, по-перше, продемонструвати цей глибинний зв'язок астрономії з фізикою; по-друге, навчити учня (студента) застосовувати відомі фізичні закони в космічних умовах. Це допоможе глибше усвідомити вже відому йому фізику, сприятиме розширенню горизонту його фізичного мислення. Як епіграф до підручника «Загальна астрофізика» відомі фахівці А.В. Засов і К. О. Постнов узяли вислів видатного російського астронома С.Б. Пікельнера: «У незвичних астрофізичних явищах закони фізики постають перед дослідниками в іншому ракурсі, глибше розкриваючи свій зміст» [91, с. 15].

З іншого боку, демонстрація цього зв'язку з фізикою підкреслить фундаментальність астрономії як науки.

5. Астрономія і методологія. Визначень поняття «методологія» існує багато. Скористаємось сучасним визначенням: «Методологія – це вчення про організацію діяльності» [217]. Організувати діяльність означає впорядкувати її у цілісну систему з чітко визначеними характеристиками, логічною структурою і процесом її здійснення – часовою структурою. Отже, під методологією конкретної науки – астрономії будемо розуміти вчення про організацію наукової діяльності в астрономії. Ця наукова діяльність вміщує в себе принципи, засоби і методи дослідження.

Очевидно, що астрономія як наука містить у собі не тільки систему знань, а й сам процес здобування знань. Тому методологічний аспект астрономічних знань, наприклад, методологічні узагальнення під час проведення астрономічних спостережень, методи теоретичного пізнання в астрономії, стрижневі ідеї астрономічної науки, їх зв'язок з фундаментальними фізичними ідеями, закономірності розвитку астрономії, мають бути розкриті у такій же мірі як фактологічний (предметний) аспект.

Не можна не погодитись з Г.М. Голіним [60], що під час трансформування наукової системи знань у навчальну багато зв'язків між елементами знань обривається. Відбудова ж цих зв'язків у свідомості учнів і студентів під час навчання астрономії є дуже непростою задачею. Для її успішного розв'язання необхідний певний рівень методологічної культури відповідно у вчителя й викладача.

6. Астрономія й інформація. Принципова відмінність астрономії від усіх інших наук полягає в тому, що нову інформацію вона здобуває із спостережень. Навіть якщо це стосується найближчої до астрономії науки – фізики, то як вірно зазначає Ю.В. Александров: «Основною методологічною межею між фізикою та астрономією є те, що в основі фізики лежить експеримент, а в основі астрономії – спостереження» [3, с. 40]. Правда, останнім часом експерименти стали проводити за допомогою космічних апаратів: удар об поверхню комети (місія «Deep Impact»), доставка речовини комети на Землю (місія «Stardust»), експерименти апарату «Фенікс» на поверхні Марса і деякі інші. Але ці експерименти мають епізодичний, унікальний, одноразовий характер, повторити їх в тих самих умовах неможливо.

В усякому разі майбутній учитель має чітко знати, які спостережувані характеристики «лежать в основі» наших уявлень про планети, зорі, галактики, Метагалактику. Адже всі моделі космічних об'єктів, усі теорії їх будови та еволюції спираються виключно на ці спостережувані характеристики.

7. Астрономія і проблема доведень. Якщо теорії у фізиці перевіряються експериментом, то в астрономії – спостереженнями. Але певні області простору й часу (наприклад, центр нашої Галактики в оптичному діапазоні, момент Великого Вибуху), надра планет, зір недоступні навіть для спостережень. Тоді у допитливого студента (учня) виникають запитання типу: «А хто там був і все це бачив?» Принагідно зазначимо, що подібні запитання щодо різних астрономічних явищ спонукали відомого російського астронома В.Г. Курта наприкінці ХХ ст. написати статтю: «Чи правильно астрономи уявляють собі світ?» [182].

Тому астрономічна освіта має бути побудована так, щоб усі теоретичні міркування, висновки були аргументованими, переконливими (а інакше як формувати переконання, що є засадою світогляду?). За великим рахунком студенту (на відміну від учня) нічого не повинно «звалюватися з неба», все має бути доведено. Для астрономії це має величезне значення, інакше її науковість може бути в будь-який момент поставлена під сумнів. Однією із спеціальних компетентностей учителя астрономії є, на нашу думку, вміння доводити і цьому потрібно вчити.

8. Астрономія і космонавтика. Однією з найважливіших особливостей розвитку астрономії, починаючи з 60-х років ХХ століття, стало використання нею космічної техніки. Завдяки виносу спостережних засобів за межі земної атмосфери, з'явилась

можливість проводити астрономічні спостереження не тільки у вікнах її прозорості, а й в усьому спектрі електромагнітних хвиль. Так виникли інфрачервона, ультрафіолетова, рентгенівська та гамма-астрономія. Астрономія стала всіхвильовою і з цим пов'язують початок другої революції в астрономії [3; 335]. До того ж застосування космічної техніки відкрило небачені можливості для прямого дослідження Місяця, планет та їх супутників, малих тіл Сонячної системи, а також постановки експериментів в астрономії.

З іншого боку, вихід людства у космос був би неможливий без астрономічних знань. І на сьогодні астрономічні знання є необхідним елементом забезпечення космічних польотів: це постачання інформації, потрібної для балістичних розрахунків, для створення та роботи систем астроорієнтації космічних апаратів, визначення умов їх роботи в навколосезному та міжпланетному просторі і на поверхнях тіл Сонячної системи.

Отже, астрономічна освіта обов'язково передбачає ознайомлення з елементами космонавтики, хоча б в якості задач на цю тему.

9. Астрономія та ідея еволюції. Істотною складовою вже згадуваної другої революції в астрономії стала зміна в неї статусу еволюційної ідеї. З другої половини ХХ століття ця ідея увійшла в структуру астрономічного знання як його невід'ємна складова. «Виявилось, що глибоко зрозуміти природу, характерні властивості і будову небесних тіл та їхніх систем неможливо без з'ясування шляхів їх утворення і подальшої еволюції. ...Астрономія набула наскрізь еволюційного характеру» [3, с. 44].

Проте ще у ХІХ ст., відображаючи уявлення своїх сучасників – астрономів, Федір Тютчев писав:

Вам, изливающим из глубины ночной
Свой непорочный свет, чья сущность неизменна, –
О звезды, слава вам! Сияя красотой,
Не ведаете вы ни дряхлости, ни тлена.

Якраз найбільші успіхи у з'ясуванні природи космічних тіл продемонструвала теорія будови та еволюції зір. Наприклад, з'ясувалося, що різні ділянки на найбільш відомій в астрономії діаграмі Герцшпрунга-Рессела є не місцями розташування різних типів зір, а відображають перебування одних й тих самих зір на різних етапах їх еволюції, яка передусім залежить від їх маси. А причиною переходу зір з однієї стадії еволюції до наступної є вичерпування одного виду ядерного палива й перехід на інший і т. д.

Проте дарвінівська еволюція (особливо природний відбір) зробила ще дещо, а саме, не тільки усунула ілюзію задуму в біології, а й «навчила нас з підозрою відноситись до будь-яких гіпотез «розумного задуму» в таких науках, як фізика та космологія» [80, с. 170].

Філософ-природознавець Деніел Деннет звернув увагу на те, що теорія еволюції відкидає одне з найдавніших людських переконань: «Переконання, що виготовити складну штуку може тільки ще більш складна та хитра штука. Я називаю цю ідею низхідною теорією творіння. Спис не може створити зброяра. Підкова не може створити коваля. Горщик не може створити гончара» [80, с. 169]. Сучасна теорія еволюції зір, що підтверджена спостереженнями, показує нам як природним способом із простого об'єкта – газової хмари народжується набагато складніший об'єкт – зоря, а планети в процесі еволюції ускладнюють свою структуру. Хоча, безумовно, в космосі спостерігаються і зворотні процеси, що йдуть зі збільшенням ентропії, наприклад, утворення в кінці еволюції зорі білого карлика або чорної діри.

Отже, можна стверджувати, що за аналогією з існуванням еволюційної біології за останні кілька десятиліть набула розквіту й еволюційна астрономія.

10. Астрономія і культура. В наш час, коли відбувається заміна традиційної (науково-просвітницької) парадигми освіти новою – гуманістичною, змінюється й самий зміст поняття «освіта». Його можна трактувати як передачу молодому поколінню досвіду відтворення й удосконалення існуючої культури [229; 230]. Під культурою ми розуміємо «сукупність матеріальних і духовних надбань суспільства, які виражають історично

досягнутий рівень розвитку суспільства й людини і втілюються в результатах продуктивної діяльності» [306].

Очевидно, що астрономія, будучи складовою науки в цілому як форми суспільної свідомості, є її частиною загальнолюдської культури. Не можна не погодитись з І.П. Крячко [124], що особливість астрономії порівняно з багатьма (а, можливо, й усіма) іншими фундаментальними і прикладними науками полягає в тому, що отримувати, накопичувати і застосовувати на практиці астрономічні знання людство розпочало ще на зорі свого розвитку (орієнтація у просторі й часі). За весь час існування нашої цивілізації деякі елементи астрономічних знань глибоко проникли в інші форми суспільної свідомості: філософію, релігію, мистецтво (особливо літературу й живопис) і естетику, та істотно вплинули на них. За влучним висловлюванням того ж автора: «...Вся історія людства пройшла пліч-о-пліч з астрономією, яка сьогодні є органічною, нерозривною складовою загальнолюдської культури» [124]. Тому необхідно, на нашу думку, за всякої нагоди демонструвати це уплітання астрономії в культуру, підкреслювати їх глибокий зв'язок.

11. Астрономія та астрологія. Особливістю астрономії є також наявність такого собі «двійника», а скоріше «тіні», яка майже завжди і всюди її супроводжувала. Причому для пересічного громадянина не завжди було зрозуміло, хто з них «головний», а іноді він вважав, що це одне й те саме. Для справжнього астронома найстрашніше те, що на початку ХХІ століття у цьому сенсі майже нічого не змінилося. Навпаки, завдяки засобам масової інформації доступ до астрологічних «передбачень» значно полегшився. Навіть центральні канали телебачення вважають, мабуть, ледь не своїм обов'язком відводити коштовний ефірний час для гороскопів.

На нашу думку, боротьба вчителя астрономії з астрологією має бути буквально виконанням громадянського обов'язку. Зрозуміло, що ця боротьба має вестися цивілізовано, без «більшовицького» фанатизму, передусім через просвіту. Але для цього майбутнього вчителя потрібно готувати. Необхідно вдосконалювати в нього не тільки логічне, а й критичне мислення. Критерієм компетентності вчителя астрономії, на наш погляд, може бути у тому числі й уміння чітко розмежовувати: дійсний та вигаданий вплив на Землю і людей Місяця, Сонця, планет, зір; твердо встановлені факти і теорії від гіпотез і припущень; справжню науку від псевдонауки.

12. Астрономія і місце людини у Всесвіті. Проблема SETI. Тільки астрономія була здатна правильно визначити масштаби Всесвіту у просторі й часі й місце Землі, а отже, й людини у ньому. Відомий фахівець Л.М. Гінділіс свою, мабуть, найголовнішу книгу починає так: «Хто ми? Навіщо ми тут, на Землі? Звідки прийшли та куди йдемо? У чому сенс, яка мета нашого існування? Дивні запитання... Вічні запитання, над якими тисячоліттями б'ється допитлива людська думка» [52, с. 13]. Відповіді на ці запитання намагалися й намагаються дати крім астрономії вже згадувані і філософія, і релігія, і мистецтво.

З усвідомленням людством свого місця у Всесвіті безпосередньо пов'язана проблема існування та пошуку інших цивілізацій – проблема SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence). За своїм характером проблема SETI – міждисциплінарна, дехто відносить її до загальнонаукових, а відомий астрофізик В.Ф. Шварцман переконливо доводив, що вона є безмежно широкою – належить до культури в цілому [52]. Але головну роль у розв'язуванні цієї проблеми, на наш погляд, відіграють все ж таки астрономи як безпосередні дослідники Всесвіту.

Вважається, що сучасній науковій постановці проблеми SETI – трохи більше 50 років [52]. Незважаючи на десятки пошукових програм з різноманітними стратегіями та методиками, що були здійснені у різних країнах, – очікуваного результату немає. Цей негативний результат отримав назву «Велике мовчання Всесвіту». Кризову ситуацію, що склалася, влучно сформулював у назві своєї статті на цю тему відомий астроном Ю.М. Єфремов, а саме: «Мовчання Всесвіту як виклик науковому знанню» [84]. На нашу думку,

обходити цей виклик осторонь, вивчаючи сьогодні астрономію, було б цілком нерозважливо.

13. Астрономія та антропний принцип. Антропний принцип (АП) встановлює глибокий зв'язок між фундаментальними властивостями Всесвіту, його параметрами (наприклад, кількістю фундаментальних взаємодій, фундаментальними константами, що їх характеризують) та наявністю в ньому життя (і людини). Хоча у сучасному формулюванні він з'явився завдяки Б. Картеру у 1973 р. [104], думка про те, що людина та її життя тісно пов'язані з космосом губиться у глибині століть. Але вперше в історії цю ідею висунуто як науково обґрунтоване положення. «У цьому – фундаментальне філософське значення антропного принципу» [3, с. 54].

Фактично АП з'явився тому, що космологів та фізиків-теоретиків все більше цікавили проблеми: чому світ побудований так, а не інакше? Чому Всесвіт такий, як ми його спостерігаємо? Це вже запитання якісно вищого рівня – не «Як?», а «Чому?».

Відповідь на запитання «Чому?» начебто дає так званий «сильний АП» (Картер виділив два різних формулювання АП: слабкий АП та сильний АП): Всесвіт має бути таким, щоб у ньому на певному етапі еволюції могла з'явитися людина [104]. Але така відповідь підштовхує нас до теологічного погляду на світ, приводить до ідеї Творця цього світу. Матеріалістичною (в межах сучасної науки) альтернативою таким поглядам є ідея «ансамбля світів» – всесвітів із різними фундаментальними властивостями, в одному з яких умови випадково виявилися сприятливими для виникнення життя й людини (детальніше про це див. підрозділ 4.3).

Ми погоджуємося з Ю.В. Александровим, що «цей принцип означає новий, більш глибокий рівень пізнання еволюційних зв'язків між різними щаблями організації та руху матерії» [3, с. 54]. У цьому полягає його величезне загальнонаукове та світоглядне значення. Тому під час викладання астрономії цьому принципу слід віддати належне і приділити серйозну увагу.

14. Астрономія і релігія. В астрономії завжди були особливі «стосунки» з будь-якою релігією, тому що вона розповідала про те, що на «небесах». Іноді ці стосунки носили драматичний і, навіть, трагічний характер (яскравий приклад – становлення геліоцентризму).

Можна погодитись з Ю.В. Александровим [3], що саме відповідь на запитання «Чому?» (після того, як більш-менш з'ясоване «Що?» і «Як?») якраз і визначає наукове пізнання світу. «У цьому відмінність науки від релігії, яка, як основне, висуває запитання «Навіщо?», а таке запитання не завжди коректне і в суспільних проблемах, і зовсім не застосовне по відношенню до природи». Тому, на думку Ю.В. Александрова, «науковий і релігійний світогляди не сумісні, а їх боротьба за розум та душі людей неминуча. Інша справа, що ця боротьба не повинна приймати форми ні спалення книжок, а то й їх авторів, ні руйнування храмів» [3, с. 74].

Проте в цю схему не вписуються ні М. Коперник, ні Й. Кеплер, ні І. Ньютон. М. Фарадей, Дж. Максвелл і У. Томсон (лорд Кельвін) також були набожними християнами. У А. Ейнштейна були більш складні стосунки з богом, адже загальновідомі його висловлювання: «Бог не грає в кості», «Чи був у Бога вибір, коли він створював Всесвіт?», але існує й таке: «Ідея персоніфікованого божества ніколи не була мені близькою і здається доволі наївною» [80, с. 31].

Виявляється, що віра у Бога не заважає (або не завжди заважає) займатися (і навіть успішно) наукою. Відомий український астроном і автор підручників з астрономії І.А. Климичин, наприклад, вважає, що протистояння науки та релігії, яке іноді відбувалося в історії нашої цивілізації «було частіше непорозумінням, зумовленим конкретними обставинами та особливостями характеру певних осіб» [111, с. 14].

15 жовтня 1998 р. було оприлюднено енцикліку папи Іоанна Павла II «Віра і розум», що розпочинається словами: «Віра і розум подібні до двох крил, на яких дух людський підноситься до споглядання істини. Сам Бог заклав у серці людини бажання пізнати

істину і в кінцевому рахунку пізнати Його, щоб той, пізнаваючи і люблячи Його, міг досягти повноти істини у самому собі». Однак така позиція не є новою. Її виражає, наприклад, формула кардинала Баронія: «Намір святого Духа полягає в тому, щоб навчити нас, як піднятися на небеса, але не тому, як рухаються небеса» [189, с. 279].

Підсумовуючи, зазначимо, що вчитель астрономії має чітко розуміти, що наука ґрунтується на доведеннях, а для віри у Бога вони не потрібні. Релігія ж будується на вірі. І кожний має право обирати сам – вірити чи ні. Проте вчитель має також усвідомлювати, що сучасна астрономічна картина світу ще менше потребує гіпотези Бога, ніж у часи П. Лапласа (прочитавши «Небесну механіку» П. Лапласа, Наполеон спитав автора, чому в його трактаті відсутнє згадування про Бога. Лаплас відповів, що ця гіпотеза йому була не потрібна).

За радянських часів на астрономію покладалася важлива місія – атеїстична, у кожному планетарії був «куточок атеїстичної пропаганди». На нашу думку, це не є справою астрономії. Однак ми також вважаємо, що світська освіта має піклуватися передусім про формування наукового світогляду.

15. Астрономія і сучасна міфологія. Майбутній учитель астрономії має бути готовим відповідати на будь-які гострі, злободенні питання, на, так би мовити, «виклики часу». А виклики ці дуже серйозні. Це і поширення псевдонауки (про астрологію вже йшлося), містики, і розповсюдження через засоби масової інформації, Інтернет неправдивої (зазвичай з присмаком сенсаційності) інформації, і поява нових, сучасних міфів поряд з благополучним існуванням старих. У кіно і на телебаченні з'являються все нові фільми-катастрофи, до створення яких, вочевидь, зовсім перестали залучати як консультантів астрономів-професіоналів.

Серед старих міфів як приклади можна навести такі: «Швидкий переліт на Марс за прямолінійною траєкторією під час його протистояння», який бере початок, мабуть, з «Аеліти» О. Толстого, хоча про переліт у зворотному напрямку – з Марса на Землю за тієї ж самої конфігурації писав ще Г. Уельс у «Війні світів»; «Надточний календар майя» (фільм «2012» апелює до розрахунків майя «кінця світу»); «Існування в минулому планети Фаєтон» (на місці головного поясу астероїдів) та інші. До нових міфів можна віднести: «Містифікація перебування американців на Місяці», «Наближення планети Нібіру», «Сонце у недалекому майбутньому спалахне як наднова зоря» та деякі інші. Спроможність аргументовано спростовувати міфи (у тому числі й ті, що тільки з'являються) є, на нашу думку, важливою характеристикою рівня компетентності вчителя.

16. Астрономія і термінологія. Оскільки астрономія – найдавніша з наук, то вона за час свого існування накопичила, акумулювала в собі величезну кількість понять і спеціальних термінів. Частина з них стала надбанням загальнолюдської культури, наприклад: «секунда», «хвилина», «година», «доба», «місяць», «рік», «градус», «зоря», «планета», «комета» та ін. Але велика частка астрономічних понять і термінів невідома пересічному громадянину. Знання предмета передбачає вільне володіння його специфічною мовою. Проблема полягає в тому, що на відміну, наприклад, від фізики, яка вивчається тривалий час і на неї відводиться велика кількість годин, на вивчення астрономії у педагогічних університетах зазвичай відводиться значно менше часу, а потім зовсім нової для студента інформації – величезний. Отже, процес навчання астрономії для майбутнього вчителя фізики та астрономії виявляється набагато інтенсивнішим, ніж процес навчання фізики. Тому в астрономічній освіті особливої актуальності набуває праксеологічний підхід і фундаменталізація підготовки.

Особливості астрономічної освіти розглянуті автором у роботі [152] і у відповідному підрозділі у монографії [154].

1.3. Фундаменталізація астрономічної освіти

За оцінками фахівців (наприклад, [62, 105; 227]) криза сучасної середньої і вищої освіти в Україні є проявом глобальної світової кризи освіти. Вона виражається в

неузгодженостях: між потребами сучасного інформаційного суспільства і рівнем підготовки випускників як середньої, так і вищої школи, між новими цілями і завданнями освіти і застарілими формами управління і функціонування цих шкіл, між інтересами, потребами і можливостями суб'єктів освітнього процесу.

Криза настала з багатьох причин і одна з головних – це величезний потік нової інформації, що збільшується в експоненціальній залежності. Один із найбільших потоків інформації спостерігається в астрономії. В нових умовах, що швидко змінюються, постають вічні запитання: «Чого навчати?» і «Як навчати?»

Нині поступово відбувається заміна старої науково-просвітницької парадигми освіти на нову – науково-гуманістичну. Найважливішим компонентом нової освітньої парадигми є концепція фундаменталізації, яка передбачає істотне підвищення якості освіти. Саме фундаменталізація є безпосередньою реакцією на зростання потоків інформації у сучасному світі й проблеми адаптації фахівця в умовах, що швидко змінюються. «Сьогодні під лавиною інформації ми страждаємо від нездатності охопити комплексність проблем, зрозуміти зв'язки і взаємодії між речами, які знаходяться для нашої сегментованої свідомості в різних сферах» [62].

У перекладі з латинської «fundamentum» означає «основа», «підвалини», «опора», а термін фундаментальний зазвичай трактується як ґрунтовний, міцний, глибокий [274]. Уперше концепція фундаментальної освіти була чітко сформульована В. Гумбольдтом на початку XIX століття [105] і під нею розумілося, що предметом такої освіти мають бути ті фундаментальні знання, які, по-перше, вже є здобутком фундаментальної науки і, по-друге, які вона на сьогодні відкриває на своєму передньому краї. Тобто припускалося, що освіта має бути безпосередньо вбудована в наукові дослідження. У наступному ця модель освіти була реалізована в кращих університетах світу.

До речі, загальноприйнятого визначення поняття «фундаментальна наука» немає. Як вихідне можна взяти таке визначення, що пропонує С.У. Гончаренко: «До групи фундаментальних наук належать науки, чії основні означення, поняття і закони первинні, не є наслідком інших наук, і які безпосередньо відображають, систематизують, синтезують у закони й закономірності факти, явища природи або суспільства» [62].

Відомий фахівець університетської освіти, філософ освіти Карл Ясперс писав: «Усередині університету як інституції люди об'єднані покликанням як шукати, так і передавати істину науковим способом. Оскільки істину слід шукати науковим способом, дослідження є основною задачею університету. Оскільки істина має бути передана, викладання є другою задачею університету. Проте оскільки передавання одних лише знань і навичок недостатньо для досягнення істини, що потребує скоріше духовного формування людини в цілому, то сенсом викладання й дослідження є освіта» [346, с. 37].

За переконанням багатьох авторів (див., наприклад, [62; 82; 102; 105; 227; 260]) фундаменталізація освіти є не тільки однією з основних вимог часу, а й стратегічним напрямом розвитку освіти XXI століття, спрямованим на ґрунтовну підготовку тих, хто навчається, розвиток їх творчих здібностей, забезпечення оптимальних умов для розвитку наукового мислення, формування внутрішньої потреби саморозвитку і самоосвіти майбутніх фахівців.

За визначенням В.Г. Кінельова фундаменталізація освіти взагалі означає «цілісне бачення природи, людини, суспільства в контексті міждисциплінарного діалогу, якісно нові цілі освіти, нові принципи відбору і систематизації знань, нову якість освіченості особистості і суспільства, подолання розмежованості двох культур – природничонаукової і гуманітарної» [105].

На думку А.М. Кочнєва і В.В. Кондратьєва фундаменталізація – це досягнення глибинних, сутнісних основ і зв'язків між різноманітними процесами навколишнього світу [119].

За словами А.Д. Суханова фундаменталізація освіти передбачає: створення умов для формування гнучкого і багатогранного наукового мислення, способів адекватного

сприйняття дійсності, внутрішньої потреби в саморозвитку та самоосвіті [289], а за С.У. Гончаренко, – «акцентування уваги на засвоєнні найбільш істотних, фундаментальних, стійких і довготривалих знань, котрі лежать в основі цілісного сприймання наукової картини сучасного світу, репрезентованого світом космосу, світом людини й суспільства, світом людської цивілізації і глобальних фундаментальних процесів, які в них відбуваються» [62, с. 8].

Досить поширеним є розуміння фундаменталізації освіти як більш поглибленої підготовки тих, хто навчається, за певним напрямом (так звана «фундаменталізація вглиб»). Такий підхід періодично успішно розвивався у межах традиційної університетської системи освіти.

Наприклад, з погляду В.А. Кузнецової [133] фундаментальність передбачає:

- 1) виокремлення певного достатнього кола питань з основоположних областей знань даної галузі науки і загальноосвітніх дисциплін, без чого немислима інтелігентна людина;
- 2) вивчення цього кола питань з повним обґрунтуванням, необхідними посиланнями і без логічних прогалин;
- 3) виокремлення набору головних законів і понять, що слугуватиме основою для вивчення наступних дисциплін.

Цей набір може трансформуватися, оскільки розвиток науки змінює пріоритети між окремими її досягненнями. Більш того, навіть у загальнонавчаних фундаментальних науках далеко не всі результати є основоположними, необхідними для вивчення [133].

Інший погляд на поняття «фундаментальність освіти» як «освіту вшир» полягає в тому, що освіта розглядається як синтез різнобічної гуманітарної і природничонаукової освіти на основі оволодіння фундаментальними знаннями. В межах такого розуміння терміну лежить достатньо поширена точка зору: фундаментальність означає сполучення фактологічної, світоглядної і методологічної сторін вивчення предмета, що відбувається на науковій основі. Фундаментальність підготовки передбачає оволодіння узагальненими видами діяльності, що забезпечує розв'язання багатьох окремих задач предметної області [264]. При цьому зазначимо, що, на нашу думку, не менш важливою складовою в межах такого розуміння фундаментальності освіти є культурологічна складова (зв'язок предмета із загальнолюдською культурою, див. підрозділи 2.3.2 і 3.1.3).

Отже, фундаментальна освіта має спиратися на системотвірні та методологічно важливі знання. Фундаментальність знань означає їх універсальність, інваріантність, системність, проблемність, значущість, спрямованість на цілісне сприйняття навколишнього світу. Фундаменталізація передбачає зведення великого обсягу інформації до певних стрижневих ідей, на яких ґрунтуються ці знання. Освіта стає фундаментальною, якщо вона орієнтована на висвітлення глибинних сутнісних основ і зв'язків між різноманітними об'єктами і процесами навколишнього світу і дає функціональні знання про ці основні зв'язки [105; 106].

Фундаменталізація практично означає перехід від екстенсивної інформаційно-репродуктивної моделі навчання до інтенсивної фундаментально-креативної.

На підставі аналізу літератури, сформулюємо основні напрями, на які спрямована фундаменталізація освіти. Отже, вона передбачає:

- створення системи освіти, що спрямована на формування й засвоєння інваріантних, методологічно важливих, системних, довготривалих, функціональних знань;
- створення системи освіти, що спрямована на формування узагальнених умінь;
- орієнтацію на висвітлення глибинних, сутнісних зв'язків і засад, що становлять сучасну наукову картину світу, її цілісне сприйняття;
- перехід на системне, цілісне пізнання й самопізнання, розвиток і саморозвиток;
- взаємозв'язок і взаємозбагачення гуманітарних і природничо-математичних дисциплін;

- забезпечення основ для розвитку загальної культури, творчої самореалізації та інтелектуального зростання особистості студента;
- розвиток наукового стилю мислення й діяльності;
- забезпечення швидкої адаптації фахівця до умов, що стрімко змінюються;
- формування потреби в неперервній самоосвіті та саморозвитку («освіта впродовж усього життя»).

На нашу думку, принцип фундаменталізації синтезує, інтегрує в собі дидактичний принцип системності з методичними принципами цілісності, генералізації, проблемності.

Принцип системності, по-перше, спрямований на виявлення структурних і функціональних компонентів астрономічного освітнього середовища, їх зв'язків та відношень. По-друге, принцип системності знань передбачає формування у свідомості учня й студента логічних зв'язків між структурними частинами навчального предмету (адекватних зв'язкам між знаннями всередині наукових теорій). Дотримання цього принципу забезпечує системність здобуття знань суб'єктами навчання (відповідно й системність їхнього мислення) [42; 307].

Визначальним для системи є її цілісність. Очевидно, що фундаменталізація не може бути ефективною, якщо задіюється один із компонентів процесу навчання (цілі або зміст, або форми тощо). Необхідний цілісний підхід, що охоплює та інтегрує усі елементи. Тільки тоді можна очікувати істотного підвищення якості навчання. Це – по-перше.

По-друге, принцип цілісності має забезпечити цілісність астрономії як навчального предмета, цілісність астрономічної картини світу. Справа в тому, що криза сучасної системи освіти значною мірою зумовлена вузько дисциплінарними установками сьогоденної освіти, відчуженням її гуманітарного та природничо-наукового компонентів. Як наслідок – фрагментарність бачення реальності [62]. Спеціалізація досягла такого ступеня, що фахівці з різних галузей навіть однієї науки все частіше перестають розуміти один одного (так само, як і викладачі різних розділів, наприклад, фізики). Тому, на думку С.У. Гончаренка, перед ученими й педагогами на сьогодні стоїть кардинальне завдання – виявити цілісність кожної з фундаментальних наук, потім виявляти цілісність усього природознавства та всього гуманітарного знання, і нарешті, на наступному етапі створити основи цілісної фундаментальної освіти.

Вимога цілісності освіти цілком логічно впливає з концепції нової гуманістичної парадигми, яка спрямована на розвиток особистості. Адже особистості притаманна цілісність психічної діяльності, особливо таких пізнавальних процесів як сприйняття, мислення, уява, в яких поєднуються елементи раціонально-логічного та інтуїтивно-образного типів мислення, породжені специфікою функціонування півкуль головного мозку. Отже, одним із завдань фундаментальної освіти є забезпечення оптимальних умов для взаємодії цих різних типів мислення.

Принцип генералізації відноситься до відбору змісту навчального курсу, його структуруванню і передбачає виділення стрижневих ідей, об'єднання навколо них навчального матеріалу, і виокремлення основних елементів навчальної дисципліни: головних понять, явищ, законів, теорій. Генералізації астрономічного навчального матеріалу приділив увагу відомий фахівець з методики навчання астрономії у середній школі Є.П. Левітан. Вважаючи генералізацію навчального матеріалу однією з найважливіших методичних ідей концепції оптимізації процесу навчання, він визначає її саме як «виокремлення основних елементів курсу астрономії – нових понять і таких, що розвиваються, явищ, законів, теорій, провідних ідей» [189, с. 90].

Послідовне застосування принципу проблемності передбачає, по-перше, виділення і формулювання проблем у курсі астрономії, по-друге, створення проблемних ситуацій, їх подальше, разом із учнями або студентами, розв'язання. В результаті відбувається не просто засвоєння суб'єктами навчання знань, умінь і навичок, але й ефективний розвиток їх інтелектуальних, пізнавальних, творчих здібностей.

На думку відомого психолога С.Л. Рубінштейна: «Особливо гостру проблемність ситуація набуває за виявлення в неї суперечностей. Наявність у проблемній ситуації суперечливих даних з необхідністю спричиняє процес мислення, спрямований на їх зняття» [255, с. 317]. Для створення проблемних ситуацій на заняттях з астрономії доцільно, на наш погляд, використовувати три типи суперечностей:

- 1) суперечності між життєвим досвідом учня (студента) і науковими знаннями (наприклад, хвіст комети, коли вона віддаляється від Сонця, спрямований тим не менше вперед);
- 2) суперечності між раніше отриманими знаннями і новими (наприклад, газ в центрі Сонця, де густина у сто п'ятдесят разів більша за густину води, є тим не менше ідеальним);
- 3) суперечності об'єктивної реальності, що знайшли відображення в системі астрономічних знань, у тому числі й суперечності самого процесу астрономічного пізнання (наприклад, існування чорних дір або прискорене розширення Метагалактики).

За ідеологією компетентнісного підходу фундаменталізація, на нашу думку, сприяє формуванню і розвитку предметних і міжпредметних компетентностей, і таких ключових як загальнокультурна (здатність цінувати найважливіші досягнення національної, європейської та світової культури), соціально-трудова (функціональна грамотність, уміння організувати власну трудову діяльність, оцінювати власні професійні можливості), інформаційна (володіння новими інформаційними технологіями, вміння відбирати, аналізувати, оцінювати інформацію, систематизувати її, використовувати джерела інформації для власного розвитку) та уміння вчитися (вміння, бажання організувати свою працю для досягнення успішного результату, вміння та навички самоаналізу, самооцінки, самоконтролю, саморозвитку) [78; 90].

Водночас, ми погоджуємося з думкою О.І. Субетто, що «компетентнісний підхід перебуває у відношенні доповнюваності до культуроцентричного, знанневоцентричного, системодіяльнісного підходів і не може розглядатися як домінуючий в процесі опису якостей людини в освітньому просторі. Найбільш загальним, всеохоплюючим є культуроцентричний підхід» [280].

З цього погляду фундаменталізація астрономічної освіти має на меті істотне підвищення астрономічної культури тих, хто навчається.

Отже, враховуючи вищезазначене, фундаменталізацію змісту астрономічної освіти ми вбачаємо у:

- 1) визначенні стрижневих ідей, що пронизують всю астрономічну освіту;
- 2) виокремленні головного, базових знань, інваріанту курсу астрономії, передусім обмеженої кількості базових астрономічних понять, явищ, законів і теорій, що дають змогу засвоювати значну кількість значущої інформації, не перевантажуючи пам'яті учня, студента великою кількістю дрібних фактів і вторинних чинників;
- 3) переструктуруванні та новій систематизації навчальної інформації з метою усунення дріб'язкового, другорядного і архаїчного матеріалу;
- 4) гармонійному поєднанні фактологічного, світоглядного, методологічного і культурологічного аспектів вивчення астрономії;
- 5) встановленні оптимальної для вивчення послідовності викладання навчального матеріалу.

Для того, щоб визначити модель майбутнього вчителя астрономії, потрібно спочатку з'ясувати основний зміст курсу астрономії у середній школі, причому як на рівні стандарту, так і на профільному рівні. В умовах швидких змін в освіті, науці і суспільстві, швидкого зростання об'ємів інформації зробити це – непросто. Тому пропонується вирішувати цю проблему шляхом фундаменталізації астрономічної освіти як у середній, так і у вищій школі.

Проблемам фундаменталізації астрономічної освіти присвячені роботи автора: [168; 154; 170–174; 176].

Висновки до першого розділу

1. У результаті аналізу стану загальної астрономічної освіти в Україні визначено сучасні проблеми в цій галузі освіти, що зумовлюють її низьку якість. До них ми віднесли: шкільний статус другорядного предмету; формальну необов'язковість астрономічних знань (на рівнях випуску зі школи і вступу до ВНЗ); відсутність належної мотивації в учнів (як внутрішньої, так і зовнішньої); малу кількість годин, що відводиться на предмет (як у школі, так і у ВНЗ для підготовки вчителя астрономії); недостатню відповідність структури й змісту курсу астрономії сучасному стану розвитку астрономічної науки і сучасній освітній парадигмі; викладання у школі у другому семестрі на рівні стандарту; викладання вчителями й викладачами невідповідного напряму підготовки; неналежну підготовку вчителя астрономії у ВНЗ; відсутність засобів наочності (як системи) і астрономічного обладнання; майже повну відсутність міських планетаріїв; відсутність відповідного науково-популярного середовища; ігнорування нової інформаційної культури.

У нашому дослідженні ми зосередили увагу на невідповідності структури й змісту курсу астрономії, як у школі, так і у ВНЗ, сучасному рівню розвитку астрономічної науки і сучасній освітній парадигмі, а також неналежній підготовці вчителів астрономії.

2. Для того, щоб вибудувати нову модель підготовки вчителя астрономії, адекватну сучасним вимогам, ми визначили 16 особливостей астрономії як навчальної дисципліни у вищих педагогічних навчальних закладах і обґрунтували їх концептуальний характер. До цих особливостей ми відносимо: «авангардність» сучасної астрономії у природознавстві; майже виключно й досі спостережуваний характер астрономії; незвичність масштабів об'єктів і явищ, умов, за яких відбуваються ці явища; численні міжпредметні зв'язки і передусім з фізикою; величезний світоглядний і гуманістичний потенціал астрономії; глибокий зв'язок із загальнолюдською культурою; особливості методології астрономії і системи доведень в ній; еволюційний характер сучасної астрономії; глибокий позитивний зворотний зв'язок із космонавтикою; оголеність, як у жодній з інших наук, зв'язків людини і Всесвіту; безперечне лідерство у розв'язанні проблеми SETI; особливі стосунки з релігією; наявність такої собі «тіні», сумнівного двійника астрономії – астрології; інтенсивну міфотворчість навколо астрономічних об'єктів, подій і явищ; специфічність і нетривіальність величезного понятійного поля.

На нашу думку, врахування цих особливостей дає змогу зробити підготовку вчителя астрономії сучасною, фундаментальною і набагато ефективнішою.

3. Найважливішим компонентом нової освітньої парадигми, яка приходить на заміну старої – науково-просвітницької, є концепція фундаменталізації, яка передбачає істотне підвищення якості освіти. Фундаменталізація є безпосередньою реакцією на зростання потоків інформації у сучасному світі і проблеми адаптації фахівця в умовах, що швидко змінюються.

Фундаменталізація освіти передбачає зосередження уваги на засвоєнні найбільш істотних, фундаментальних, системних, інваріантних знань, які лежать в основі цілісного сприйняття сучасної наукової картини світу. При цьому під фундаменталізацією освіти ми розуміємо як освіту «вглиб» (поглиблену наукову підготовку в певній галузі знань), так і освіту «вшир» (поєднання різнобічної гуманітарної і природничонаукової освіти на основі фундаментальних знань), де на перший план окрім фактологічної складової виходять методологічна, культурологічна і світоглядна складові підготовки фахівця.

Тому одним із стратегічних напрямів удосконалення підготовки майбутнього вчителя астрономії в сучасних умовах ми вважаємо фундаменталізацію освіти на основі інтеграції принципів системності, цілісності, генералізації, проблемності.

4. На основі аналізу поняття «фундаменталізація освіти»ми дійшли висновку, що фундаменталізацію змісту загальної астрономічної освіти слід вбачати у визначенні: стрижневих ідей, що пронизують всю астрономічну освіту, та базових понять, явищ, законів і теорій, що дають змогу засвоювати значну кількість значущої інформації, не перевантажуючи пам'яті учня, студента великою кількістю дрібних фактів і вторинних чинників; переструктуруванні та новій систематизації навчальної інформації з метою усунення дріб'язкового, другорядного і архаїчного матеріалу; гармонійному поєднанні фактологічного, світоглядного, методологічного і культурологічного аспектів вивчення астрономії; встановленні оптимальної для вивчення послідовності викладання навчального матеріалу.

РОЗДІЛ 2 СТРУКТУРА І ЗМІСТ ЗАГАЛЬНОЇ АСТРОНОМІЧНОЇ ОСВІТИ

2.1. Аналіз досвіду побудови загальноосвітніх курсів астрономії

Серед багатьох проблем, які розв'язує сучасна школа, реформуванню змісту освіти належить визначальна роль. Адже «зміст освіти є своєрідною моделлю вимог суспільства до підготовки молодих поколінь до життя. В ньому в особливій формі відображається матеріальна і духовна культура людства» [259].

Під час такого реформування необхідно зосередитися на такому фактологічному матеріалі, який потрібний кожному, і головну увагу приділити тим знанням, умінням, оволодінню способами діяльності, що формують світогляд, цінності культури, вміння вчитися, здатність до продуктивної, творчої діяльності.

На думку відомого фахівця М.Т. Мартинюка [204], новим цілям загальної природничонаукової освіти відповідає посилення інтегрованих процесів у формуванні змісту освіти. Тому реформування освіти йде в напрямку інтеграції шкільних природничонаукових дисциплін. Одним із варіантів такої інтеграції був впроваджений у 1994 р. у середній школі інтегрований курс «Фізика і астрономія» (7-9 класи). М.Т. Мартинюк, будучи одним із авторів відповідних підручників [33–35], пише в своїй монографії, що «інтеграція змісту загальної фізичної і астрономічної освіти зумовлена всезростаючою спільною роллю відповідних наук у формуванні уявлень про сучасну природничонаукову картину світу. Ця найбільш широка форма систематизації знань про природу без сучасних астрофізичних уявлень не можлива» [204, с. 84].

М.Т. Мартинюк наводить багато аргументів на користь інтегрованого курсу «Фізика і астрономія». На нашу думку, найголовнішими є такі [204]: близькість і у багаточислених випадках спільність предмету сучасних фізики і астрономії як наук (хоча традиційно фізики не досліджують мегаоб'єкти і мегасистеми, наприклад, планети, зорі, галактики, Метагалактику); близькість (і збіг) методів фізичної і астрономічної наук, взаємодія цих методів у сучасних наукових пошуках та практичному використанні їх результатів у сучасних технологіях; інтеграційні тенденції мають місце у більшості розвинутих демократичних країн світу; спільне (і одночасне) використання можливостей змісту основ фізичних і астрономічних знань відповідає природній допитливості підлітків, сприяє успішному розвитку пізнавальних можливостей учнів, зокрема вихованню їх пізнавальних інтересів та формуванню наукового способу мислення. Додамо від себе, що така інтеграція сприяє також формуванню єдиної астрофізичної картини світу.

Зазначимо, що в 90-ті роки ХХ століття астрономія як окрема навчальна дисципліна перестала бути обов'язковою в середніх школах України. Проте астрономія як окремий предмет повністю не зникла зі школи – її продовжували вивчати в фізико-математичних (-технічних) ліцеях, класах фізико-математичного профілю і там, де керівництво шкіл, зазвичай за наполяганням учителів-ентузіастів, залишило її в навчальних планах. Астрономічна спільнота (вчені, викладачі і вчителі астрономії) не полишала зусиль для повноцінного «повернення» астрономії в школу і це, нарешті, трапилось на початку ХХІ століття.

Експеримент із впровадженням інтегрованого курсу «Фізика і астрономія» наприкінці ХХ століття поступово зійшов нанівець. На думку М.Т. Мартинюка, головною причиною цього була неготовність учителя до викладання такого курсу. Це, безперечно, так. Проте, на нашу думку, до цього слід додати також невдоволеність учителів іноді штучним, не органічним (іноді навіть несподіваним) поєднанням фізичного і астрономічного компонентів, не завжди логічним і обґрунтованим обранням змісту власне астрономічного компоненту. Наприклад, останні три розділи підручника для 9-го класу [35] є такими: «Закони механічного руху», «Небесна сфера. Видимий рух світил» (насправді там представлений і дійсний рух) і «Будова і розвиток Всесвіту». Найостанніший розділ, в свою чергу, розпадається на такі підрозділи: «Світ зір і туманностей», «Зоряні системи – галактики» і «Еволюція зір. Наднові зорі», що не зовсім

адекватно назві всього розділу.

Цікаву пропозицію робить у своїй монографії [21] Л.Ю. Благодаренко. Враховуючи програми з фізики і астрономії, особливо той факт, що вивчення астрономії як окремої навчальної дисципліни передбачене лише в 11 класі, вона вважає за доцільне введення інтегрованого курсу за вибором для 7-го, 8-го класів «Фізика та світ небесних тіл». Реалізовано це може бути за рахунок годин варіативної складової базового навчального плану.

Головною метою такого інтегрованого курсу є «формування в учнів цілісного уявлення про світ» [21, с. 304]. На думку Л.Ю. Благодаренко, «важливо висвітлити шляхи становлення фізики та астрономії, події, які сприяли їх розвитку, ознайомити учнів з джерелами фізичних та астрономічних знань, процесами висунення гіпотез та способами їх підтвердження, проблемами співвідношення між теорією та експериментом. Необхідно також зупинитись на значенні фізичних та астрономічних відкриттів для розвитку людської цивілізації» [21, с. 304].

Ми погоджуємося з Л.Ю. Благодаренко, що інтегрований курс «Фізика та світ небесних тіл» доцільно вводити в основній школі. Адже дійсно не кожний випускник основної школи буде продовжувати навчання в старшій школі і для учнів, продовжать навчання у закладах професійно-технічної освіти, навіть початкові знання з астрономії будуть загублені назавжди. «Очевидно, що у таких молодих людей не будуть сформовані уявлення про дійсність як цілісну гармонічну систему, наукове уявлення про картину світу. ...Така людина має низький рівень загальної культури, що, безумовно, вплине на успішність соціалізації особистості» [21, с. 305].

На нашу думку, така наступність і послідовність у наданні астрономічних знань, а саме від «Природознавства», через інтегровані з фізикою або елективні астрономічні курси в основній школі, до узагальнюючого курсу «Астрономія» в 11-му класі, ефективно сприяла б підвищенню рівня загальної астрономічної освіти.

Аналіз сучасних навчальних програм для загальноосвітніх навчальних закладів [92] і останніх публікацій на цю тему [126–128] виявив низку неузгодженостей і невідповідностей у розподілі змісту матеріалу серед рівнів стандарту та профільного у старшій школі. Ось деякі приклади:

1. Серед головних понять, які повинен засвоїти учень на рівні стандарту, фігурує лише «григоріанський календар», у той час як він має навчитися на цьому рівні розрізняти «типи календарів» [128].

2. Чому лише на профільному рівні потрібно пояснювати «зміну дня і ночі та пір року»? Хіба цього не повинна знати і вміти пояснювати будь-яка освічена людина у XXI столітті?

3. Порівнюючи різні джерела [92; 126; 128], не можна дійти однозначного висновку, з якого ж рівня слід починати вивчати закони Кеплера.

4. Навіщо вимагати від учня вміння пояснювати «поділ планет Сонячної системи на нижні та верхні планети» [128], якщо цей поділ має виключно історичне значення, і щоб не плутати учнів, доцільніше застосовувати терміни «внутрішні» та «зовнішні» планети (відносно Землі).

5. Дискусійним, на нашу думку, є також уведення поняття «видима зоряна величина» на рівні стандарту [128]. У сучасній астрономії таке введення передбачає зв'язок з освітленістю від зорі, використання формули Погсона (а ще глибше, й закону Вебера-Фехнера). Якщо без цього обійтись, то це буде ознайомлення з «видимою зоряною величиною» на рівні уявлень Гіппарха (II ст. до н. е.).

6. Якщо поняття «гігант», «надгігант», «білий карлик», «змінна», «наднова» тощо, а також «фраунгоферові лінії», «фраунгоферів спектр», «спектрограф» вивчаються на академічному і профільному рівнях [128], то як учень може наводити приклади «різних типів та спектральних класів зір» на рівні стандарту?

7. Нелогічним є ознайомлення з поняттям «надгігант» на академічному рівні, а з поняттям «гігант» – на профільному [128], адже гігантів має бути (і спостерігається) набагато більше, ніж надгігантів, через стадію гіганта проходить величезна кількість зір, які потім, скидаючи оболонку (і утворюючи планетарну туманність), стають білими карликами, що вивчаються на академічному рівні. Стадії червоного гіганта і білого карлика очікують і на наше Сонце.

8. Учень на рівні стандарту має називати «типи галактик», хоча поняття «еліптична», «неправильна» і «спіральна» галактики входять до понять академічного рівня [128].

9. Які «наслідки дії закону Габбла» має описувати [128] учень на рівні стандарту? Тут явно переплутано місцями причину й наслідок, адже сам цей закон є наслідком розширення однорідного та ізотропного Всесвіту.

10. Чому до явищ, що розглядаються на різних рівнях, належать «гравітаційна рівновага» і «сингулярність» [126; 128]? Адже це певні стани, в яких може перебувати об'єкт або система, проте ніяк не явища.

11. Серед теорій, з якими має ознайомитися учень на рівні стандарту, фігурує теорія «прискореного розширення Всесвіту» [126; 128]. Однак на сьогоднішній день такої теорії не існує.

12. Не зовсім логічним виглядає включення до теорій, що мають вивчатися на профільному рівні, космологічної моделі Леметра. Ця модель є своєрідною комбінацією моделей Ейнштейна і де Сіттера та має історичний інтерес, але значно менший, ніж модель Фрідмана, яка чомусь зовсім не згадується. Незрозуміло також, чому до цього переліку теорій включено модель «стаціонарного Всесвіту», адже цю штучно побудовану модель нині ніхто не сприймає серйозно, оскільки вона передбачає постійне утворення нової речовини в нашому Всесвіті.

13. Наявність «антропного принципу» на рівні стандарту з 17-ма годинами на всю астрономію є вкрай оптимістичною. Викласти навіть сутність антропного принципу «в двох словах» вкрай важко. Одними деклараціями тут не обійтись. Дуже важливими є приклади, коментарі, обґрунтування цього принципу та його інтерпретація. Проблемою є також те, що переважна більшість сучасних учителів (за результатами анкетування) не готова до викладання цієї теми.

І наостанок. Зміст навчального матеріалу – це, врешті решт, компроміс між обґрунтованим бажаним і можливістю реалізації цього бажаного, адже ці можливості завжди обмежені (наприклад, за часом, психологічними особливостями засвоєння матеріалу, компетентністю вчителя). Тому, на нашу думку, зовсім не обов'язковими є наступні поняття, що залишились вже після генералізації навчального матеріалу, виконаної І.П. Крячком [126]:

- «гравітаційне випромінювання» (його природа і механізм занадто складні для учня, до того ж його досі, незважаючи на всі спроби, не зареєстровано);

- «парад планет» (як поняття астрономами практично не вживається на відміну від журналістів; умовно «парадом планет» можна назвати вишукування планет у достатньо вузькому геліоцентричному секторі, проте це надзвичайно рідкісне явище – за дві тисячі років (!) нашої ери вісім класичних планет лише одного разу вишукувались у такому секторі з кутом 40° і ще по одному разу цей кут становив відповідно 46° та 57° [283]);

- «система світу» (це взагалі архаїзм, він іноді застосовується під час порівняння геліоцентричної моделі Коперника з геоцентричною моделлю Птолемея);

- астрономічна «служба часу» (з появою «атомного часу» втратила актуальність і в багатьох обсерваторіях її скасовано);

- «спектральний паралакс» (застосовується в непрямому методі визначення відстаней до зір і належить, радше, до тонкощів «астрономічної кухні»);

Важко також погодитися з віднесенням до головних таких понять, як «апертура», «астроклімат», «ефемериди», «Центр космічних даних».

Цікавим видається варіант, що нещодавно запропонував для середньої школи відомий російський астрофізик С.Б. Попов [238]. Оскільки астрономія в Росії нині в школах практично не вивчається, він запропонував «Дуже короткий курс астрономії», який можна викласти за одну лекцію (або пару уроків). С.Б. Попов виокремив, на його думку, найважливіші поняття й ключові факти, що формують основи сучасної астрономічної картини світу. При цьому він зазначає: «... звичайно, передбачається, що людина знає, що Земля обертається навколо Сонця, розуміє, чому відбуваються затемнення та зміна пір року. Тобто зовсім дитячі факти у список не входять» (хоча ми вже знаємо, – див. підрозділ 1.1 – що сучасний учень іноді не знає саме дитячих фактів). Отже, список С.Б. Попова (він назвав його: «10 заповідей сучасної астрофізики») такий:

1. Сонце – рядова зоря (одна з приблизно 200–400 мільярдів) на околиці нашої Галактики – системи із зір та їх залишків, міжзоряного газу, пилу і темної речовини. Відстані між зорями в Галактиці звичайно становлять кілька світлових років.

2. Сонячна система простягається за орбіту Плутона і закінчується там, де гравітаційний вплив Сонця стає зрівняним з гравітаційним впливом близьких зір.

3. Зорі продовжують утворюватись у наші дні з міжзоряного газу й пилу. Впродовж свого життя і з його закінченням зорі скидають частину своєї речовини, збагаченої синтезованими елементами у міжзоряний простір. Так в наш час змінюється хімічний склад Всесвіту.

4. Сонце еволюціонує. Його вік менше 5 мільярдів років. Приблизно через 5 мільярдів років закінчиться Гідроген у його ядрі. Сонце перетвориться у червоного гіганта, а потім у білий карлик. Масивні зорі в кінці життя вибухають, залишаючи нейтронну зорю або чорну діру.

5. Наша Галактика – одна з багатьох подібних систем. У видимій частині Всесвіту приблизно 100 мільярдів великих галактик. Вони оточені невеликими супутниками. Розмір галактики близько 100 000 світлових років. До найближчої великої галактики близько 2,5 мільйонів світлових років.

6. Планети існують не тільки навколо Сонця, але й навколо інших зір, їх називають екзопланети. Планетні системи не схожі одна на одну. На сьогодні ми знаємо більше 1500 екзопланет. Скоріше за все, багато зір мають планети, проте лише мала частина їх може бути придатною для життя.

7. Світ, як ми його знаємо, має кінцевий вік трохи менше 14 мільярдів років. Спочатку матерія була в дуже щільному й гарячому стані. Частинок звичайної речовини (протони, нейтрони, електрони) не існувало. Всесвіт розширюється, еволюціонує. В процесі розширення з щільного, гарячого стану Всесвіт остигав і ставав менш щільним, з'являлись звичайні частинки. Потім виникли зорі, галактики.

8. Через скінченність швидкості світла та скінчений вік спостережуваного Всесвіту нам доступна для спостережень лише скінчена область простору, проте на цій межі фізичний світ не закінчується. На великих відстанях через скінченність швидкості світла ми бачимо об'єкти такими, якими вони були в далекому минулому.

9. Більшість хімічних елементів, з якими ми маємо справу в житті, (та з яких складаємось), виникли в зорях упродовж їх життя в результаті термоядерних реакцій, або на останніх стадіях життя масивних зір під час вибухів наднових. До утворення зір звичайна речовина складалася переважно з Гідрогену (найпоширеніший елемент) та Гелію

10. Звичайна речовина має внесок у повну густину Всесвіту лише порядку кілька відсотків. Близько чверті густини Всесвіту пов'язано з темною речовиною. Вона складається з частинок, що слабо взаємодіють одна з одною та зі звичайною речовиною. Ми поки спостерігаємо лише гравітаційну дію темної речовини. Близько 70% густини

Всесвіту пов'язано з темною енергією. Через неї розширення Всесвіту йде все швидше. Природа темної енергії не ясна.

На нашу думку, у цих «заповідях» обділеною виявилась Сонячна система. Наприклад, ані слова про комети, які ми іноді спостерігаємо на своєму небі, про кометно-астероїдну небезпеку, яка є реальною загрозою з космосу (на Землі виявлено багато астроблем, можна пригадати також загибель динозаврів). Також – жодного згадування про подвійні та кратні зорі, яких у нашій Галактиці налічується близько 50% і які зіграли вирішальну роль у визначенні спектру мас зір і з'ясуванні багатьох питань, пов'язаних з еволюцією зір. Водночас восьмий пункт за важливістю явно уступає всім іншим і здається необов'язковим. Тим не менше, ми поділяємо в цілому думки С.Б. Попова про той самий мінімум мінімуму про Космос, який має знати людина, що вважає себе освіченою.

2.2. Стрижневі ідеї загальної астрономічної освіти

Враховуючи особливості астрономії як науки і як навчального предмету, методологічні принципи астрономічної науки, сформулюємо стрижневі ідеї астрономічної освіти в контексті її фундаменталізації.

Оскільки загальноприйнятною є думка про величезний світоглядний потенціал астрономії, то очолювати перелік ідей мають саме ідеї світоглядного характеру.

Ідея пізнаваності. Пізнаваність світу та його закономірностей – найважливіше філософське положення, яке можна проілюструвати численними прикладами з історії астрономії: розвиток уявлень про будову Сонячної системи (про становлення геліоцентризму та відкриття законів Кеплера див. підрозділ 4.1), природу небесних тіл, що входять до її складу (розвиток уявлень про планети і комети див. у підрозділах відповідно 5.2 і 5.3), природу зір, галактик, Метагалактики. Яскравий приклад можна навести стосовно зір. Відомий французький філософ Огюст Конт у 1844 р. в своєму «Філософському трактаті про популярну астрономію» стверджував: «Ми нічого не можемо дізнатися про зорі, крім того, що вони існують» [108, с. 105]. Сьогодні ми можемо розрахувати модель зорі будь-якої маси, знаємо, як народжуються, живуть і помирають зорі.

Важливо, що послідовне й системне втілення цієї ідеї продемонструє могутність розуму людини. Згадаємо А. Пуанкаре: «Астрономія корисна тому, що вона піднімає нас над нами самими... Саме вона демонструє нам, яка незначна людина тілом і яка вона велична духом, тому що розум її спроможний досягнути сяючі безодні, де її тіло – це лише темна точка... Так ми доходимо до усвідомлення своєї могутності, і це усвідомлення багато чого варте, бо воно робить нас сильнішими» [245, с. 293].

Ідея матеріальності та матеріальної єдності Всесвіту. З погляду діалектики [278], матерія – це причина, основа, зміст та носій (субстанція) всієї різноманітності світу. Основоположними властивостями матерії є об'єктивність існування, структурність, незнищенність, рух. Це атрибути матерії, тобто загальні, неминущі її властивості, без яких неможливе її буття. В усіх предметів та процесів зовнішнього світу є така загальна ознака – вони існують зовні та незалежно від свідомості, відбиваючись прямо або опосередковано в наших відчуттях. Іншими словами, вони об'єктивні. Передусім саме за цією ознакою філософія об'єднує та узагальнює їх в одному понятті матерії.

Усі астрономічні спостереження підтверджують матеріальність світу та його єдність. Під матеріальною єдністю світу ми розуміємо єдність фізичних законів, що діють на Землі й у космосі, єдність хімічного складу земних та небесних тіл. Поки не виявлено нічого такого, що не вписувалось би в поняття матерії, її різноманітних властивостей та відношень. Навіть нещодавно виявлене існування так званої темної енергії (а ще раніше – темної матерії) не суперечить цьому. Справді, як з'ясувалось на межі ХХ–ХХІ століть, спостережуваний Всесвіт складається лише приблизно на 5% з видимої (інакше – баріонної) матерії, на 30% – з темної матерії (раніше вживали термін «прихована маса») і на 65% – з темної енергії, яка відповідає за його розширення з прискоренням, що

рівноспільне існуванню антигравітації. Природу як темної матерії, так і темної енергії поки не з'ясовано, але немає жодних підстав вважати, що ми зіткнулись з чимось «нематеріальним».

Щодо єдиної для Всесвіту фізики, то не втратило актуальності відоме висловлювання видатних російських астрофізиків Я.Б. Зельдовича та І.Д. Новікова: «Певна річ, у незвичайних астрофізичних умовах, наприклад, надвеликих густин і температур, ще не досліджених земною фізикою, можуть виявлятися нові, поки невідомі закони природи. Проте сучасна астрофізика оперує головним чином з умовами, де застосовність надійно встановлених законів природи не викликає сумніву. Астрофізика має справу лише з незвичайною комбінацією цих умов. Тому, на наше переконання, в межах існуючих фізичних теорій міститься можливість величезної кількості нових ефектів, нових явищ, і це дає можливість пояснення астрофізичних відкриттів... Дуже ймовірно, що сукупність усіх відомих дотепер явищ вдасться пояснити, комбінуючи відомі закони фізики, що діють у незвичайних умовах астрофізичних об'єктів, причому, однаке, немає сумнівів, що це «комбінування» буде абсолютно нетривіальним» [93, с. 8].

Ідея руху та взаємодії. З курсу філософії відомо [278], що рух – це спосіб існування суцього. Бути – означає рухатися, змінюватися. Немає у світі незмінних речей, властивостей та відношень. Але як пояснити учневі, що рух не можна створити та знешкодити (одна з головних тез про рух), якщо автомобіль, потяг можна примусити рухатися і можна зупинити? У космосі ж ми спостерігаємо, що навіть у механічному сенсі все рухається: планети, комети, астероїди навколо своїх осей і навколо Сонця, само Сонце та інші видимі зорі навколо своїх осей і навколо центра Галактики, Галактика здійснює рух у Місцевій групі галактик (вона, наприклад, зближується з галактикою Туманність Андромеди), а групи, скупчення та надскупчення галактик беруть участь у загальному розширенні Метагалактики. І немає цьому початку і кінця. Рух справді абсолютний, незаперечний та загальний. Навіть якщо брати до уваги тільки механічний рух на макро- та мегарівнях. А є ще зміни фізичного стану, хімічного складу з часом, рух на мікрорівні (рух мікрочастинок усередині макротіл) тощо.

Що стосується взаємодій, то із фундаментальних у космосі переважають гравітаційна та електромагнітна взаємодії. Перша відповідає, наприклад, за існування Сонячної системи, подвійних і кратних зір, скупчень зір, галактик, а за допомогою електромагнітного випромінювання освітлюється та обігрівається Сонцем наша Земля. В той самий час для існування космічних тіл, їх еволюції не менш важливими є сильна та слабка взаємодії. Перша «відповідає» за стійкість адронів та атомних ядер, а інша – за перетворення ядер та елементарних частинок.

Ідея нетотожності видимого та істинного (явища й сутності). Цю ідею втілює знаменитий «принцип Коперника». Спостережуваний добовий рух світил, що спричиняється обертанням Землі навколо власної осі, сприймався до Коперника за істинний і на цьому ґрунтувалась геоцентрична система світу. Запропонована М. Коперником геліоцентрична система – наочне і переконливе підтвердження того, що тільки в результаті ретельного теоретичного аналізу вдається виявити істинну сутність явищ, що здаються «простими», «очевидними», такими, що відповідають «здоровому глузду» [189, с. 92]. З цього розпочалася революція в астрономії, це був один з перших кроків у становленні сучасної науки взагалі (див. підрозділ 4.1). Цей принцип може бути ілюстрований і іншими прикладами: явище комети («видиме ніщо»), різноманітні ефекти гравітаційних лінз, спіральні візерунки галактик, що не є наслідком розподілу речовини, а є результатом розповсюдження хвиль густини, спостереження «джетів» (викидів), які рухаються нібито з надсвітловими швидкостями, тощо.

Ідея еволюції. Ця ідея вже обговорювалась в розділі 1.2 як особливість сучасної астрономії. Якщо під еволюцією розуміти будь-які зміни структури, фізичного стану та хімічного складу об'єкта з часом, то в космосі еволюціонує все. Наприклад, планети після народження еволюціонують усередині внаслідок гравітаційної диференціації речовини, їх

поверхні змінюються з часом внаслідок дії сонячного випромінювання, сонячного вітру, зіткнень з метеорними частинками, метеороїдами, астероїдами і кометами, а за наявності атмосфери (і гідросфери – як для Землі) зміни можуть відбуватися в результаті взаємодії з цією оболонкою (оболонками). Зорі внаслідок перебігу термоядерних реакцій змінюють свій хімічний склад, а згодом і структуру, і фізичний стан речовини, проходячи стадію червоного гіганта (або надгіганта в залежності від маси) і перетворюючись остаточно на білого карлика, нейтронну зорю або чорну діру (також в залежності від маси), які продовжують повільно еволюціонувати. Мабуть, для кожного більш-менш складного об'єкта існують висхідні та низхідні етапи еволюції, коли відбувається відповідно його ускладнення або спрощення. Так само як і у тваринному чи рослинному світі.

Еволюціонують системи космічних тіл. Так, Місяць завжди повернутий до Землі одним боком у результаті еволюції системи Земля-Місяць. Синхронізація обертання Місяця відбулася внаслідок припливної взаємодії між планетою та її природним супутником. І ця система прямує до повної синхронізації, коли і Земля буде завжди повернута до Місяця одним боком. За час існування Сонячної системи така повна синхронізація вже відбулася в системі Плутон–Харон. Еволюціонують подвійні і кратні зорі, зоряні скупчення, галактики і скупчення галактик, еволюціонує Метагалактика в цілому, змінюючи свої метричні властивості.

Характерною рисою розвитку уявлень про еволюцію в космосі стало послідовне застосування принципу системності [3]. Наприклад, явище зореутворення є певним наслідком еволюції галактик, поява протоскупчень галактик і протогалактик є певним етапом еволюції Метагалактики. «Отже, нинішня структура Метагалактики має глибоку еволюційну природу, і різні фрагменти сучасної астрономічної картини світу з'єднуються між собою послідовними генетичними зв'язками» [3, с. 46].

Без сумніву, ідея еволюції космічних тіл та їх систем, Всесвіту в цілому має стати провідною під час викладання астрономії.

Ідея єдності людини і Всесвіту. Глибокий зв'язок між фундаментальними властивостями Всесвіту, його параметрами та наявністю в ньому життя (і людини) встановлює антропний принцип (див. розділ 1.2). Антропний принцип дав усвідомлення нетиповості, унікальності положення людини у Всесвіті, як у просторі, так і у часі, так само, як і усвідомлення унікальності спостережуваного Всесвіту. Людина – продукт саме такої Землі, такого Сонця, такої Галактики і саме такого Всесвіту. У цьому полягає їх єдність.

Антропний принцип як ніколи досі загострив питання: «Чому Всесвіт такий?» З цього приводу влучно висловився Й.Л. Розенталь: «Можна по-різному оцінювати фізичне значення антропного принципу. Проте потрібно віддати йому належне в одному відношенні. Розвиток антропного принципу істотно сприяв узаконенню запитання: «Чому світ збудований так, а не інакше?» Раніше задовольнялися питанням: «Як збудований світ?» [254, с. 99].

Науково обґрунтована ідея, що наш Всесвіт може бути не єдиним, що Всесвіт, як усе існуюче, може складатися з нескінченної кількості міні-всесвітів з різними властивостями є, безумовно, кроком уперед у пізнанні світу. Ідея мультиверсу є адекватною відповіддю прибічникам доцільності існуючого Всесвіту, який, на їх погляд, був створений Конструктором саме з метою забезпечення можливості існування в ньому високоорганізованих структур, включаючи розумне життя.

Поняття про АП нині вивчається в школі в курсі астрономії і навіть окремим пунктом увійшло до Державного стандарту середньої освіти. На нашу думку, антропний принцип, як основа ідеї єдності людини і Всесвіту, справді може бути стрижневою ідеєю фундаменталізації астрономічної освіти, оскільки він пов'язує різні розділи астрономії – від планет до Всесвіту в цілому, об'єднує ядерну фізику, фізику елементарних частинок і космологію.

Ідея визначення місця людини у Всесвіті. Ця ідея також обговорювалась у підрозділі 1.2 як одна з особливостей навчального предмету «астрономія». Ми вважаємо, що ідея визначення місця людини у Всесвіті може бути справді наскрізною для курсу астрономії і може втілюватись, починаючи з визначення розмірів планети Земля, її розташування і статусу в Сонячній системі, а Сонячної системи в Галактиці, та завершуючи сучасними уявленнями про будову і еволюцію Всесвіту, а також темою: «Життя у Всесвіті», що входить як остання до програми середньої школи. Як точно висловився Річард Докінз: «Астрономія у прямому та переносному значенні ставить нас на місце, збиваючи пиху до рівня, що нагадує крихітну сцену, на якій розгортається наше життя, – пилінку серед мільярдів інших уламків космічного вибуху» [80, с. 170].

Ідея цілісності астрофізичної картини світу. Наукова картина світу за А.Й. Єремєєвою – це внутрішньо узгоджена система уявлень про навколишній світ (або його аспект, наприклад, астрономічний), абсолютизація, «твердий зліпок» науки сучасної епохи, тимчасова модель дійсності [83].

Одна з найголовніших цілей навчання астрономії – сформувати в учня (студента) цілісну астрономічну картину світу, яка є невід’ємною частиною астрофізичної картини світу. В свою чергу, остання є найвагомішою складовою наукової картини світу.

Зробимо деякі пояснення. Справа в тому, що, з одного боку, астрофізика є частиною астрономії. З іншого боку, вивчення таких предметів як фізика, хімія, біологія, астрономія завершується формуванням в учнів уявлень про відповідну «локальну», «окрему» систему світу. Така, наприклад, фізична картина світу, в основі якої лежать властивості простору й часу, речовини й поля, фундаментальних взаємодій, закони, принципи, фізичні теорії. Безпосередньо стикається з нею астрономічна картина світу, оскільки фізика екстраполюється на космічні об’єкти, умови та явища (те, чим займається астрофізика). Проте астрономічна картина світу передбачає також уявлення про космос без фізики, тобто космографію. Поєднання «земної» фізики, фізики космосу і космографії і дає астрофізичну картину світу.

Учень має відкрити для себе Всесвіт, який відкривали для людства Галілей і Кеплер, Ньютон і Ейнштейн, Гершель і Габбл. Всесвіт, гармонія якого зосереджена у фундаментальних законах фізики й математики, довершеність – в абстрактних законах симетрії, Всесвіт, з народженням якого виникли простір і час, і який скоріше за все буде розширюватись вічно, Всесвіт, який скоріше за все не є єдиним.

Учень повинен переконатися в тому, що всі відомі йому закони діють не тільки на Землі, а й у космосі. Космос додає кілька нових законів, зв’язок яких з вже відомими має бути простежений (наприклад, закони Кеплера, закон Габбла). Моделі будь-яких космічних об’єктів і явищ спираються на астрономічні спостереження і відому фізику. Хоча й існує такий розділ астрономії як небесна механіка, проте в основі її лежать ті ж самі закони класичної та релятивістської механіки.

Під час вивчення і фізики, і астрономії учні (студенти) стикаються з примітним фактом, що має велике методологічне та евристичне значення. Це явище ізоморфізму: якісно різні фізичні та астрономічні явища і закономірності мають однакову кількісну структуру і виражаються однаковими математичними формулами. Такий ізоморфізм демонструють: закон всесвітнього тяжіння Ньютона і закон Кулона, формула Гюйгенса для математичного маятника і формула для періоду коливань пульсуючої зорі, рівняння синодичного руху і рівняння для розрахунку тривалості тропічного року або сонячної доби на планеті. Акцентування уваги на цьому ізоморфізмі сприятиме формуванню єдиної астрофізичної картини світу (наприклад, залежність від квадрата відстані між тілами, що взаємодіють, для гравітаційної та кулонівської сил зумовлена тривимірністю простору).

Фундаментальні ідеї фізики. Враховуючи глибокий зв’язок астрономії з фізикою, потрібно проілюструвати застосування фундаментальних ідей фізики в космічних умовах. Як уже вказувалось, це допоможе учню (студенту) глибше усвідомити вже відому йому фізику, сприятиме розширенню горизонту його фізичного мислення. З іншого боку,

продемонструє єдність законів, що діють у Всесвіті, сприятиме формуванню цілісної наукової картини світу.

Наприклад, у підрозділі 4.2 нами показано, як закони Кеплера (планети, планети-гіганти, карликові планети, планети земної групи) фундаментальними властивостями простору і часу. До фундаментальних властивостей відносять: однорідність та ізотропність простору, його розмірність (карликові планети): $m \ll 10^{28}$ кг. В свою чергу, ці властивості пов'язані з фундаментальною ідеєю фізики – ідеєю симетрії. Однорідність простору – це симетрія відносно перенесень у просторі, ізотропність – симетрія відносно обертань, а однорідність часу – симетрія відносно перенесень у часі.

Слід зазначити, що фізики та астрономи приділяють симетрії величезну увагу. Кожний факт порушення симетрії викликав невпинні пошуки вчених, спрямовані на подолання критичної ситуації. Так, відомо, що у світі елементарних частинок існує повна симетрія між частинками і античастинками. Водночас, вже стало незаперечним фактом, що спостережуваний Всесвіт складається лише з речовини. Античастинки виникають тільки в окремих ядерних реакціях і потім, рано чи пізно, анігілюють з частинками. Ця проблема отримала назву «баріонної асиметрії Метагалактики». Астрофізикам вдалося розв'язати цю проблему.

Симетричні властивості простору і часу зумовлюють відомі закони збереження в механіці (теорема Ньоттер): однорідність часу – закон збереження енергії, однорідність простору – закон збереження імпульсу, ізотропність простору – закон збереження моменту імпульсу. Тут ми стикаємося з іншою фундаментальною ідеєю фізики – ідеєю збереження.

На нашу думку, під час вивчення законів Кеплера як у вищій, так і в середній школі недостатньо обмежуватись їх формулюванням, а потрібно звертати серйозну увагу на методологічні й світоглядні аспекти цієї теми (зрозуміло, що на різних рівнях). Це стосується й багатьох інших тем. Можна запропонувати багато цікавих задач на застосування законів збереження енергії та моменту імпульсу, а саме задачі на: стійкість супутникових і планетних систем, космічні польоти, гравітаційні маневри, гравітаційне захоплення планетами астероїдів і комет, зіткнення космічних тіл із Землею, а також теплову рівновагу та енергетику зір тощо.

Наступні дві ідеї можна умовно віднести до загальнонаукових.

Ідея ієрархічності. Як відомо, ієрархія – це розташування частин або елементів цілого (системи) в порядку від нижчого до вищого. Ця ідея ефективно використовується в теорії керування, теорії графів, узагалі для опису будь-яких системних об'єктів. В астрономії ця ідея також має всі підстави для застосування.

По-перше, космічні тіла утворюють неперервний ряд за масою, де за певних значень маси кількість переходить у нову якість. Так, у порядку збільшення маси астрономи виокремлюють: метеороїди, астероїди, карликові планети, класичні планети, коричневі карлики (інакше – субзорі), зорі (рис. 2.1).

По-друге, системи космічних тіл також можна розташувати у порядку збільшення маси (рис. 2.2), а саме: подвійні астероїди (наприклад, Іда і Дактиль), планети та їх супутники (наприклад, система Земля-Місяць або Юпітер з його величезною супутниковою системою), планетні системи (Сонячна система або система Глізе 581), подвійні та кратні зорі (наприклад, система α Центавра), розсіяні зоряні скупчення (наприклад, Плеяди), кулясті зоряні скупчення (наприклад, М13 у сузір'ї Геркулеса), карликові галактики (наприклад, деякі супутники нашої Галактики), галактики (наприклад, Туманність Андромеди), групи галактик (наприклад, Місцева група), скупчення галактик (наприклад, скупчення з центром у сузір'ї Діви), надскупчення галактик (надскупчення у сузір'ї Волосся Вероніки), Метагалактика. Крім того, як правило, система нижчого рівня складності є частиною системи вищого рівня – система Земля-Місяць і система Іда-Дактиль є частиною Сонячної системи, в свою чергу Сонячна система разом з α Центавра, Плеядами і М13 входять до складу нашої Галактики «Молочний Шлях», а «Молочний Шлях» разом з Туманністю Андромеди та іншими галактиками утворюють Місцеву групу

галактик, у свою чергу ця група входить до складу великого скупчення Virgo (Діви), що є частиною Метагалактики.

Всі ці системи мають багато спільного, особливо ті, що розташовані поряд у цьому ряді. Це зумовлено тим, що всі вони – гравітаційно-зв'язані системи. І в цьому ряді систем так само діє закон переходу «кількості в якість». Втілення ідеї ієрархічності, на нашу думку, дає змогу в певних випадках застосовувати єдині підходи для опису та аналізу таких систем, і, врешті-решт, сприяє формуванню в учнів (студентів) цілісної астрономічної картини світу.

Ідея раціоналізму. На нашу думку, вчитель астрономії повинен бути готовим відповідати на будь-які гострі, злободенні питання учнів, на, так би мовити, «виклики часу». А виклики ці дуже серйозні. Це і поширення псевдонауки (наприклад, астрології), містики, і розповсюдження через засоби масової інформації, Інтернет неправдивої (зазвичай з присмаком сенсаційності) інформації, і поява нових, сучасних міфів поряд з благополучним існуванням старих. У кіно і на телебаченні з'являються все нові фільми-катастрофи, до створення яких, вочевидь, зовсім перестали залучати як консультантів астрономів-професіоналів.

«Протистояти нинішній хвилі ірраціоналізму та містики – природна позиція кожної освіченої та із здоровим розумом людини, – наголошує відомий російський астрофізик Б. М. Владимирський. – Для творчо активного дослідника така позиція – одночасно і виконання суспільного (якщо завгодно – громадянського) обов'язку. Адже немає жодних сумнівів, що домінування у суспільстві згадуваних акцентів світовідчуття – це зменшення притоку в науку майбутніх Колмогорових та Гамових» [41].

Ще чверть століття тому ідея раціоналізму (як противага ірраціоналізму) в освіті не була актуальною. Позиції науки були непорушними. Нині зовсім інші часи. Все змішалось не тільки для пересічного громадянина. Часто сам учитель не спроможний відрізнити науку від псевдонауки (це якраз і зумовлено браком фундаментальної освіти). Тому послідовна прихильність ідеї раціоналізму в астрономічній освіті, суворе дотримання такого дидактичного принципу як науковість навчання є, на нашу думку, особливо важливими.

Визначенню й обґрунтуванню стрижневих ідей астрономічної освіти присвячена робота [172] і підрозділ у монографії автора [154].

2.3. Формування поля понять загальної астрономічної освіти

2.2.1. Загальні положення

З досвіду багатьох викладачів (див., наприклад, [89; 189; 338]), у тому числі й автора, вивчення астрономії є достатньо складним процесом, який потребує від учня (студента) максимальної мобілізації його інтелектуальних здібностей. Це зумовлено особливостями астрономії як науки і, отже, як навчального предмета (див. розділ 1.2.).

Ще у середині 90-х років ХХ століття А.В. Усова – автор фундаментальних досліджень з проблеми формування понять – зазначала, що «проблема формування наукових понять в учнів шкіл і студентів ВНЗ продовжує залишатися однією з актуальних проблем теорії навчання та психологічної науки. Це зумовлено, по-перше, недостатньою розробленістю теорії формування понять в учнів загальноосвітньої школи і повною нерозробленістю такої теорії у ВНЗ, по-друге, неперервним розвитком у науці тих понять, що вивчаються в школі і ВНЗ» [300; 301]. На проблеми формування фізичних понять в учнів середньої школи, дидактичного і науково-методичного обґрунтування змісту фізичної освіти вказував О.І. Ляшенко [197]. Проте ситуація не змінилась і до сьогодні. Це у повній мірі відноситься і до формування астрономічних понять.

Л.В. Жуков у своїй дисертації зазначає, що «проблема дефініції астрономічних понять, виявлення зв'язків між окремими поняттями та їх функціональними групами, конструювання систем астрономічних понять» є найважливішою і практично не розробленою у методиці навчання астрономії в школі і ВНЗ [89, с. 30]. На переконання Є.

П. Левітана [189, с. 70] виокремлення головних понять астрономії, аналіз їх взаємозв'язків і розвитку – фундаментальна проблема дидактики астрономії. Від її розв'язання залежить якість навчання.

Змістовий аспект будь-якої навчальної дисципліни відображає система або «поле», або «корпус» понять, що виражається низкою термінів конкретної науки, якій відповідає ця дисципліна. Термін є слово або сполучення слів, що точно позначає певне поняття, яке застосовується в науці, техніці, мистецтві [274]. Терміни потребують строгих дефініцій, які мають відповідати рівню наукових знань у певній галузі людської діяльності.

Термін «поняття» є вербальне оформлення уявлень про об'єкт, властивість, явище навколишнього світу, які визначаються конкретним набором істотних ознак цього об'єкта, властивості або явища. У філософській літературі поняття розглядаються як вища форма пізнання, «вищий продукт мозку», вони становлять логічну основу, логічний каркас наукових теорій і систем. «Поняття виступає як: ідеалізована модель матеріального об'єкту пізнання; підсумок розвитку думки, результат переробки, осмислення вихідного (на даному етапі пізнання) ідеалізованого предмету, як ідея предмету» [10, с. 35].

За визначенням А.В. Усової: «Поняття – це складна логічна і гносеологічна категорія. Це результат деякого етапу в розвитку наших знань про ті чи інші об'єкти матеріального світу. Після виникнення, поняття вже само стає об'єктом пізнання. Разом з тим поняття – одна з форм мислення: в цьому сенсі воно виступає як засіб пізнання» [301, с. 11].

Відомо, що розкрити зміст поняття – означає перелічити ті його ознаки, кожна з яких необхідна, а всі разом достатні для його визначення. Тому множина істотних ознак поняття становить його зміст, а множина об'єктів, до яких воно застосовне, – його об'єм [189, с. 71].

Зазначимо, що повний зміст окремого (конкретного) поняття може бути розкритий у результаті врахування взаємозв'язків і взаємозалежностей між окремими поняттями системи, до якої воно належить.

Формування такої системи («корпусу», «поля») понять передбачає: аналіз відповідного наукового понятійного апарату; відбір понять, що складають основу навчального курсу; наповнення відібраних понять логічно несуперечливим, необхідним і достатнім для навчального процесу змістом; структурування понятійних систем конкретних розділів (тем) навчального курсу; формування понятійного поля всього курсу в цілому [89, с. 30].

Поле понять зазвичай структурують за принципом «ядро–периферія» [31]. Ядро утворюють головні поняття, які несуть максимальне функціональне навантаження, демонструють високу частоту функціонування, зосередженість зв'язків і відношень. Периферію складає група понять, які мають допоміжний, службовий характер.

Понятійне поле (як макрополе) можна структурувати за тією чи іншою ознакою (наприклад, за об'єктом або методом дослідження) на елементи нижчого рівня (мікрополя) – системи понять окремих розділів або тем курсу. При цьому самі мікрополя можуть розглядатися як макрополя відносно понятійних структур наступного нижчого рівня, причому зі своїм ядром і периферією.

Сформоване потрібним чином понятійне поле має бути каркасом того навчального матеріалу, яким необхідно оволодіти учню (студенту), воно визначає логіку конкретного навчального процесу.

Особливості астрономії, про які вже йшлося, спричиняють певні особливості поля астрономічних понять. Наприклад, однією з таких особливостей є широкі міжпредметні зв'язки з багатьма навчальними предметами, що вивчаються в школі – з математикою, фізикою, хімією, географією, філософією, історією. Астрономічна наука як система знань про Всесвіт сформувала і оперує множиною понять, серед яких є поняття:

- філософського рівня (матерія, рух, взаємодія тощо);
- загальнонаукові (симетрія, збереження, енергія тощо);

- математичні (градус, дуга, радіан, коло, еліпс, велика піввісь, ексцентриситет, парабола, гіпербола, експонента, логарифм, ймовірність тощо);

- фізичні (швидкість, прискорення, маса, сила, електричний заряд, температура, освітленість тощо);

- власне астрономічні (сузір'я, небесна сфера, небесний меридіан, екліптика, зоряний час, астероїд, білий карлик, пульсар тощо);

- хімічні (хімічні елементи, хімічні сполуки, відносна молекулярна маса тощо);

- географічні (широта, довгота, тропіки, полярні кола тощо);

- історичні (рік, століття, ера, епоха, античність, середньовіччя тощо).

Одним із недоліків сучасної школи є фрагментарність, відокремленість інформації, яку учні отримують під час вивчення окремих предметів. Понятійні системи цих предметів займають у свідомості учня свої окремі «ніші», які дуже часто не перетинаються [89, с. 54]. Особливістю курсу астрономії є те, що тут поняття, що входять до систем різних дисциплін, різних розділів математики, фізики, хімії тощо, функціонують в єдиній системі, розвиваючи та доповнюючи одне одного. В результаті навчання в учня має бути сформовано цілісне і адекватне сучасній науковій парадигмі уявлення про природничонаукову картину світу. Курс астрономії у цьому сенсі завершує природничонаукову освіту.

Важливішою особливістю переважної більшості астрономічних понять є їх ненаочність. Більшість об'єктів Всесвіту і явищ, що в ньому відбуваються, є недоступними чуттєвому сприйняттю студента, відсутні хоч які-небудь аналоги цих об'єктів і явищ не те що у повсякденному житті, а навіть у земних умовах [312]. Без підкріплення теорії астрономічними спостереженнями, лабораторними роботами, розв'язуванням астрономічних задач, без застосування нових інформаційних технологій (електронні планетарії, сучасні фото і відеоматеріали, отримані у тому числі і космічними апаратами, анімації, тощо) викладання матеріалу буде мати поверхневий, описовий характер. Отже, вивчення астрономії потребує добре розвиненого і образного, і аналітичного, абстрактного мислення. Це набуває особливої актуальності під час підготовки вчителя астрономії.

Астрономічні поняття, що вивчаються в шкільному курсі астрономії, можна розділити на поняття про:

- об'єкти (наприклад, планета, комета, метеороїд, метеорит, зоря, нейтронна зоря, чорна діра тощо);

- явища (прецесія земної осі, явище комети, метеор, сонячна пляма, сонячний спалах, спалах наднової, розширення Метагалактики тощо);

- процеси (народження зорі, протон-протонний цикл, утворення хімічних елементів тощо);

- астрономічні величини (пряме сходження, схилення, паралакс, зоряна величина, ефективна температура зорі, променева швидкість, стала Габбла тощо).

Крім того, є поняття, які неможливо віднести до жодної з цих груп. До таких належать, наприклад, траєкторія, відносність, дискретність. Можна сказати, що ці поняття відображають окремі властивості, сторони, аспекти, особливості астрономічних об'єктів і явищ. До цієї групи понять можна віднести математичні й фізичні поняття, що широко застосовуються в астрономії, оскільки математика й фізика відносно астрономії виступають у ролі мови астрономічної науки. До цієї ж групи можна також віднести хімічні, географічні, історичні та філософські поняття.

Серед різноманітних понять, що вивчаються в шкільному курсі астрономії (у ВНЗ так само), особливе місце займають моделі астрономічних об'єктів і процесів. Астрономія так само, як і фізика, є модельною наукою. Під моделлю, вслід за В.А. Штоффом, ми розуміємо таку «уявну або матеріально реалізовану систему, яка, відображаючи об'єкт

дослідження, здатна заміщати його таким чином, що її вивчення дає нам нову інформацію про цей об'єкт» [337, с. 19].

Моделювання як процес побудови уявної моделі астрономічного об'єкта і явища для їхнього дослідження і пояснення є необхідним етапом наукового пізнання. Нескінченний та неперервний матеріальний світ принципово не може вивчатися в усій своїй різноманітності одночасно. Наука досліджує окремі сторони, аспекти, властивості матеріального світу, що відображається у формі наукових абстракцій, наукових понять. Реальні об'єкти і явища в процесі пізнання замінюються уявними моделями або ідеалізованими об'єктами, що мають лише частину з нескінченного набору їхніх властивостей. Отже, в процесі пізнання нескінченність перетворюється в скінченність, неперервне в дискретне, складне спрощується [293]. Тому під час навчання астрономії учні фактично мають справу з моделями астрономічних об'єктів (моделлю Сонячної системи, моделлю внутрішньої будови Землі, моделлю комети, моделлю Сонця, білого карлика тощо) і явищ (моделлю метеора, сонячної плями, спалаху наднової).

Зазначимо, що у полі астрономічних понять можна ввести відношення ієрархічної супідрядності (як у біології: рід – вид). У процесі введення поняття менш загального використовують родо-видові визначення понять: указують найближчий рід поняття (тобто поняття більш загальне відносно нового поняття, що вводиться) і видові відмінності нового поняття [293]. Наприклад, поняття «мале тіло Сонячної системи» є родовим відносно видових понять: «комета», «астероїд», «метеороїд», водночас воно є видовим відносно родового поняття «Сонячна система».

Отже, під полем понять курсу астрономії розумітимемо певним чином організовану сукупність необхідних та достатніх понять, характерними особливостями якої є наявність ядра і периферії, ієрархічність, взаємозв'язок і взаємозалежність понять, що утворюють поле.

Відбір астрономічних понять, як і визначення змісту, структури і логіки побудови навчального предмету, являє собою специфічну проблему методики навчання астрономії, оскільки такий відбір автоматично не впливає з астрономічної науки [189, с. 71].

Принагідно зазначимо, що формування поля понять, як і змісту навчального предмета в цілому для загальноосвітніх навчальних закладів, має відбуватися з урахуванням того, наскільки успішно його зможуть засвоїти учні. При цьому, наприклад, О.О. Пономарьова [237] пропонує зважати на такі принципи:

- пізнавальна значимість і дидактична цінність поняття;
- приналежність поняття до однієї або кількох теоретичних систем курсу як їх елементу, пов'язаного з іншими системами;
- існування в науці аналогу дидактичного поняття;
- наявність адекватних поняттям матеріалізованих (знакових) форм їх вираження, зручних для оперування ними в навчальній діяльності;
- всебічне вивчення й багаторазове застосування поняття;
- урахування ролі поняття у вихованні та розвитку учнів.

Понятійне поле курсу астрономії будемо формувати в контексті фундаменталізації освіти, спираючись на Державний стандарт базової і повної середньої освіти [77; 78] і наявні на сьогодні навчальні програми з астрономії [92].

Слід зазначити, що аналогічних поглядів про обмеження кількості найважливіших астрономічних понять дотримується й вже згадуваний фахівець з методики навчання астрономії у середній школі Є.П. Левітан [189]. Проте підвищення ефективності і якості навчального процесу в умовах швидкого зростання астрономічної інформації та дефіциту часу, що відводиться на її вивчення, він пов'язує з оптимізацією навчання. Одним із шляхів оптимізації є, на погляд Є.П. Левітана, генералізація навчального матеріалу. До головних понять він відносить наступні: «зоря», «планета», «комета», «астероїд», «метеорит», «Сонячна система», «фаза Місяця», «затемнення», «Галактика», «галактики»,

«астрономія», «маса небесного тіла», «телескоп» [189, с. 72].

У зв'язку з цим Є.П. Левітан також пише: «... видається у багатьох відношеннях перспективним такий підхід до розкриття астрономічної картини світу, за якого особлива увага приділяється аналізу крупних «пізнавальних блоків», що охоплюють просторово-системні поняття (Сонячна система, зоряні системи різної складності). або, наприклад, класифікацію небесних тіл за їх основними фізичними характеристиками (масою, розмірами, температурою, хімічним складом тощо) [189, с. 72].

Нещодавно свій варіант генералізації навчального матеріалу курсу астрономії для середньої школи запропонував один із авторів першого підручника з астрономії для ЗНЗ І. П. Крячко [126]. Причому зробив він це для трьох рівнів: рівня стандарту, академічного та профільного. Не в усьому можна погодитись як з І.П. Крячко, так і з Є.П. Левітаном, і ми пропонуємо свій варіант визначення головних базових понять (за Крячко – інваріантів або вузлових точок [126]) курсу астрономії.

2.2.2. Ядро поля понять

Визначимо спочатку головні базові поняття, які утворюють «фундаментальне ядро» поля, і на яких, на нашу думку, передусім слід зосередитися під час вивчення астрономії у середній школі. До головних ми відносимо такі поняття:

- мале космічне тіло (комета, астероїд, метеороїд);
- планета;
- зоря;
- галактика;
- Метагалактика.

Усі ці поняття є надзвичайно змістовними, системотвірними, методологічно важливими, значущими. Вони позначають найголовніші об'єкти Всесвіту. Прокоментуємо коротко зміст і об'єм кожного з них і обґрунтуємо їх пріоритет.

Мале космічне тіло. 1. Як уже згадувалось (див. розділ 1.2) відкривають неперервний ряд космічних тіл за масою, якщо розглядати його у порядку зростання маси, саме малі космічні тіла: комети, метеороїди, астероїди. Через невелику масу малих космічних тіл (< 1021 кг) їх самогравітація не перевищує твердотільні сили і, отже, по-перше, ці тіла не в змозі прийняти гідростатично врівноважену (близьку до сферичної) форму, по-друге, вони, за винятком комет, не еволюціонують (наприклад, усередині внаслідок гравітаційної диференціації речовини [177], коли важчі хімічні елементи і сполуки опускаються до центра космічного тіла, а легші – спливають до поверхні). Ядра комет еволюціонують шляхом випаровування речовини лише під час наближення до Сонця.

2. Комети (після затемнень Сонця й Місяця) – найефектніші об'єкти на небі (до цього списку можна додати ще явище боліду), і освічена людина повинна знати, який об'єкт вона іноді спостерігає на небі (адже ми живемо не у середньовіччі, коли люди жахалися «хвостатих зір»).

3. Ці космічні тіла відіграли величезну роль у розвитку наших уявлень про Сонячну систему, розвитку астрономії та науки взагалі (наприклад, перше в історії передбачення появи на небі комети Галлея у 1758 р. було єдиним на той час переконливим доказом правильності й універсальності закону всесвітнього тяжіння). Історія спостережень яскравих комет є невід'ємною складовою історії нашої цивілізації, нашої культури [146] (див. підрозділ 5.3).

4. За сучасними уявленнями кометні ядра та астероїди є тим будівельним матеріалом («будівельним сміттям»), що залишився після утворення планет Сонячної системи. Але це «сміття» уможливило дослідження ранньої історії Сонячної системи.

5. І останнє, за порядком, однак не за важливістю. Існує ймовірність зіткнень кометних ядер і астероїдів із Землею. Наприкінці ХХ століття (фактично після спостережень падіння уламків комети Шумейкерів-Леві на Юпітер у 1994 р.) прийшло

усвідомлення реальної загрози з космосу. Загальноприйнятою стала версія загибелі динозаврів 65 млн. років тому в результаті зіткнення Землі з 10-кілометровим астероїдом. Нині проблемі кометно-астероїдної небезпеки приділяється багато уваги, вона стала обов'язковим компонентом астрономічної освіти.

Планета. 1. Слідом за Сонцем і Місяцем найяскравішими об'єктами на небі є саме планети: Венера, Юпітер, Марс, Меркурій (у порядку спадання блиску; і лише після деяких найяскравіших зір йде Сатурн). І знову ж таки, освічена людина має знати, які планети вона може спостерігати на небі неозброєним оком.

2. Спостереження за планетами, дослідження їх руху дало змогу визначити будову Сонячної системи, закласти основи небесної та класичної механіки.

3. Ми живемо на одній із планет. За новою класифікацією в Сонячній системі налічується тепер 8 класичних планет, у тому числі 4 планети земної групи (Меркурій, Венера, Земля і Марс), 4 планети-гіганта (Юпітер, Сатурн, Уран і Нептун), 5 карликових планет (Церера, Плутон, Хаумеа, Макемаке та Еріда) і 8 кандидатів у карликові планети.

Маси планет перебувають у межах: (див. підрозділ 5.2). Здоровий глузд підказує, що потрібно знати необхідні й достатні умови нашого існування на планеті Земля. Адже наші найближчі сусіди по Сонячній системі – Венера і Марс – на сьогодні повністю не придатні для життя. Чим це визначається, від яких параметрів планети, її орбітальних і фізичних характеристик залежить? Відповіді на ці запитання знає сучасна астрономія.

4. Після виявлення великої кількості планет в інших зір (екзопланет) стало зрозумілим, що це, мабуть, найчисленніші об'єкти (із достатньо великих) у Всесвіті.

5. Існування в планетах твердої та рідкої фаз речовини у широкому діапазоні температур і тисків зумовлює не тільки величезну різноманітність фізичних явищ та процесів, а й перебіг різних хімічних процесів, таких як, наприклад, утворення природних хімічних сполук – мінералів. На жодних космічних тілах немає такого розмаїття хімічних сполук, як на планетах (наприклад, на Землі відкрито понад 2000 мінералів). Проте на них можуть відбуватися не тільки фізичні та хімічні процеси, а, й, як свідчить приклад Землі, біологічні та соціальні. Отже, планети грають особливу роль в еволюції матерії у Всесвіті. Саме завдяки існуванню планет у Всесвіті відбувається перехід від фізичної форми руху матерії до хімічної, біологічної, соціальної, цивілізаційної. Планети – це «база для розвитку вищих форм руху матерії» [7].

Зоря. 1. Зорі – наймасивніші із відомих космічних тіл. Це газові кулі, які складаються переважно з Гідрогену та Гелію (причому Гідрогену в них десь утричі більше), і всередині яких відбуваються ядерні реакції (йдеться про нормальні зорі, а не їх кінцеві стадії еволюції: білі карлики, нейтронні зорі, чорні діри). Нині вважають, що мінімальна маса зір, яка зумовлена ефективним початком термоядерних реакцій перетворення Гідрогену в Гелій (так званий протон-протонний цикл), становить приблизно $0,1m$ (m – маса Сонця). Верхня межа за масою приблизно дорівнює $102m$.

Видатний астрофізик І.С. Шкловський у передмові до своєї відомої монографії про зорі [333, с. 11] писав: «Якщо задати наївне дитяче запитання, які з космічних об'єктів «найголовніші», я, не вагаючись, відповім: зорі. Чому? Ну, хоча б тому, що 97% речовини нашої Галактики зосереджено в зорях». І далі, «...переважна частина речовини у Всесвіті зосереджена в ... зорях». Зазначимо, за сучасними уявленнями правильно було б казати: 97% від видимої матерії Галактики. І.С. Шкловському тоді було не відоме кількісне співвідношення між видимою та темною матерією, не кажучи вже про темну енергію, виявлену лише в 1998 р.

2. Слідуючи за І.С. Шкловським, наводимо наступний аргумент: еволюція речовини Всесвіту відбувалася і відбувається переважно в надрах зір. «Саме там розміщувався (і розміщується) той «плавильний тигель», що зумовив хімічну еволюцію речовини у Всесвіті, збагативши його важкими елементами» [333, с. 11]. Нагадаємо, що утворення всіх хімічних елементів, які трапляються у природі, і важчих від Гідрогену і Гелію,

відбулося виключно завдяки зорям шляхом ядерних перетворень або в їх надрах (до Феруму включно), або під час спалахів наднових (важчих за Ферум).

3. У світі зір спостерігається величезна різноманітність явищ, що виявляють себе в усіх діапазонах довжин хвиль. Карлики і надгіганти, червоні і блакитні, рентгенівські зорі, барстери, пульсари, нові та наднові зорі, цефеїди і, нарешті, «просто «звичайні», нічим, здавалось би, не примітні зорі – чи це не диво природи! Щоб якоюсь мірою зрозуміти, що таке Всесвіт, потрібно передусім знати, що таке зорі й як вони еволюціонують» [333, с. 12].

4. Сонце – найближча до нас зоря. З одного боку, воно є природним постачальником світла і теплоти, без чого життя на планеті Земля було б неможливим. З іншого боку, ультрафіолетове випромінювання Сонця, сонячна активність, сонячні спалахи, магнітні бурі, що вони їх спричиняють, становлять певну загрозу життю і здоров'ю людини, і тому про все це потрібно знати. Як виробляється енергія на Сонці, скільки йому «жити», чи не може Сонце спалахнути як наднова зоря, яке взагалі майбутнє у нашого світила? Відповіді на ці життєво важливі для нашої цивілізації запитання дає сучасна астрономія.

5. А «зоряне небо над головою» (за І Кантом: «Дві речі наповнюють душу завжди новим і все сильнішим здивуванням та благоговінням, чим частіше і триваліше ми розмірковуємо про них, – це зоряне небо наді мною і моральний закон у мені» [339, с. 7])? Воно ввійшло невід'ємною складовою в літературу, живопис, навіть музику, стало певним атрибутом нашої культури. А ці дивовижні сузір'я, їх загадкові назви, так само як і назви зір? Перші письмові згадування про деякі відомі сузір'я містить «Одіссея» Гомера, і багато персонажів, наприклад, грецької міфології збереглися на небі в назвах сузір'їв (вже згадувана книжка П.В. Щеглова так і називається: «Відображені в небі міфи Землі» [338]).

Слід зазначити, що між планетами і зорями за масою існує проміжний клас об'єктів, які називають субзорями або коричневими карликами. Субзорі – це газові кулі, але в них так і не розпочався протон-протонний цикл унаслідок їх меншої порівняно із зорями маси, а отже, й меншої температури всередині. Діапазон мас, в яких за сучасними уявленнями існують коричневі карлики становить приблизно $0,01m - 0,1m$ ($1028 \text{ кг} < m < 1029 \text{ кг}$). Проте, на нашу думку, поняття субзорі дещо передчасно оголошувати базовим поняттям, оскільки, це достатньо нові для астрономії об'єкти, їх поки виявлено невелику кількість (хоча їх і не може бути багато через малий діапазон мас, в якому вони існують), тому немає достатніх підстав віднести їх до найголовніших об'єктів Всесвіту.

Галактика. 1. Сонячна система розташована в одній із галактик, яку ми називаємо Молочним Шляхом. Біла смуга, яку добре видно влітку безмісячної ночі, є одним із спіральних рукавів нашої Галактики, що спостерігається зсередини. Це наш «зоряний дім» у Всесвіті.

2. Наша Галактика, як ми тепер розуміємо, є типовою спіральною галактикою з відкритими спіралями і, можливо, перемичкою. «Населення» становить приблизно 400 мільярдів зір, причому майже половина з них входить до складу подвійних та кратних систем. Зорі в Галактиці утворюють системи й більшої складності – розсіяні та кулясті скупчення, асоціації (див. стрижневу ідею ієрархічності).

3. На початку 20-х років ХХ століття завдяки введенню в дію найбільшого на той час телескопа (діаметр дзеркала – 2,5 м) Едвіном Габблом було зроблене фундаментальне відкриття: Всесвіт складається з велетенських зоряних систем – галактик. За сучасними уявленнями галактики є головними структурними елементами Всесвіту, його «цеглинками».

4. Завдяки галактикам, а саме виявленню червоного зміщення в їх спектрах, також Е. Габблом було зроблене інше фундаментальне відкриття – Всесвіт розширюється. Згодом був встановлений і закон цього розширення, в якому швидкість віддалення будь-якої галактики прямо пропорційна відстані до неї (закон Габбла).

5. На сьогодні в доступній спостереженням частині Всесвіту налічується ~ 1011 галактик. Це величезний світ – від так званих карликових галактик до велетенських

спіральних (як Туманність Андромеди) та еліптичних. Вони містять різну кількість зір і газу, мають різний вік, форму та ін. Галактики утворюють групи, скупчення і надскупчення (знову ж таки, ілюстрація ієрархічності Всесвіту), що і становить структуру наступної велетенської системи – Метагалактики.

Метагалактика. 1. Метагалактикою називають спостережувану частину Всесвіту. І тому дуже часто, коли вживають слово «Всесвіт», коректніше було б користуватися терміном «Метагалактика». Це найбільша система (частина системи), яку ми спостерігаємо і в якій ми перебуваємо. В свою чергу, під Всесвітом розуміють «весь існуючий матеріальний світ, безмежний у часі й просторі й нескінченно різноманітний за формами, що набуває матерія в процесі свого розвитку» [27].

2. Метагалактика має певну великомасштабну структуру у вигляді тривимірної сітки, що її утворюють галактики та їх скупчення, з характерним розміром комірок у цій сітці ~ 100 Мпк. У більших масштабах наш світ може вважатися однорідним та ізотропним. Нинішня структура і склад Метагалактики мають глибоко еволюційну природу й різні фрагменти сучасної астрономічної картини світу з'єднуються між собою послідовними генетичними зв'язками [3] (див. стрижневу ідею еволюції).

3. Найбільш грандіозним виявом еволюціонізму в сучасній астрономії є, на думку Ю.В. Александрова та ін. [2], ідея нестационарного, еволюціонуючого (еволюція метричних властивостей) Всесвіту. Розширення Метагалактики, виявлене через спостереження галактик, – нетривіальне явище. Це не просто розлітання галактик – це розширення простору. Його фактично передбачив О.О. Фрідман у наукових працях 1922–1924 рр. всупереч існуючим тоді поглядам про статичний Всесвіт (цих поглядів додержувався й А. Ейнштейн) і остаточно підтвердив спостереженнями Е. Габбл у 1929 р. Метагалактика розширюється внаслідок особливостей свого утворення шляхом так званого Великого Вибуху, який відбувся близько 14 млрд. років тому. І майже до кінця ХХ століття вважали, що залежно від середньої густини Метагалактики (яка визначає і її геометрію) можливі тільки три сценарії цього розширення: розширення з таким уповільненням, що призводить до зупинки і подальшого стискання (повернення до вихідного стану – варіант «пульсуючого Всесвіту»); розширення з таким уповільненням, яке призведе до зупинки «на нескінченності» (тобто через час набагато більший, ніж час існування Метагалактики); і, нарешті, розширення з таким слабким уповільненням, що зупинки не буде ніколи («вічне розширення»).

Але наприкінці ХХ століття було зроблено відкриття, значущість якого важко переоцінити. Виявилось, що розширення аж ніяк не уповільнюється, а навпаки – прискорюється! Це може бути тільки за умови існування антигравітації. Наявність антигравітації пов'язують з існуванням незвичного виду енергії – «темної енергії». І цієї енергії у Метагалактиці набагато більше ніж усіх відомих видів. Те, що ми спостерігаємо (планети, зорі, галактики), становить не більше 5% від існуючого.

4. З поняттям Метагалактики безпосередньо пов'язані відповіді на такі «дитячі» і зовсім «недитячі» запитання: «Чому вночі темно?» (Відомий фотометричний парадокс Шезо–Ольберса.) «Чому результат розрахунку сили, що діє на тіло з боку речовини нескінченного Всесвіту, є неоднозначним і залежить від способу обчислення?» (Гравітаційний парадокс Неймана–Зеєлігера.) «Чому в нескінченному в часі Всесвіті досі не настала так звана теплова смерть?» (Термодинамічний парадокс Клаузіуса–Томсона.) «Чому у великих масштабах Всесвіт однорідний та ізотропний, адже в ньому є ділянки, які настільки віддалені одна від одної, що жодний сигнал (його швидкість не може перевищувати швидкість світла) не міг подолати відстань між цими ділянками за час, що минув від початку його розширення?» (Парадокс горизонту) тощо.

5. Поняття Метагалактики цілком природно передбачає й з'ясування походження спостережуваного світу. Проблема походження нашого Всесвіту є, мабуть, найскладнішою в науці взагалі. Вивчення цієї проблеми має величезне світоглядне значення.

«Надзвичайно цікаві пізнавальні процеси, що відбуваються на стику фізики надвисоких енергій та космології раннього Всесвіту, мають велике значення не тільки для фізики та астрономії, а й для уявлень людини про навколишній світ у цілому, для всієї людської культури» [2]. Ранній етап еволюції Метагалактики потребує розробки єдиної теорії взаємодій (нездійсненна мрія А. Ейнштейна). Водночас ті наслідки фізичних процесів раннього Всесвіту, що нині спостерігаються, – це єдина можливість перевірки цієї теорії. Результати, що вже отримані, свідчать про те, що найбільш загальні та глибинні властивості нашого світу – його фундаментальні фізичні властивості (тривимірність простору, кількість фундаментальних взаємодій та значення констант, що їх характеризують, співвідношення мас електрона, протона й нейтрона) – вже не достатньо розглядати як просто сукупність емпіричних фактів. Стало зрозуміло, що ці властивості не можуть бути довільними й навіть перебувати в певних межах, а мають бути відповідним чином збалансовані між собою. Цей величезного загальнонаукового та світоглядного значення висновок дістав назву антропного принципу (див. стрижневу ідею єдності людини і Всесвіту і підрозділ 4.3).

Послідовне застосування антропного принципу підводить до висновку, що «наш Всесвіт» може бути не єдиним. Вже декілька десятків років розвивається ідея «ансамблю світів» («мультиверсу») – всесвітів з різними фундаментальними властивостями, в одному з яких існуємо ми.

Обґрунтоване виокремлення головних базових понять, які утворюють фундаментальне ядро понятійного поля, подано в роботах [157; 173] і монографії [154] автора.

2.2.3. Периферія поля понять

Нагадаємо, що периферія понятійного поля складається з групи понять допоміжного, службового характеру.

Периферію макроструктури базового понятійного поля курсу астрономії утворюють, на нашу думку, такі допоміжні поняття:

- шкала відстаней;
- небесна сфера;
- час;
- телескоп.

Прокоментуємо кожне з них і обґрунтуємо їхній службовий характер.

Шкала відстаней. Астрономія, мабуть, єдина сфера людської діяльності, у якій простір і час дійсно часто перебувають у нерозривній єдності. Саме астрономія визначає ті практичні просторово-часові співвідношення, масштаби, якими користується сучасна цивілізація.

Для просторових вимірювань в астрономії застосовують специфічні одиниці: астрономічну одиницю, світловий рік, парсек (та його похідні – кілопарсек, мегапарсек). Використання цих одиниць зумовлене зручністю і наочністю, адже відстань до найближчого космічного тіла – Місяця становить близько 400 000 км, до Сонця – вже близько 150 мільйонів кілометрів, а до найближчої зорі – км. Користуватися такими великими числами, особливо для галактичних і позагалактичних об'єктів, незручно й недоцільно, а щодо наочності – годі й казати. Особистий досвід автора показує, що переважній більшості учнів (і у меншій мірі студентів) великий показник степеня n при запису числа у формі $a \cdot 10^n$ не те, що не вражає, а просто нічого не говорить.

Тому на першому ж занятті, розглядаючи масштаби Всесвіту, потрібно ввести поняття «астрономічна одиниця» і «світловий рік». Причому, на відміну від авторів книги для вчителя [2], ми вважаємо, що одиниця «світловий рік» – прерогатива не тільки популярної літератури. Це дуже наочна одиниця відстані не лише для учнів, а й для студентів: наприклад, щоб поширитися світлу від Сонця до нас, необхідно приблизно 8 хвилин, до Нептуна – 4 години, від найближчої зорі до нас – понад 4 роки, від Туманності Андромеди – 2,2 млн років і т. д. Парсек доцільно вводити під час вивчення спостережуваних характеристик зір, а саме відстаней до них, які базуються на вимірюванні річних паралаксів (парсек походить від скорочення й об'єднання двох слів: паралакс, секунда).

Використання астрономічних шкал відстаней полегшує, спрощує навчання астрономії, робить його більш наочним. До того, ж ці шкали використовує й наука астрономія. Проте вони не є інваріантним знанням, оскільки одиниці відстані, незважаючи на їхню логічність, могли б бути іншими.

Небесна сфера. І.П. Крячко [126] відносить це поняття до найголовніших. За його словами, небесна сфера – це «місце подій», «своєрідна сцена», на якій відбуваються «всі явища і процеси, що перебувають у колі інтересів астрономії». З цим важко погодитись. Адже це поняття використовують виключно для зручності. «Уявна сфера довільного радіусу» дає змогу формально ввести небесні координати, а деякі точки і лінії небесної сфери (зеніт, полюс світу, небесний меридіан, горизонт) роблять зручнішими, наприклад, орієнтацію на зоряному небі та вимірювання часу. Проте, по-перше, під час навчання на рівні стандарту, якому відповідає підручник М.П. Пришляка [241], ці небесні координати ніде в подальшому не використовуються, після введення вони більше не трапляються в тексті підручника. На думку Є.П. Левітана, поняття, які, будучи введені, «не працюють» у подальшому процесі навчання, і знання яких не є обов'язковим для учнів, є взагалі «зайвими» [189, с. 71]. До того ж, Є.П. Левітан – автор кількох підручників з астрономії, в двох із них повністю обійшовся без поняття «небесна сфера» [189].

По-друге, для вивчення та пояснення астрономічних явищ (наприклад, явища комети, плями або спалаху на Сонці, явища пульсара чи спалаху наднової зорі, розширення Всесвіту) зовсім не потрібна «сцена». Теж саме стосується й будь-яких процесів: наприклад, процесу народження зорі або утворення чорної діри.

Отже, поняття «небесна сфера» має виключно допоміжний, службовий характер, а під час спрощеного викладання астрономії (наприклад, на рівні стандарту) без нього можна взагалі обійтись.

До того ж анкетування вчителів на курсах підвищення кваліфікації, що проводилось нами протягом двох років, виявило, що 62% опитаних (103 особи) на запитання «Які теми (розділи) Ви вважаєте найскладнішими?» відповіли: «Небесна сфера» і «Небесні координати».

Важко на сьогодні передбачити, чи збережеться з поверненням до одинадцятирічної школи запланована кількість годин для рівня стандарту (35 год.). Скоріше за все, ні. У разі ж повернення до 17 годин необхідно, на нашу думку, переставити тему «Точки і лінії небесної сфери» на академічний рівень, а «Небесні координати» взагалі на профільний.

Час. Якби поняття «час» визначалось у курсах астрономії, то його слід було б віднести до найголовніших. Але з визначенням цього поняття існують певні труднощі [178] (див. також підрозділ 5.1). Тому, мабуть, його не визначають ні в загальному, ні в теоретичному курсах фізики. А роль астрономії зводиться фактично до вимірювання часу, визначення різних шкал вимірювання (зоряний та сонячний час) і систем відліку часу (всесвітній, місцевий, поясний).

Безумовно, важливим для освіченої людини є розуміння того, який час показує його годинник, чому сьогодні на дворі саме таке число такого місяця 2012 року (астрономічні основи календаря). Календар взагалі давно став невід'ємною частиною нашої культури. Ми розуміємо, що всі астрономічні явища і процеси перебігають у часі, відбувається еволюція (зміна параметрів з часом) космічних тіл, Всесвіту в цілому. Але все ж таки, оскільки саме поняття часу не визначається в астрономії, а тільки використовується, то фактично воно грає службову роль. Шкали вимірювання і системи відліку часу, на нашу думку, не відносяться до категорії тих знань, які, за словами Є.П.

Левітана, об'єднуються визначенням «чого сьогодні не можна не знати про Всесвіт» [189, с. 78].

Телескоп. Телескоп – це головний інструмент астронома. Його поява у 1609 р. (Г. Галілей) спричинила справжню революцію в астрономії та науці взагалі. Без телескопів неможливо було б з'ясувати природу, будову та еволюцію космічних тіл та їх систем, здобути всі ті результати, якими можуть пишатися сучасні астрономи. Тому цьому інструменту потрібно віддати належне, вивчаючи класичні схеми рефракторів та рефлекторів, сучасні досягнення в телескопобудуванні, результатом яких є поява значної кількості великих (діаметра 8-10 метрів) телескопів і космічних обсерваторій. Ще краще, якщо вдасться провести спостереження за допомогою телескопа.

Незважаючи на все це, ми наголошуємо: телескоп є лише інструментом, засобом досягнення мети. А мета – це знання про Всесвіт, його складові, про місце людини у Всесвіті тощо. Телескопи ж вивчають для того, щоб зрозуміти, як можна спостерігати й досліджувати небесні об'єкти.

Обґрунтованому виокремленню периферії понятійного поля середньої астрономічної освіти присвячена робота [174] і підрозділ монографії [154] автора.

Виконаний відбір понять передбачає вдосконалення структури і змісту курсу астрономії.

2.4. Структура і зміст курсів астрономії в сучасній школі

2.4.1. Зміст загальноосвітнього курсу астрономії для рівня стандарту

На сьогодні існує кілька дидактичних концепцій відбору змісту освіти. Ми дотримуємось культурологічної концепції у поєднанні з принципом фундаменталізації. Згідно з цією концепцією, яку свого часу запропонували М.М. Скаткін, В.В. Краєвський та І.Я. Лернер, освіту розглядають як засвоєння особистістю елементів культури: досвіду пізнавальної діяльності (знання), досвіду репродуктивної діяльності (вміння і навички), творчої діяльності і досвіду емоційно-ціннісного ставлення до світу, себе, власної діяльності [122 ; 127; 229; 293].

Зміст курсу астрономії обов'язково має відображати стан розвитку астрономії як науки. Водночас, згідно з правилами дидактики, будь який навчальний предмет не є дзеркальним відбиттям відповідної науки, її зменшеною копією. Автори культурологічної концепції відбору змісту освіти зазначають, що «головним орієнтиром для розробки навчального предмета буде не логіка науки, а логіка навчального процесу, в першу чергу – умови перебігу й закономірності процесу навчання» [123].

Ми поділяємо думку І.П. Крячка [127], що оптимальним є підхід, за якого в навчальному предметі будуть збалансовані як логіка науки, так і логіка педагогічного процесу. Ми також погоджуємося з І.П. Крячком в тому, що зміст навчального матеріалу на рівнях стандарту й академічному має забезпечувати загальнокультурне, світоглядне спрямування курсу астрономії, формувати у свідомості учня цілісну астрономічну картину світу (як частину загальнонаукової).

Власні результати переструктурування, визначення оптимальної послідовності вивчення матеріалу і виокремлення базових понять курсу астрономії для рівнів стандарту та академічного представлені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Основний зміст курсу астрономії

Зміст навчального матеріалу	Рівень стандарту	Академічний рівень
1	2	3
Вступ		
Поняття	Астрономічна одиниця; астрономія; Всесвіт; галактика; світловий рік; Сонячна система	Астрофізика
Розділ 1. Основи практичної астрономії		
Поняття	Високосний рік; всесвітній час; день весняного (осіннього) рівнодення; день літнього (зимового) сонцестояння; зодіак; календар	Вісь світу; екліптика; ера; зеніт; зоряний час; кульмінація світила; літочислення; математичний горизонт; місячний місяць; місячний календар;

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
	(юліанський, григоріанський); лінія зміни дати; місцевий час; небесна сфера; поясний час; сонячна доба; сузір'я; тропічний рік	небесний екватор; небесний меридіан; полюс світу; прямовисна лінія; сонячний час
Явища	Добовий рух небесних світил; зміна сезонів року	
Формули, співвідношення і рівняння	Формула зв'язку між всесвітнім і поясним часом	Формула зв'язку між всесвітнім і місцевим сонячним часом
Розділ 2. Сонячна система		
Поняття	Астероїд; головний пояс астероїдів; екзопланета; кільця навколо планет; комета; метеороїд; метеорит; планета; карликова планета; супутник планети	Афелій, апогей; астроблема; велика піввісь; ексцентриситет; конфігурація планети; планета земної групи; планета-гігант; перигелій, перигей; протистояння; сидеричний період; синодичний період; сполучення; ядро і хвіст комети
Явища	Сонячне та місячне затемнення; метеор	Болід; «парад планет»
Формули, співвідношення і рівняння		Рівняння синодичного руху
Закони і закономірності	Закон всесвітнього тяжіння	Закони Кеплера
Розділ 3. Основи практичної астрофізики		
Поняття	Рефлектор; рефрактор; телескоп (оптичний, радіотелескоп)	Зоряна величина; збільшення телескопа; роздільна здатність; спектральний аналіз; спектр випромінювання
Формули, співвідношення і рівняння		Формула для збільшення телескопа; формула Погсона
Закони і закономірності		Ефект Доплера
Розділ 4. Зорі		
Поняття		

	Білий карлик; зоря; корона; надгігант; наднова зоря;	Гравітаційний колапс; діаграма Герцшпрунга-Рессела;
--	--	---

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
	нейтронна зоря; протуберанець; сонячна пляма; туманність; червоний гігант; чорна діра	головна послідовність; ефективна температура; змінна зоря; зона променистого перенесення; конвективна зона; паралакс; парсек; протозоря; пульсар; світність; сингулярність; сонячний вітер; спектральний клас; фотосфера; ядро зорі
Явища	Протуберанець; сонячна активність; сонячна пляма; спалах наднової	Спалах на Сонці; фотосферна грануляція
Формули, співвідношення і рівняння		Формула для визначення відстані до зорі
Теорії		Теорія будови та еволюції зір

Розділ 5. Галактики

Поняття	Зоряне скупчення (розсіяне, кулясте); Галактика «Молочний шлях»; галактичний рік; галактичне ядро; спіральна галактика	Бар; еліптична галактика; камертонна діаграма Габбла; квазар; лінзоподібна галактика; міжзоряне середовище; неправильна галактика
---------	--	---

Розділ 6. Метагалактика

Поняття	Вік Метагалактики; Метагалактика; однорідність та ізотропія Метагалактики; походження Метагалактики; проблема SETI; реліктове випромінювання; стала Габбла	Великомасштабна структура Метагалактики; еволюція Метагалактики; Місцева група галактик; скупчення і надскупчення галактик; «темна» енергія; темна матерія («прихована маса»); червоне зміщення
Явища	Розширення Метагалактики	Прискорення розширення Метагалактики
Принципи		Антропний принцип
Закони і закономірності	Закон Габбла	

Теорії	Великого Вибуху	
--------	-----------------	--

Зазначимо, що вищий рівень у цій таблиці обов'язково включає зміст навчального матеріалу нижчого рівня, а наведені закони згадуються лише один раз – перший, проте це не означає, що вони не можуть використовуватись в наступних розділах (наприклад, очевидно, що закон всесвітнього тяжіння діє не тільки в Сонячній системі, а й в Галактиці та Метагалактиці).

2.4.2. Зміст курсу астрономії для профільного рівня

Зрозуміло, що профільний рівень передбачає поглиблене вивчення астрономії. В контексті фундаменталізації навчання ми пропонуємо це зробити на основі підсилення фактологічної і методологічної сторін вивчення предмету, не забуваючи про світоглядну і культурологічну складові.

Таблиця 2.2

Основний зміст курсу астрономії (профільний рівень)

Зміст навчального матеріалу	Профільний рівень
1	2
Вступ	
Поняття	Астрометрія; астрономічна одиниця; астрономія; астрофізика; Всесвіт; галактика; космогонія; космологія; небесна механіка; світловий рік; Сонячна система
Розділ 1. Основи практичної астрономії	
Поняття	Азимут світила; атмосферна рефракція; високосний рік; висота світила; вісь світу; всесвітній час; горизонтальна система координат; день весняного (осіннього) рівнодення; день літнього (зимового) сонцестояння; екваторіальна система координат; екліптика; ера; зеніт; зодіак; зоряна доба; зоряний рік; зоряний час; календар (місячний, сонячний: юліанський, григоріанський); кульмінація світила; лінія зміни дати; літочислення; математичний горизонт; місцевий час; місячний місяць; небесна сфера; небесний екватор; небесний меридіан; небесні координати; північне і південне полярні кола; полюс світу; полярний день; полярна ніч; поясний час; прецесія; пряме сходження; прямовисна лінія; сонячна доба; сонячний час; сузір'я; схилення; точка весняного (осіннього) рівнодення; точка півночі (півдня, сходу, заходу); тропіки Рака і Козорога; тропічний рік
<i>Продовження таблиці 2.2</i>	
Явища	Білі ночі; добовий рух небесних світил; зміна сезонів року; прецесія земної осі; присмерки
Формули, співвідношенн	<i>Формули:</i> зв'язку між всесвітнім і місцевим сонячним часом, між всесвітнім і поясним часом

я і рівняння	
Теореми	Теорема про висоту полюсу світу над горизонтом
Розділ 2. Сонячна система	
Поняття	Астероїд; астероїдна небезпека; астроблема; атмосфера; афелій; апогей; велика піввісь; внутрішня будова планети (ядро, мантія, кора); геостаціонарний супутник; гідросфера; головний пояс астероїдів; гравітаційна диференціація; геоцентрична та геліоцентрична моделі Сонячної системи; друга космічна швидкість; екзопланета; ексцентриситет; зона існування; кільця навколо планет; колова швидкість; комета; конфігурація планети; магнітосфера; межа Роша; метеор; метеорит; метеороїд; парниковий ефект; перигелій, перигей; перша космічна швидкість; планета (класична, карликова); планета земної групи; планета-гігант; пояс Койпера; припливна взаємодія; припливна сила; протистояння; сидеричний період; синодичний період; синхронне обертання; сонячна стала; сонячний вітер; сполучення (верхнє, нижнє); супутник планети; хмара Оорта; ядро і хвіст комети
Явища	Болід; метеор; «парад планет»; парниковий ефект; припливи; «Тунгуський метеорит»; сонячне та місячне затемнення
Формули, співвідношення і рівняння	<i>Формули:</i> для колової та першої космічної швидкостей, параболічної та другої космічної швидкостей, перигелійної та афелійної відстаней космічного тіла, припливної сили; зв'язку між частотою сонячних діб, осьюовою та орбітальною частотами обертання планети; <i>рівняння синодичного руху</i>
Теореми	Теорема віріала
Закони і закономірності	Закон всесвітнього тяжіння; закон збереження моменту імпульсу; закони Кеплера; правило Тіціуса-Боде і інші закономірності у Сонячній системі
Розділ 3. Основи практичної астрофізики	
Поняття	Абсолютно чорне тіло; збільшення телескопа; зоряна величина; інфрачервоний телескоп; ПЗЗ-матриця; радіотелескоп; рентгенівський телескоп; рефлектор; рефрактор; роздільна здатність; спектр випромінювання; спектральний аналіз; телескоп

Продовження таблиці 2.2

1	2
Формули, співвідношення і рівняння	<i>Формули:</i> для збільшення телескопа, роздільної здатності і проникної сили телескопа; формула Погсона

Закони і закономірності	Ефект Доплера; закон Вебера-Фехнера; закон Віна; закон Стефана-Больцмана
Розділ 4. Зорі	
Поняття	Абсолютна зоряна величина; акреція; білий карлик; гідростатична рівновага; головна послідовність; гравітаційний колапс; гравітаційний радіус; діаграма Герцшпрунга-Рессела; ефективна температура; змінна зоря; зона променистого перенесення; зоря; карбоно-оксигеновий цикл; клас світності; конвективна зона; коричневий карлик; корона; крива блиску; кутовий діаметр зорі; межа Чандрасекара; надгігант; наднова зоря; нейтринний детектор; нейтронна зоря; нова зоря; паралакс; парсек; подвійна зоря (візуально–, затемнювано–, спектрально–); протозоря; протон-протонний цикл; протуберанець; пульсар; світність; сингулярність; сонячна пляма; сонячна стала; спектральний клас; туманність (планетарна, волокниста); фотосфера; цефеїда; червоний гігант; чорна діра; ядро зорі
Явища	Протуберанець; сонячна активність; сонячна пляма; спалах наднової; спалах на Сонці; фотосферна грануляція; явище нової зорі
Формули, співвідношення і рівняння	<i>Формули:</i> для визначення відстані до зорі; для власної гравітаційної енергії зорі; для гравітаційного радіуса; зв'язку між світністю, радіусом та ефективною температурою зорі, між сонячною сталою і світністю Сонця; <i>співвідношення:</i> між видимою та абсолютною зоряними величинами
Закони і закономірності	Період-світність і період-середня густина для цефеїд; співвідношення маса-світність
Теорії	Теорія будови та еволюції зір; теорія походження хімічних елементів
Розділ 5. Галактики	
Поняття	Бар; взаємодіючі галактики; власний рух зорі; Галактика «Молочний шлях»; галактичне ядро; галактичний рік; гало, диск і корона Галактики; еліптична галактика; зоряне скупчення (розсіяне, кулясте); камертонна діаграма Габбла; квазар; лінзоподібна галактика; міжзоряне середовище; неправильна галактика; обертання Галактики; променева та просторова швидкості зорі; спіральна галактика
<i>Продовження таблиці 2.2</i>	
1	2
Формули, співвідношення і рівняння	Формули для визначення променевої та просторової швидкостей зорі

Теорії	Теорія хвиль густини
Розділ 6. Метагалактика	
Поняття	Астросоціологічний парадокс; баріонна асиметрія; великомасштабна структура Метагалактики; вік Метагалактики; еволюція Метагалактики; ера випромінювання; ера речовини; інфляційна стадія розширення Метагалактики; критична густина Метагалактики; Метагалактика; Місцева група галактик; модель Метагалактики (Ейнштейна, Фрідмана, інфляційна); мультиверс; однорідність та ізотропія Метагалактики; походження Метагалактики; проблема SETI; реліктове випромінювання; скупчення і надскупчення галактик; стала Габбла; «темна» енергія; темна матерія («прихована маса»); червоне зміщення
Явища	Прискорення розширення Метагалактики; розширення Метагалактики
Формули, співвідношення і рівняння	<i>Формули:</i> для визначення критичної густини; зв'язку між променевою швидкістю галактики і відстанню до неї; формула Дрейка
Принципи	Антропний принцип
Закони і закономірності	Закон Габбла
Теорії	Великого Вибуху

Отже, зміст курсу має бути розширений, На нашу думку, це розширення доцільно зробити переважно за рахунок астрофізики. Ми пропонуємо також включити до змісту теорему віріала. Вона дає змогу достатньо просто розв'язувати широкий спектр задач і кількісно обґрунтовувати положення деяких теорій, при цьому її не важко доводити.

Таким чином, визначення стрижневих ідей, переструктурування матеріалу, виокремлення базових понять, формул, законів і теорій дали змогу сформулювати основний зміст курсу астрономії, представлений в табл. 2.1 і 2.2. Він відрізняється від традиційного меншою кількістю понять, зменшенням астрометричної і збільшенням астрофізичної частин курсу, посиленням міжпредметних зв'язків з фізикою, світоглядною, методологічною та культурологічною спрямованістю.

Обґрунтування змісту курсу астрономії для рівня стандарту, академічного і профільного рівнів подано в статті [174] та монографії [154] автора.

Висновки до другого розділу

1. Фундаменталізацію астрономічної освіти, на нашу думку, слід розпочинати з визначення *стрижневих ідей*, що є для неї наскрізними. Ми

визначили 12 таких ідей, які ми розділили на три групи: *світоглядні, фундаментальні фізичні і загальнонаукові* ідеї. Причому ці ідеї, на нашу думку, мають бути спільними для астрономічної освіти учня і майбутнього вчителя.

До *світоглядних* ми відносимо:

- ідею пізнаваності;
- ідею матеріальності та матеріальної єдності Всесвіту;
- ідею руху і взаємодії;
- ідею нетотожності видимого та істинного (явища і сутності);
- ідею еволюції;
- ідею єдності людини і Всесвіту;
- ідею визначення місця людини у Всесвіті;
- ідею цілісності астрофізичної картини світу.

Серед *фундаментальних фізичних* ми обрали:

- ідею збереження;
- ідею симетрії.

До *загальнонаукових* ми віднесли:

- ідею ієрархічності;
- ідею раціоналізму.

2. Аналіз понятійного поля курсу астрономії в контексті фундаменталізації дав змогу визначити *головні базові поняття*, на яких, на нашу думку, передусім слід зосередитися під час вивчення астрономії як у середній школі, так і під час підготовки майбутнього вчителя астрономії у вищих навчальних закладах.

Фундаментальне ядро утворюють такі найголовніші поняття (структурування за об'єктом дослідження-вивчення):

- мале космічне тіло (комета, астероїд, метеороїд);
- планета;
- зоря;
- галактика;
- Метагалактика.

Усі ці поняття є надзвичайно змістовними, системотвірними, методологічно важливими. Вони позначають найголовніші об'єкти нашого Всесвіту.

Периферію макроструктури базового понятійного поля утворюють, на нашу думку, такі допоміжні (службові) поняття:

- шкала відстаней;
- небесна сфера;
- час;
- телескоп.

3. Для визначення структури й змісту курсу астрономії для підготовки майбутнього вчителя необхідно, на нашу думку, спочатку визначити необхідний мінімум базових понять, явищ, формул, законів і теорій, що мають вивчатися в курсі астрономії середньої школи. Потім потрібно здійсн

ити переструктурування і визначити оптимальну послідовність вивчення обраного матеріалу, поєднуючи фактологічний, світоглядний, методологічний і культурологічний аспекти вивчення астрономії. Все це й було зроблено для рівнів стандарту, академічного і профільного. Запропоновані в дисертації варіанти відрізняються від традиційних зменшенням астрометричної і збільшенням астрофізичної часток курсу, посиленням міжпредметних зв'язків з фізикою, світоглядною, методологічною та культурологічною спрямованістю. Ці варіанти орієнтовані на цілісне сприйняття сучасної астрономії, формування наукового світогляду, добудову природничо-наукової картини світу.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИЧНА СИСТЕМА ПІДГОТОВКИ ВЧИТЕЛЯ АСТРОНОМІЇ ДО РОБОТИ В СУЧАСНІЙ ШКОЛІ

3.1. Вимоги до сучасного астрономічного освітнього середовища

3.1.1. Актуальність побудови нового освітнього середовища

Про неефективність старої системи підготовки вчителя астрономії вже йшлося в підрозділі 1.1. Розглянемо ще кілька аспектів цієї проблеми.

Сучасна парадигма освіти в Україні визначає як пріоритет систем навчання орієнтацію на інтереси особистості студента, адекватні сучасним тенденціям суспільного розвитку, спрямування на реалізацію активних форм взаємодії суб'єктів навчально-виховного процесу. Це, безумовно, стосується і процесу навчання астрономії майбутніх учителів фізики та астрономії.

Розвиток науки взагалі і астрономії у тому числі, розвиток інформаційно-комунікаційних технологій, перехід загальноосвітніх навчальних закладів до профільної та педагогічних університетів до ступеневої освіти, заснованої на особистісно-орієнтованому навчанні, потребують перегляду теоретичних і методологічних засад традиційного навчання астрономії і створення на цій основі нової моделі астрономічного освітнього середовища.

Проте, проблеми астрономічної освіти у вищій школі свого втілення у завершених системних дослідженнях в Україні не знайшли. Формування теоретичних і методичних засад навчання астрономії у вищих навчальних закладах перебуває на початку становлення і знайшло певне відображення в дисертаційних дослідженнях або ще радянських часів, зокрема у таких дослідників, як М.М. Дагаєв (1969 р.), А.О. Курлаєва (1963 р.), Н.В. Лісіна (1967 р.), С.С. Мойсеєв (1963 р.), Д.О. Мурашов (1962 р.), або у сучасних російських учених, зокрема Л.В. Жукова та О.В. Максименко (2000 р.) [189]. Проте ці дослідження обмежувалися окремими компонентами підготовки майбутніх учителів астрономії. Навіть в останніх публікаціях В.В. Богдан, Т.М. Богдан, І.П. Крячка, М.Т. Мартинюка, Ю.Б. Мирошніченка, І.А. Ткаченка, І. Хейфеця [24; 25; 124–129; 205; 210; 295–297; 312; 313] не достатньою мірою віддзеркалювалася зміна змісту курсу, викликана новими досягненнями в астрономії (особливо в астрофізиці), а також загальний

розвиток науки і технологій, освіти і суспільства в XXI столітті, що потребує переосмислення цілей і завдань, змісту, форм, методів і засобів навчання астрономії у вищих педагогічних навчальних закладах.

Чимало науково-методичних проблем або зовсім не розв'язувались, або не знайшли повного розв'язання, зокрема: визначення концепції сучасного астрономічного освітнього середовища (ОС); фундаменталізація астрономічної освіти; посилення взаємозв'язку фундаментальності і професійної спрямованості навчання астрономії; модернізація астрономічної освіти на основі системно-діяльнісного підходу до навчання; створення технологічних систем забезпечення сформованості професійних компетентностей майбутніх учителів астрономії.

Фактично далеко незавершений процес становлення астрономічної складової підготовки майбутнього вчителя фізики та астрономії відбувається через розв'язання цілої низки об'єктивних та суб'єктивних суперечностей, а саме:

1) між затребуваністю цілісної концепції проектування, побудови та функціонування астрономічного освітнього середовища (методологічні засади, принципи, підходи, матеріально-технічна база, інформаційно-змістова та технологічна складові) та її відсутністю у вітчизняній науковій літературі;

2) між особливостями змістової складової навчального курсу астрономії (величезний за об'ємом навчальний матеріал, що містить опис великої кількості астрономічних понять, об'єктів, явищ, гіпотез, теорій, законів і закономірностей у їхньому взаємозв'язку та взаємозалежності; широкі й глибокі міжпредметні зв'язки з багатьма навчальними предметами) і відсутністю комплексних досліджень змісту й об'єму навчального матеріалу, що пропонується студентам для вивчення;

3) між рівнем наукових досягнень в астрономії та його відображенням у змісті навчального матеріалу;

4) між рівнем наукових досягнень у психології, педагогіці та методиці навчання та їх відображенням у методах, формах і засобах навчання астрономії;

5) між потребою формування професійних компетентностей, творчих здібностей студентів та відсутністю досконалої системи реалізації цього процесу;

6) між необхідністю в інтелектуальному, світоглядному і духовно-культурному збагаченні студента в процесі вивчення астрономії та реальними можливостями освітнього середовища вищих педагогічних навчальних закладів.

7) між багатством і складністю змісту навчального курсу астрономії і доволі обмеженою кількістю аудиторних годин, що відводиться на його вивчення.

Існування цих суперечностей негативно впливає на якість фахової підготовки майбутніх учителів астрономії. На нашу думку, фундаментальну підготовку учителів астрономії неможливо забезпечити такою малою

кількістю годин навчальних занять, а також керуючись старими підходами до організації та змісту навчального процесу.

Очевидно, що необхідна *система* підготовки, яка б «доводила» більшість студентів до стану достатньо кваліфікованого вчителя. Потрібне «занурювання» студентів у відповідне освітнє середовище достатньо глибоке і тривале у часі.

3.1.2. Вимоги до сучасного астрономічного освітнього середовища

Існує декілька визначень поняття освітнього середовища. Skorистаємось одним з них, яке, на нашу думку, найбільше відповідає нашому випадку.

За визначенням В.Ю. Бикова [20] освітнє (навчальне) середовище (ОС) – це штучно побудована система, структура і складові якої сприяють досягненню цілей навчально-виховного процесу. Структура ОС визначає його внутрішню організацію, взаємозв'язок і взаємозалежність між складовими елементами. До складу ОС відносять: *змістово-інформаційну складову; систему засобів навчання; технологічну складову* (яку утворюють моделі технологій навчання) і навіть *навчальні приміщення* (рис. 3.1).

Рис. 3.1. Структура освітнього середовища.

Багаторічний досвід підготовки вчителів фізики та астрономії у Херсонському державному університеті свідчить про те, що повноцінну астрономічну освіту для досягнення цієї мети можна надати за таких умов (для освітньо-кваліфікаційного рівня «спеціаліст»):

1) кількість годин має становити 9-10 кредитів (аудиторні заняття разом із самостійною роботою студента), оптимальна тривалість навчання – три семестри;

2) ОС має включати окрім традиційних *лекційного курсу та лабораторних занять* (куди б входили *астрономічні спостереження*) ще обов'язково *практичні заняття*, на яких би розв'язувались задачі, та *семінари*, де б обговорювались актуальні проблеми астрономії та астрофізики ;

3) окремо і в достатній кількості годин (наприклад, два кредити) має вивчатись *методика навчання астрономії*;

4) *змістово-інформаційна складова* ОС має бути переглянута та істотно оновлена, щоб відповідати сучасному рівню розвитку астрономії, сучасній астрофізичній картині світу;

5) має існувати відповідне методичне забезпечення: сучасний підручник і сучасні *збірники задач*, які б повноцінно охоплювали всі розділи астрономії, *навчальний посібник з методики навчання астрономії, методичні рекомендації* до лабораторного практикуму та проведенню семінарських занять;

б) застосування *нових технологій навчання*, що сприятиме підвищенню ефективності навчального процесу, розвитку творчої особистості, *нових інформаційно-комунікаційних технологій*, що сприятиме істотному

зростанню наочності і технологічності навчання, відповідатиме сучасному стану розвитку інформаційного суспільства;

7) до ОС підготовки магістра має бути включений спецкурс «Новітні досягнення в астрофізиці» з переважно семінарською формою організації занять і спецкурс «Фундаментальні фізичні та математичні константи» з лекціями і практичними заняттями (обґрунтування див. у підрозділах 3.9 та 3.10).

3.1.3. Методологічні засади проектування сучасного астрономічного освітнього середовища

Виконання вищезазначених у попередньому підрозділі вимог, на нашу думку, може призвести до створення ефективного та повноцінного ОС тільки у тому разі, коли під час його проектування будуть застосовані певні підходи. До переліку таких підходів, що відображають сучасні тенденції розвитку освіти, вважаємо за необхідне включити наступні: системний, синергетичний, культурологічний, історичний, контекстний, діяльнісний і пов'язані з ним компетентнісний, праксеологічний, технологічний, задачний та рефлексивний підходи (рис. 3.2). Окрему групу, яка безпосередньо впливає на студента (разом з рефлексивним підходом), становлять гуманістичний, особистісно-орієнтований і аксіологічний підходи.

Рис. 3.2. Взаємодія суб'єктів навчального процесу через ОС з урахуванням сучасних освітніх підходів.

Системний підхід передбачає розгляд об'єкта як сукупності елементів, що перебувають у певній взаємодії між собою і оточуючим середовищем. Елементи і зв'язки між ними утворюють структуру системи. При цьому кожний елемент системи має свої характеристики, вивчається й описується з урахуванням його місця в системі і виконує свої специфічні функції, які «працюють» на загальносистемні функції. У такому разі властивості системи впливають із властивостей її елементів і навпаки. Як зазначають деякі дослідники, невід'ємною рисою поведінки системи є доцільність [1].

Отже, система має певну структуру і характеризується стійкими зв'язками між елементами, що забезпечують її цілісність. При цьому структура характеризує систему в статичності, а функції – в динаміці (*структурно-функціональний* підхід). І.В. Блауберг, В.Н. Садовський, Е.Г. Юдін [22; 261; 340] обґрунтували становлення й сутність системного підходу в науці, В.Д. Шарко застосувала системний підхід до визначення напрямів розвитку змісту й удосконалення процесу методичної підготовки вчителя фізики [325].

Вочевидь, освітнє середовище має будуватися як складна система, всі елементи якої (інформаційно-змістовий блок, підсистема засобів навчання, технологічний блок) працюють узгоджено і ефективно.

Підготовка вчителя астрономії як педагогічна система, що включає до себе окрім астрономічного ОС ще й викладача (викладачів) та студента (точніше колектив студентів) є відкритою, тобто зазнає впливу зовнішнього середовища. Питаннями функціонування відкритих систем займається синергетика, тому цілком логічно для побудови ОС використовувати *синергетичний* підхід. Середовищем підготовки фахівців в Україні виступає соціально-педагогічна ситуація, що визначається статусом системи освіти в суспільстві та станом самої освіти. Підготовка вчителя астрономії є підсистемою професійної підготовки вчителя фізики, що, в свою чергу, є елементом підсистеми підготовки вчителів, яка виступає елементом системи професійної підготовки фахівців. При цьому підготовка вчителя астрономії через цей ланцюжок зв'язків визначається державним устроєм, рівнем економічного і суспільного розвитку, характером і типом культури, національними особливостями і традиціями. Найближчим середовищем виступає конкретний навчальний заклад зі своєю матеріальною базою, фінансовими і технічними можливостями, традиціями педагогічного колективу, зв'язками з іншими навчальними закладами, в тому числі й зі школами.

Педагогічна система підготовки вчителя астрономії відноситься до динамічних систем, що розвиваються активно. Активний розвиток означає, що, змінюючись під впливом середовища, вона, врешті рещт, перетворює саме середовище. Дійсно, зміни в підготовці вчителя неодмінно викликають зміни в подальшій підготовці учнів до життя, які, вступивши у взаємодію з середовищем, змінюватимуть його [325].

Останнім часом використанню ідей синергетики в освіті приділяється значна увага у науково-педагогічній літературі. Фахівці вбачають можливості застосування цієї науки в різних напрямках удосконалення навчального процесу й підготовки освітянських кадрів. Так, А.В. Чалий [318] розглядає синергетичний підхід як необхідну складову інноваційних процесів в освіті, В.А. Ігнатова [99; 100] – педагогічні аспекти синергетики, В.В. Маткін [207] досліджує особливості ціннісно-синергетичного підходу в процесі педагогічної підготовки майбутніх вчителів, В.Д. Шарко [325] розглядає синергетичний підхід як метод дослідження складних педагогічних систем.

Найважливішою ідеєю синергетики є ідея здатності відкритих систем до самоорганізації. Тому застосування синергетичного підходу передбачає організацію навчання майбутніх учителів астрономії таким чином, щоб воно було спрямоване на їх педагогічну самоорганізацію. У зв'язку з цим постають проблеми: як у процесі навчання сформувати в студента потребу у неперервній самоосвіті, як управляти його пізнавальною діяльністю, безпосередньо не управляючи, як малим резонансним впливом підштовхнути систему (суб'єкта навчання) на один із власних і сприятливих для нього шляхів розвитку, як забезпечити його самокерований розвиток, здатний до самопідтримки [114]. Відповіді на ці запитання, на думку В.Д. Шарко, перебувають і в характері взаємовідносин між викладачем і суб'єктами навчання, і в особливостях ОС, в якому навчаються студенти, і в технологіях

навчання майбутніх учителів [325].

Культурологічний підхід може розглядатися як основа модернізації змісту астрономічної освіти. Є вагомими підстави розглядати освіту як частину культури, яка, з одного боку, розвиває її, а з іншого – живиться нею. Щоб забезпечити підйом людини до загальнолюдських цінностей та ідеалів культури, освіта має бути культуровідповідною. Це означає, що основним методом її проектування й розвитку має бути культурологічний підхід, який передбачає спрямування всіх компонентів освіти на культуру і людину як її творця і суб'єкта, здатного до саморозвитку [325, с. 69]. До того ж певні елементи астрономічних знань, багато астрономічних понять і просто назв за тисячоліття свого існування глибоко увійшли у культуру нашої цивілізації (згадаймо хоча б усі календарі). Взагалі новий зміст поняття «освіта» можна трактувати як передачу молодому поколінню досвіду відтворення й удосконалення існуючої *культури* [124; 229; 230].

Ефективне застосування культурологічного підходу у створенні астрономічного ОС сприятиме реалізації однієї з головних цілей фундаменталізації освіти – подоланню розмежованості двох культур: природничонаукової та гуманітарної.

Безпосередньо з культурологічним пов'язаний **історичний** підхід. Він є, на нашу думку, одним із наукових підходів, що сприяють формуванню наукового стилю мислення, підвищенню науковості навчання. Інформація про процес здобування астрономічних знань дає змогу студенту ознайомитись з методами теоретичного пізнання в астрономії, побачити наочно перехід від спостережень до створення відповідної теорії. Історичний аналіз, тобто з'ясування того, як був відкритий той чи інший закон, як виникла та чи інша теорія сприяють також реалізації не тільки освітнього, а й виховного та світоглядного потенціалу астрономії. При цьому викладання матеріалу забарвлюється емоціями, оскільки процес пізнання Всесвіту розглядається як безперервна «драма ідей» (слова А. Ейнштейна стосовно еволюції фізики). До того, ж історичний підхід, аналіз помилок та хибних поглядів у процесі розвитку астрономії може (і має) бути засобом формування у студентів – майбутніх учителів методологічних знань.

На нашу думку, застосування історичного підходу особливо важливе під час викладання таких тем: «Календар», «Становлення геліоцентричного світогляду і відкриття законів Кеплера» (див. підрозділ 4.1), «Комети» (підрозділ 5.3), «Астероїди», «Джерела енергії зір», «Народження зір», «Кінцеві стадії еволюції зір» (білі карлики, нейтронні зорі, чорні діри) і деякі інші.

Під **контекстним** підходом ми розуміємо навчання астрономії у контексті майбутньої професії (узгодженість фундаментальності та професійної спрямованості підготовки). Ми вже звертали увагу на існуючу невідповідність змісту традиційного курсу астрономії вимогам, що висуваються до майбутніх учителів (див. підрозділ 1.1). Те ж саме стосується й лабораторного практикуму. Водночас часто відсутні (або вкрай обмежені) практичні заняття, де б розв'язувались спеціально підібрані задачі, і семінари

, де б майбутні вчителі в процесі обговорення злободенних тем здобували необхідні компетентності. Гармонійне поєднання фундаментальності і професійної орієнтованості є запорукою ефективності астрономічного ОС, призначеного для підготовки вчителя астрономії.

Діяльнісний підхід буде обговорений нами пізніше (підрозділ 3.4). Проте тісно з ним пов'язані компетентнісний, праксеологічний, технологічний, задачний і рефлексивний підходи (всі вони на рис. 3.2 утворюють одну групу).

Новий етап у розвитку освіти пов'язаний із упровадженням **компетентнісного** підходу до формування змісту та організації навчального процесу. Компетентнісна освіта зорієнтована на практичні результати, досвід особистої діяльності, вироблення ставлень, що зумовлює принципові зміни в організації навчання, яке стає спрямованим на розвиток конкретних цінностей і професійно необхідних знань і вмінь для майбутнього фахівця. Впровадження компетентнісного підходу передбачає обов'язкове прогнозування результативної складової навчання, що вимагає адекватних змін у системі оцінювання навчальних досягнень. При цьому, як відомо, оцінювання має ґрунтуватися на позитивному принципі, що передусім передбачає врахування рівня досягнень суб'єкта навчання, а не ступеня його невдач.

Компетентнісний підхід знайшов широке розповсюдження в освіті ([118; 223; 246; 324; 325]).

У міністерських документах компетентність визначається як *загальна здатність, що базується на знаннях, досвіді та цінностях особистості* [78; 90]. Компетентності включають у себе знання, вміння, навички, обов'язково передбачаючи здатність осмислено їх використовувати.

П.С. Атаманчук і О.М. Семерня дають таке означення: «Компетентність – продемонстрована в дії здатність особи виконувати завдання та обов'язки за стандартом, встановленим для певної роботи або певного роду занять, професійної діяльності» [15]. Деякі дослідники (В.А. Болотов, А.В. Хуторской, В.В. Серіков, І.О. Зимняя, А.М. Кух та ін.) до змісту поняття «компетентність» включають такі складові: мотиваційну (готовність до прояву компетентності), когнітивну (володіння знаннями), діяльнісну (або операційну, що означає сформованість способів та методів діяльності, інакше – вміння), аксіологічну (освоєння цінностей, що є засадою сформованості переконань, ціннісне ставлення до професійної діяльності) [61].

Найбільш розповсюдженою є трирівнева ієрархія компетентностей, куди входять предметні (формується засобами навчальних предметів), міжпредметні (належать до групи предметів або освітніх галузей) й ключові компетентності. На підставі міжнародних та національних досліджень в Україні для системи загальної середньої освіти виокремлено п'ять наскрізних ключових компетентностей [90]:

Уміння вчитися – передбачає формування індивідуального досвіду участі учня в навчальному процесі, вміння, бажання організувати свою працю для досягнення успішного результату; оволодіння вміннями та

навичками саморозвитку, самоаналізу, самоконтролю та самооцінки.

Здоров'язбережувальна компетентність – пов'язана з готовністю вести здоровий спосіб життя у фізичній, соціальній, психічній та духовній сферах.

Загальнокультурна (комунікативна) компетентність – передбачає опанування спілкуванням у сфері культурних, мовних, релігійних відносин; здатність цінувати найважливіші досягнення національної, європейської та світової культур.

Соціально-трудова компетентність – пов'язана з готовністю робити свідомий вибір, орієнтуватися в проблемах сучасного суспільно-політичного життя; оволодіння етикою громадянських стосунків, навичками соціальної активності, функціональної грамотності; вміння організувати власну трудову та підприємницьку діяльність; оцінювати власні професійні можливості, здатність співвідносити їх із потребами ринку праці.

Інформаційна компетентність – передбачає оволодіння новими інформаційними технологіями, вмінням відбирати, аналізувати, оцінювати інформацію, систематизувати її; використовувати джерела інформації для власного розвитку.

А.М. Кух [184], маючи на увазі й вищу освіту, додає до п'яти вищезначених ще дві ключові компетентності: *полікультурну*, пов'язану з життям у багатокультурному суспільстві, що є запорукою здатності жити поруч з людьми інших культур, мов, релігій, переконань, і *творчу*, що передбачає здатність творити, творче ставлення до власної діяльності, власної професії.

До фахової компетентності вчителя астрономії (астрономічна компетентність учителя фізики [184]) можна віднести такі складові: науково-теоретичну, методичну і психолого-педагогічну з відповідним наповненням (рис. 3.3).

Компетентність як інтегрований результат індивідуальної навчальної діяльності суб'єкта навчання, формується на основі оволодіння ним змістовими, процесуальними, мотиваційними і системними ціннісними компонентами.

Одним із підходів, що враховують умови підвищення ефективності будь-якої діяльності, у тому числі і навчальної, є *праксеологічний*. Організація навчальної діяльності, побудована з його врахуванням, дозволяє ефективніше викладати предмет, пов'язуючи його зі спеціальністю майбутніх випускників

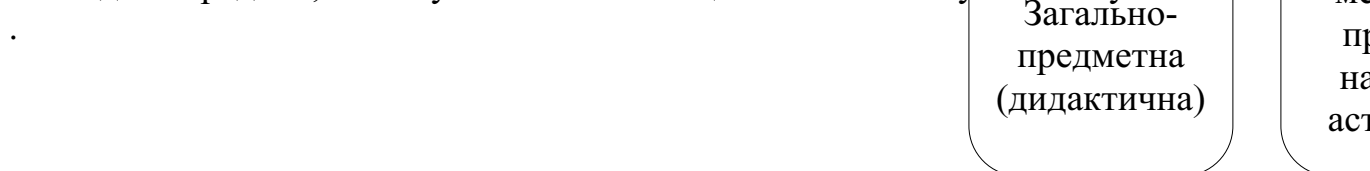


Рис. 3.3. Структура фахової компетентності вчителя астрономії.

За визначенням П.І. Самойленка та С.В. Семенової, *праксеологія* – наука, що досліджує принципи, структуру й закономірності організації ефективної (раціональної) спільної діяльності викладачів і студентів, яка спрямована на підвищення продуктивності навчальної праці [263].

Наприклад, загальним праксеологічним принципом є оптимізація процесу. Як відомо, до педагогіки принцип оптимізації ввів Ю.К. Бабанский [16], який під ним розумів процес отримання максимальних результатів у навчанні за мінімальних витрат ресурсів (сил, матеріальних витрат, часу). З цього погляду П.І. Самойленко і С.В. Семенова вбачають два напрямки підвищення ефективності навчально-педагогічної діяльності:

1) досягнення найбільшого ступеня реалізації цілей за допомогою наявної системи засобів навчання;

2) досягнення певного ступеня реалізації мети за допомогою найменших витрат засобів навчання [263].

Мабуть, найголовнішим поняттям праксеології є поняття «ефективність». Ефективна організація навчального процесу передбачає дотримання оптимального режиму діяльності, раціонального використання всіх ресурсів і засобів, які забезпечують узгодженість дій викладача й студентів та завершеність актів навчання. При цьому необхідними умовами ефективності навчання ми вважаємо такі:

- адекватність методів, засобів і організаційних форм навчання поставленим цілям;

- ясність, конкретність, доступність, реальність і, нарешті, цікавість навчальної мети для суб'єктів навчання;

- оптимальний темп навчального процесу, розумний рівень вимог викладача, реальна кількість запланованих завдань, які можуть виконати студенти за певний інтервал часу;

- створення сприятливої атмосфери під час навчання;

- стимулювання й мотивація позитивного ставлення студентів до навчання, орієнтація на їхні потреби й інтереси;

- усвідомлення студентами значущості й застосовності отриманих знань, умінь і навичок у теперішньому або майбутньому житті, їх цінність для майбутньої професійної діяльності;

- формування у суб'єктів навчання пізнавальної самостійності, активності й рефлексії у навчальному процесі.

Необхідність застосування *технологічного* підходу до підготовки майбутнього вчителя астрономії зумовлена тими змінами у вимогах до організації навчального процесу, які мають місце в сучасній школі (як середній, так і вищій) і пов'язані з упровадженням різноманітних технологій навчання. Технологіям в освіті присвячена численна література, наприклад, [20; 68; 212; 221; 222; 232; 272]. Існують різні підходи до визначення поняття «педагогічна технологія». Скористаємось визначенням В.М. Монахова [212], який розуміє педагогічну технологію як феномен, що має дві принципові відмінності від методики: гарантованість кінцевого результату і проектування навчального процесу. Мабуть, найважливішими істотними ознаками педагогічної технології є алгоритмічність, проєктованість, цілісність і керованість, отже, можливість *відтворення технології* (повністю або частково) незалежно від майстерності педагога.

Задачний підхід розглядається нами як загальний методологічний принцип побудови всієї навчальної діяльності студента. Важко переоцінити те значення, яке має розв'язування задач під час вивчення астрономії. Адже будь-яка задача – це привід для більш ефективного спілкування зі студентами, для розмови з ними про суть астрономічних явищ, що дозволяє коригувати і поглиблювати їх знання, виховувати прагнення до пошуку істини, вміння дискутувати, обґрунтовувати свої ідеї. На жаль, до сьогоднішнього дня цьому виду діяльності студента під час навчання астрономії в українських ВНЗ не приділяється достатньої уваги (навіть під час підготовки професійних астрономів). Ілюстрацією втілення задачного підходу є підрозділ 5.1.

Зазначимо, що всі вищезазначені підходи розглядаються нами як необхідні для *створення* сучасного астрономічного ОС в системі підготовки вчителя астрономії. Студент занурюється і працює у цьому середовищі (тому на рис. 3.2 він і розміщений всередині ОС). І вже в межах створеного ОС викладач має можливість застосовувати *гуманістичний, особистісно-орієнтований, аксіологічний та рефлексивний* (як складова діяльнісного) підходи.

Застосування *гуманістичного* підходу зумовлене, по-перше, необхідністю спрямування навчання на формування гуманістичних ідеалів особистості, здатної до гармонії з природою, космосом і самим собою, по-друге, потребою усвідомлення майбутнім учителем процесу навчання як реально гуманної діяльності, основною вимогою якої є орієнтація на дитину як на головну цінність навчального процесу. Гуманістичний підхід до навчання як провідний принцип реформування освіти розглядався, наприклад, у працях М.П. Берулави [18], О.В. Бондаревської [28–30], І.Б. Котової та Є.М. Шиянова [331].

Логічним продовженням гуманістичного підходу до суб'єкта навчання в ОС, що пропонується нами, є *особистісно-орієнтований* підхід. Цей підхід є доволі поширеним нині у педагогічній науці і передбачає створення нових механізмів навчання й виховання, що ґрунтуються на принципах глибокої поваги до особистості, самостійності особистості, врахування індивідуальності тих, хто навчається. Ідея особистісно-орієнтованого навчання виникла ще на початку 80-х рр. ХХ ст. у зв'язку з трактуванням освіти як суб'єкт-суб'єктного процесу. На сьогодні цю ідею розвивають О.В. Бондаревська, С.В. Кульневич, О.М. Пехота, С.І. Подмазін, В.В. Рибалка, В.В. Сериков, А.В. Хуторський та ін. [28; 232; 233; 236; 279].

Особистісно-орієнтований підхід сприяє максимальному розвитку індивідуальних особливостей суб'єкта навчання через залучення до різних видів діяльності, забезпечує активізацію процесів саморозвитку, самоосвіти, самовиховання, передбачає посилену увагу до внутрішнього світу особистості.

В ідеалі кожний студент повинен мати індивідуальну освітню траєкторію. Цьому можуть сприяти індивідуальні навчальні заняття, що проводяться з окремими студентами, які виявили особливі здібності в навчанні, схильність до науково-дослідної роботи і творчої діяльності.

Принагідно зазначимо, що індивідуальні заняття зазвичай проводяться також з невстигаючими студентами, що мають певні проблеми з засвоєння навчального матеріалу.

Індивідуальна освітня траєкторія реалізується також через надання студентам індивідуальних завдань, які виконуються під час самостійної роботи з забезпеченням необхідних консультацій з боку викладача. При цьому, на нашу думку, є багато можливостей для реалізації особистісно-орієнтованого підходу на практичних, лабораторних та семінарських заняттях.

Аксіологічний (від грецького $\alpha\chi\upsilon\omicron\varsigma$ – цінний) підхід розглядається нами як основа формування ціннісної сфери студентів – майбутніх учителів, а через них вже в учнів. Об'єднані в єдиний комплекс потреби, інтереси й емоційні переживання людини утворюють єдиний феномен цінності. Враховуючи це, можна визначити цінність як суб'єктивну значущість явищ, ідей, речей, зумовлену потребами й інтересами особистості.

Психологічним особливостям становлення ціннісних орієнтацій майбутнього вчителя в процесі професійної підготовки присвячена дисертація А.П. Максимчука [199]. Можливості реалізації аксіологічного підходу у підготовці вчителів фізики, математики, хімії й біології обговорювались на Всеукраїнській науково-практичній конференції «Формування загальнолюдських та національних цінностей під час навчання природничо-математичних дисциплін» (Херсон, 2003 р.) [308].

Формування ціннісного ставлення до знань у процесі підготовки майбутніх учителів астрономії передбачає перехід до нового розуміння ролі й призначення навчального предмету «Астрономія». Ми погоджуємося з думкою В.Д. Шарко, що ставлення студентів до навчання, процесу пізнання, до оцінних суджень відносно того чи іншого елемента знань є значущими моментами в їх підготовці як фахівців. У результаті такої підготовки вони мають усвідомити, що «ціннісно-орієнтаційна складова астрономічної освіти невід'ємна від предметно-пізнавальної, органічно вплетена в неї і становить мотиваційну, смислову основу навчання» [325, с.68]. При цьому наділений особистісним смислом процес навчання формує активну позицію майбутніх учителів щодо подальшого втілення аксіологічного підходу до навчання учнів.

Аксіологічний компонент освітнього середовища передбачає всебічне використання величезного гуманістичного, світоглядного потенціалу астрономії, її глибоких зв'язків із загальнолюдською культурою, підсилення емоційно-ціннісного аспекту навчання, його естетичної спрямованості (краса теорій і гіпотез, космічних пейзажів, дивовижність об'єктів і явищ), обов'язкове включення до об'єктів пізнання людини з розмаїттям її зв'язків з навколишнім світом (стрижневі ідеї єдності людини й Всесвіту та пошуку місця людини у Всесвіті, див. підрозділ 2.1). Аксіологічний підхід передбачає також розвиток інформаційної культури студентів у контексті розуміння цінності інформації у сучасному інформаційному суспільстві.

Потреба у застосуванні *рефлексивного* підходу до суб'єктів навчального процесу в астрономічному ОС викликана, по-перше, пошуком шляхів залучення студентів до самоуправління пізнавальною діяльністю, що є необхідною умовою становлення професіонала; по-друге, з необхідністю підготовки майбутнього вчителя до навчання учнів за особистісно-зорієнтованими технологіями, які передбачають перенесення акцентів з інформаційно-репродуктивного на проблемне-пошукове навчання. У зв'язку з цим, актуальним є розвиток рефлексії у майбутніх учителів, яка передбачає здійснення критичного аналізу виконаних видів діяльності і досягнутих результатів та пошук резервів для підвищення їх ефективності.

Проблема розвитку рефлексивної сфери суб'єктів навчання була предметом дослідження багатьох учених, у тому числі Н.Є. Важеєвської, Т.М. Давиденко, В.Д. Шарко та ін. [36; 73; 273; 323; 327].

Загалом *рефлексія* – це розмірковування, самоспостереження, самопізнання. Поняття рефлексії є предметом дослідження багатьох наук: філософії, психології, педагогіки, теорії управління. Скористаємось його філософським і психологічним трактуванням.

У філософії прийнято говорити про три види рефлексії:

- *елементарну*, пов'язану з розгляданням і аналізом знань і вчинків, розмірковуванням над їх значенням;

- *наукову*, що передбачає критику і аналіз теоретичного знання, яке здобувається із застосуванням методів і прийомів, характерних для певної галузі науки;

- *філософську*, яку пов'язують з усвідомленням і осмисленням буття й свідомості, а також загальнолюдської культури [306].

Очевидно, що всі три види рефлексії важливі та значущі для професійної освіти майбутніх учителів астрономії.

У психології суттєвим моментом виступає механізм рефлексії як вид діяльності, що здійснює суб'єкт під час навчання. Психологи виокремлюють чотири сфери існування рефлексії:

- *мислення*, спрямоване на розв'язання задач (як проблемно-конфліктних ситуацій) і тому потребує рефлексії як переосмислення власних дій;

- *діяльність*, у якій фіксується установка на роботу в колективі;

- *спілкування*, що передбачає відкритість власного досвіду людини для інших і відкритість досвіду інших для нього самого;

- *самосвідомість*, що вимагає рефлексивної оцінки життєвого досвіду під час самовизначення внутрішніх орієнтирів [323].

При цьому визначальною серед наведених є рефлексія у сфері самосвідомості, оскільки лише в цьому разі можна говорити про здатність людини до самозмін і саморозвитку. Тому в процесі підготовки вчителя важливо, щоб розуміння й усвідомлення значущості виконуваних на заняттях і вдома дій відбувались на рівні самосвідомості, і супроводжувались рефлексією у мисленнєвій, діяльнісній і комунікативній сферах.

Рефлексія є професійно значущою якістю педагога, яка передбачає осмислення власної діяльності, її аналіз з метою подальшого

цілеспрямованого вдосконалення.

Очевидно, що проектування і створення освітніх середовищ, орієнтованих на досягнення цілей підготовки фахівця, є головним завданням викладачів вищих навчальних закладів. Але це не означає, що викладач не може скористатися хоча б каркасом вже готового ОС. Процес наповнення (або створення і наповнення) ОС безумовно впливає і на самого викладача, тому ця безпосередня взаємодія викладач – ОС зображена на рис. 3.2 стрілками у прямому та зворотному напрямках.

Взаємодія ОС – студент має відбуватися за умови широкого використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій, зростання ролі самостійного навчання, дистанційного доступу до різноманітної інформації, інтегративного підходу до використання віртуальних комп'ютерних моделей астрофізичних процесів, мультимедійних посібників і класичних засобів астрономічних спостережень.

Методологічні засади проектування сучасного астрономічного ОС представлені в роботах автора [149, 150, 154].

3.2. Поле понять для підготовки майбутнього вчителя астрономії

Взагалі дослідженню і формуванню системи астрономічних понять у вищих педагогічних навчальних закладах присвячено дуже мало робіт (їх автори: Л.В. Жуков, А.М. Мінбаєва, Г.М. Недялкова, І.І. Соколова, Т.Ж. Стефанова).

Найбільш повно цю проблему дослідив Л.В. Жуков. В табл. 3.1 представлена макроструктура понятійного поля загального курсу астрономії, якої він дотримується у РДПУ ім. О.І. Герцена. Структурування поля понять здійснювалось на основі класичного варіанту послідовності вивчення матеріалу в навчальному процесі, що прийнятий у Росії [89].

Таблиця 3.1

Макроструктура понятійного поля загального курсу астрономії за Жуковим Л.В.

№ розділу	Розділи загального курсу астрономії	Астрономічні поняття	
		Кількість	%
1	Сферична астрономія	140	12,7
2	Час	73	6,6
3	Практична астрономія	98	8,9
4	Сонце	146	13,3
5	Сонячна система	363	33,0
6	Зорі та інші об'єкти нашої Галактики	213	19,4
7	Галактики	67	6,1
Всього		1100	100

Аналізуючи табл. 3.1, неважко зробити такі висновки: по-перше, кількість понять, яку має опанувати майбутній учитель астрономії, є надмірною, по-друге, співвідношення кількості понять за розділами явно зміщено у бік астрометрії (сферична і практична астрономія, час – 28%) і Сонячної системи (33%, а разом із Сонцем – 46%). На зорі, нашу та інші галактики, Метагалактику лишається трохи більше 25%. Для астрономії початку ХХІ століття це непропорційно мало. Адже саме зоряна астрофізика, галактична й позагалактична астрономія, космологія останні кілька десятків років розвивались найбільш інтенсивно (за винятком космічних досліджень планет та їх супутників). Саме тут були зроблені видатні відкриття: планети і планетні системи в інших (крім Сонця) зір нашої Галактики, коричневі карлики, гамма-спалахи, флуктуації реліктового випромінювання, прискорення розширення Метагалактики, підтверджено існування чорних дір (у тому числі в ядрах галактик) та ін.

Стрижневі ідеї і макроструктуру базового понятійного поля для підготовки вчителя астрономії доцільно залишити такою самою, як і для середньої освіти (*принцип конгруентності*). Нагадаємо, що *фундаментальне ядро* складають такі найголовніші поняття (структурування за об'єктом дослідження-вивчення): **мале космічне тіло** (комета, астероїд, метеороїд); **планета; зоря; галактика; Метагалактика**. *Периферію* макроструктури базового понятійного поля утворюють, на нашу думку, такі допоміжні (службові) поняття: **шкала відстаней; небесна сфера; час; телескоп**. При цьому системи понять окремих розділів і тем курсу (як елементи нижчого рівня – мікрополя), пов'язаних з головними базовими поняттями, мають бути істотно розширені. Адже зрозуміло, що багаж знань та вмінь учителя безумовно має перевищувати шкільну програму.

На нашу думку, це поле понять має бути істотно більш астрофізичним. Астрофізика як розділ астрономії вже давно стала найбільш вагомою її частиною і роль її все більше зростає. При цьому слід максимально скоротити розділ, присвячений астрометрії. Необхідно також відходити як у вищій, так і середній школі від «космографії» з одного боку, а з іншого, усвідомлюючи, що йдеться про підготовку вчителя астрономії, а не астронома-професіонала, – від подробиць «астрономічної кухні» у бік фізичних моделей об'єктів та явищ.

Після переструктурування і визначення оптимальної послідовності вивчення матеріалу (необхідні етапи фундаменталізації) пропонується загальний курс астрономії, призначений для підготовки майбутнього вчителя астрономії, розбити на ті ж самі розділи, що і у середній школі, але з відповідно більшим наповненням (табл. 3.2).

З визначення *предмету астрономії* завжди починається її вивчення, тому у «Вступі» разом з цим доречно розглянути коротко історію виникнення астрономії (зробивши акцент на причинах її появи), значущість її для людства, структуру *астрономії* (*астрометрія, небесна механіка, астрофізика*, яка, в свою чергу, включає такі розділи як *космогонія та космологія*) *масштаби Всесвіту* (від Землі як частини *Сонячної системи*, що

є частиною *галактики*, до всієї спостережуваної частини *Всесвіту*), одиниці відстані в астрономії: *астрономічну одиницю*, *світловий рік* (*шкала відстаней*).

Таблиця 3.2

**Макроструктура понятійного поля загального курсу астрономії,
що пропонується**

№ розділу	Розділи загального курсу астрономії	Астрономічні поняття	
		Кількість	%
1	Вступ	11	3,7
2	Основи практичної астрономії	68	23,0
3	Сонячна система	62	20,9
4	Основи практичної астрофізики	19	6,4
5	Зорі	80	27,0
6	Галактики	27	9,2
7	Метагалактика	29	9,8
Всього		296	100

Назва «практична астрономія» це данина історичній традиції, фактично цей розділ об'єднує два базові поняття: *небесна сфера* і *час*. Службове базове поняття *небесна сфера* (вже як макрополе для понять нижчого рівня) об'єднує такі мікрополя:

- *головні точки та лінії небесної сфери (прямовисна лінія, зеніт, вісь світу, полюс світу, небесний екватор, небесний меридіан, математичний горизонт та ін.);*

- *сузір'я (назви і позначення сузір'їв та зір у сузір'ях);*

- *небесні координати (тільки горизонтальна та друга екваторіальна системи координат, зоряна карта);*

- *екліптика і пов'язані з нею поняття зодіак, точки весняного та осіннього рівнодення, тропіки Рака і Козорога, північне і південне полярні кола (з якими безпосередньо стикаються такі поняття як полярний день, полярна ніч, присмерки, атмосферна рефракція, білі ночі.*

Одне з головних службових понять є поняття *часу*. Воно утворює свої мікрополя:

- *шкали вимірювання часу (кульмінація світила, зоряний час, зоряна доба, сонячний час, середній сонячний час, сонячна доба);*

- *системи відліку часу (всесвітній, місцевий, поясний, літній час, Гринвіцький меридіан, лінія зміни дати);*

- *календар (місячний місяць, фаза Місяця, новий Місяць, перша чверть, повний Місяць, остання чверть, місячний календар, система високосів, зоряний рік, тропічний рік, прецесія земної осі, сонячний календар,*

юліанський календар, григоріанський календар, літочислення, ера, епоха.

Календар є особливо важливим поняттям, оскільки він не тільки (як і час) є неодмінним атрибутом нашого життя, а й глибоко пов'язаний з загальнолюдською та національною культурою.

Макрополе понять «Сонячна система» пропонується розділити на наступні мікрополя:

- кінематика Сонячної системи: *геоцентрична та геліоцентрична моделі Сонячної системи, велика піввісь та ексцентриситет орбіти, афелій, перигелій, конфігурація планети (сполучення, елонгація, протистояння), сидеричний та синодичний періоди обертання, сонячне та місячне затемнення;*

- динаміка Сонячної системи: *коловий, еліптичний, параболічний, гіперболічний рух, характеристичні швидкості кеплерівського руху (колова та параболічна швидкості), припливна взаємодія (припливна сила, синхронне обертання, межа Роша);*

- елементи космонавтики: *перша космічна швидкість, друга космічна швидкість, апогей, перигей, геостаціонарний супутник;*

- спостережувані характеристики планет та інших космічних тіл: *орбітальні та фізичні характеристики, які можна визначити із астрономічних спостережень (такий пункт пропонується ввести на початку вивчення будь-яких космічних тіл та їх систем, у тому числі зір, галактик, Метагалактики), осьовий період обертання, альbedo, сонячна стала, радіаційна температура;*

- природа планет: *планета (класична, карликова), планета земної групи, планета-гігант, атмосфера, висота однорідної атмосфери, парниковий ефект, гідросфера, внутрішня будова планети (ядро, мантія, кора), гравітаційна диференціація, магнітосфера, супутник (регулярний і нерегулярний) планети, кільця навколо планет;*

- малі тіла Сонячної системи: *комета, ядро і хвіст комети, хмара Оорта, астероїд, метеороїд, головний пояс астероїдів, пояс Койпера, метеор, метеорит, астероїдна небезпека, астроблема;*

- походження Сонячної системи: *закономірності у Сонячній системі, екзопланета.*

Зазначимо, що у цей розділ свідомо не включене Сонце, оскільки це космічне тіло належить зовсім іншому класу об'єктів і його доречно, на нашу думку, розглядати в розділі «Зорі».

Зважаючи на те, що йдеться не про підготовку астронома-професіонала, розділ «Основи практичної астрофізики» можна обмежити такими мікрополями понять:

- зоряна величина (*блиск небесного світила*);

- телескопи: *рефрактор, рефлектор, збільшення телескопа, масштаб зображення, гранична зоряна величина, роздільна здатність (за критерієм Релея), монтування телескопа, турбулентність земної атмосфери, турбулентна комірка, адаптивна оптика, зоряний інтерферометр, радіотелескоп, інфрачервоний та рентгенівський телескопи, космічний*

телескоп та обсерваторія, всхвильова астрономія;

• сучасні астрономічні детектори (ПЗЗ-матриці).

До важливіших складових, що розкривають зміст головного базового поняття «зорі», на нашу думку, слід віднести такі поняття (об'єднані у відповідні мікрополя):

• спостережувані характеристики зір: *паралакс, парсек, абсолютна зоряна величина, світність, ефективна температура, кутовий діаметр зорі, спектр випромінювання, спектр поглинання, спектральний аналіз, спектральний клас, спектральна класифікація зір, діаграма Герцішпрунга-Рессела, клас світності, головна послідовність, надгігант, гігант (червоний гігант), карлик;*

• внутрішня будова зір: *гідростатична рівновага, гідродинамічний час, зона променистого перенесення енергії, непрозорість зоряної речовини, коефіцієнт непрозорості, конвективна зона, конвективна комірка, швидкість виділення енергії одиницею маси речовини;*

• джерела енергії зір: *власна гравітаційна енергія зорі (за аналогією як для планети), акреція, гравітаційне стискання, шкала Кельвіна-Гельмгольца, протон-протонний цикл, карбоно-нітрогеновий цикл, ефективність енерговиділення, нейтринний детектор;*

• моделі зір головної послідовності: *модель Сонця (ядро, зона променистого перенесення, конвективна зона, фотосфера, фотосферна грануляція, хромосфера, корона, протуберанець, магнітосфера), сонячна пляма, сонячний спалах, сонячний вітер, сонячна активність, число Вольфа;*

• еволюція зір: *газово-пилова хмара, маса Джинса, протозоря, коричневий карлик, характерний ядерний час еволюції зорі;*

• кінцеві стадії еволюції зір: *червоний гігант, білий карлик, вироджений електронний газ (нерелятивістський, релятивістський), межа Чандрасекара, планетарна туманність, червоний надгігант, наднова зоря, гравітаційний колапс, нейтронна зоря, вироджений нейтронний газ (нерелятивістський, релятивістський), залишок наднової, пульсар, волокниста туманність, межа Оппенгеймера-Волкова, гравітаційний радіус, чорна діра, сфера Шварцшильда, горизонт подій, сингулярність, гравітаційне червоне зміщення;*

• подвійні та кратні зорі: *візуально-подвійна, спектрально-подвійна та затемнювано-подвійна зоря, тісна подвійна зоря, порожнина Роша;*

• нестаціонарні зорі: *змінна зоря, пульсуюча зоря, цефеїда, крива блиску, амплітуда зміни блиску, нова зоря.*

У розділі «Галактики» зміст головного базового поняття *галактика* наповнюється такими основними поняттями:

• наша Галактика: *міжзоряне середовище, власний рух зорі, променева та просторова швидкості зорі, зоряна асоціація, зоряне скупчення (розсіяне, кулясте), Галактика «Молочний Шлях», спіральна галактика, спіральні рукави, галактичне ядро, галактичний рік, гало, диск і корона Галактики, обертання Галактики, коло коротації, проблема SETI, астросоціологічний*

парадокс;

• інші галактики: камертонна діаграма Габбла, еліптична галактика, лінзоподібна галактика, бар, неправильна галактика, каталог галактик, взаємодіючі галактики, квазар.

Головне базове поняття *Метагалактика* дало назву всьому розділу. Він, на нашу думку, має містити наступні мікрополя понять з відповідним наповненням:

• спостережувані основи сучасної космології: космологічний парадокс, «червоне зміщення» в спектрах галактик, стала Габбла, Місцева група галактик, скупчення і надскупчення галактик, великомасштабна структура Метагалактики, однорідність та ізотропія Метагалактики, реліктове випромінювання, баріонна асиметрія Метагалактики;

• моделі та еволюція Метагалактики: критична густина Метагалактики, еволюція Метагалактики, масштабний фактор, вік Метагалактики, модель Метагалактики (Ейнштейна, Фрідмана, інфляційна), темна матерія, темна енергія, мультиверс;

• походження Метагалактики: «Великий Вибух», шкала Планка, інфляційна стадія розширення Метагалактики, ера випромінювання, ера речовини.

Отже, нами сформовано поле понять курсу астрономії, призначеного для підготовки вчителя астрономії. Порядок розташування понять в ньому відповідає, на нашу думку, оптимальній логіці викладення матеріалу: від ближнього космосу до дальнього, від космічних тіл малих мас до масивних космічних тіл, від порівняно простих систем до найбільшої та найскладнішої системи – Всесвіту в цілому. До того ж така послідовність відповідає історичному розвитку астрономії як науки.

Поле понять для підготовки вчителя астрономії було визначено в статтях [157; 170] та монографії [154] автора.

3.3. Структура і зміст курсу астрономії для підготовки майбутнього вчителя астрономії

Очевидно, **метою курсу астрономії** є надання знань про рух, будову, походження та еволюцію космічних тіл, їх систем, Всесвіту в цілому в контексті підготовки майбутнього вчителя фізики та астрономії.

З мети випливають наступні **завдання курсу**:

Методичні:

1. Сформувати систему знань, необхідних для розуміння спостережуваних астрономічних явищ.

2. Сформувати сучасну астрономічну картину світу як складову частину природничонаукової картини світу.

3. Сформувати уявлення про значення астрономічної науки для практичної діяльності людей.

4. Сформувати астрономічну культуру майбутнього фахівця, підвищити його методологічну, креативну та інформаційну культуру.

5. Здійснювати інтелектуальне, естетичне та гуманітарне виховання студентів.

Пізнавальні:

1. Засвоїти предмет, структуру і роль астрономії у формуванні сучасної природничонаукової картини світу.

2. Засвоїти основні принципи, методи і результати досліджень руху, фізичної природи, походження та розвитку космічних тіл, їх систем та Всесвіту в цілому.

3. Вивчити основні фізичні характеристики Землі, Місяця інших планет і малих тіл Сонячної системи, Сонця, нашої Галактики, Метагалактики.

4. Здобути уявлення про основні етапи розвитку астрономії і найбільш видатних учених-астрономів.

Практичні:

1. Навчитися викладати на сучасному рівні курс астрономії в загальноосвітніх та спеціалізованих середніх навчальних закладах.

2. Навчитися розв'язувати задачі і виконувати вправи, запропоновані в шкільних підручниках, та їм подібні.

3. Здобути навички грамотно працювати з рухомою картою зоряного неба, знаходити на небі найбільш відомі сузір'я і зорі, проводити спостереження Сонця, Місяця, планет, подвійних зір і зоряних скупчень за допомогою телескопа.

4. Здобути досвід проводити тематичні вечори та інші позакласні заходи, сприяти гуманітарному, естетичному та екологічному вихованню учнів.

5. Навчитися чітко розмежовувати: дійсний та вигаданий вплив на Землю і людей Місяця, Сонця, планет, зір; твердо встановлені факти і теорії від гіпотез і припущень; справжню науку від псевдонауки.

Визначення стрижневих ідей, переструктурування матеріалу, виокремлення базових понять, формул, законів, теорій і вмінь дали змогу сформулювати основний зміст курсу астрономії, представлений в табл. 3.3. Він відрізняється від традиційного меншою кількістю понять, зменшенням астрометричної і збільшенням астрофізичної частин курсу, посиленням міжпредметних зв'язків з фізикою, гармонійним поєднанням фундаментальності та професійної спрямованості.

Принагідно зазначимо, що макроструктура курсу, тобто поділ на розділи та їх назви (як і стрижневі ідеї, і головні базові поняття), на нашу думку, мають бути універсальними як для середньої, так і для вищої школи (*принцип конгруентності*).

Зазначимо також, що закони, наведені в табл. 3.3, згадуються лише один раз – перший, проте це не означає, що вони не можуть використовуватись в наступних розділах (наприклад, очевидно, що закон всесвітнього тяжіння або закон збереження моменту імпульсу діє не тільки в Сонячній системі, а й у Галактиці та Метагалактиці).

Основний зміст курсу астрономії

Вступ	
Поняття	Астрометрія; астрономічна одиниця; астрономія; астрофізика; Всесвіт; галактика; космогонія; космологія; небесна механіка; світловий рік; Сонячна система
Розділ 1. Основи практичної астрономії	
Поняття	Азимут світила; атмосферна рефракція; білі ночі; високосний рік; висота світила; вісь світу; всесвітній час; горизонтальна система координат; Гринвіцький меридіан; день весняного (осіннього) рівнодення; день літнього (зимового) сонцестояння; екваторіальна система координат; екліптика; ера; зеніт; зенітна відстань; зодіак; зоряна доба; зоряна карта; зоряний рік; зоряний час; календар (юліанський, григоріанський); кульмінація світила (верхня, нижня); лінія зміни дати; літочислення; літній час; математичний горизонт; місцевий час; місячний календар; місячний місяць; небесна сфера; небесний екватор; небесний меридіан; небесні координати; північне і південне полярні кола; полюс світу (північний, південний); полярний день; полярна ніч; поясний
<i>Продовження таблиці 3.3</i>	
	час; прецесія; присмерки; пряме сходження; прямовисна лінія; сонячна доба; сонячний час; середній сонячний час; сузір'я; схилення; точка весняного (осіннього) рівнодення; точка півночі (півдня, сходу, заходу); тропіки Рака і Козорога; тропічний рік; фаза Місяця (новий Місяць, перша чверть, повний Місяць, остання чверть)
Явища	Атмосферна рефракція; білі ночі; добовий рух небесних світил; зміна сезонів року; прецесія земної осі; присмерки
Формули, співвідношення і рівняння	<i>Формули:</i> зв'язку між всесвітнім і місцевим сонячним часом, між всесвітнім і поясним часом, між зенітною відстанню, схиленням світила і широтою місця спостереження під час кульмінації світила
Принципи і теореми	Теорема про висоту полюса світу над горизонтом
Вміння	<i>Пояснювати:</i> виникнення астрономії як науки; значення астрономії у формуванні наукового світогляду; відмінність астрономії від астрології; явища, пов'язані з добовим обертанням небесної сфери; видимий добовий рух зір на різних географічних широтах; рух Сонця вздовж екліптики та рух Сонця на різних географічних широтах; явища атмосферної рефракції, присмерків, полярного дня і полярної ночі, прецесії земної осі; причини зміни пір року; фази Місяця;

	<p>принципи вимірювання й лічби часу; причину різної тривалості зоряної та сонячної доби; причину нерівності сидеричного та синодичного періодів обертання Місяця; відмінності між місячним і сонячним, юліанським і григоріанським календарями;</p> <p><i>обґрунтувати</i> практичне значення астрономії; астрономічні одиниці вимірювання відстаней; потребу існування поясного часу, лінії зміни дат;</p> <p><i>зображати</i> небесну сферу, основні точки та лінії на ній; <i>користуватися</i> рухомою картою зоряного неба; <i>визначати</i> напрям полуденної лінії в площині горизонту; <i>обчислювати</i> тривалість сонячної доби на планетах; <i>знаходити</i> яскраві зорі та сузір'я на зоряному небі; <i>орієнтуватися</i> на місцевості за зорями, Сонцем і Місяцем</p>
--	--

Розділ 2. Сонячна система

Поняття	<p>Альbedo; астероїд; астероїдна небезпека; астроблема; атмосфера; апогей; афелій; велика піввісь; висота однорідної атмосфери; власна гравітаційна енергія планети; внутрішня будова планети (ядро, мантія, кора); геоцентрична та</p>
---------	---

Продовження таблиці 3.3

	<p>геліоцентрична моделі Сонячної системи; геостаціонарний супутник; гідросфера; головний пояс астероїдів; гравітаційна диференціація; друга космічна швидкість; екзопланета; ексцентриситет; елонгація; зона існування; кільця навколо планет; колова швидкість; комета; конфігурація планети; магнітосфера; межа Роша; метеор; метеорит; метеороїд; параболічна швидкість; паралактичне зміщення; парниковий ефект; перигей; перигелій, перша космічна швидкість; планета (класична, карликова); планета земної групи; планета-гігант; пояс Койпера; припливна взаємодія; припливна сила; протистояння; радіаційна температура; сидеричний період; синодичний період; синхронне обертання; сонячна стала; сонячний вітер; сполучення (верхнє, нижнє); супутник (регулярний і нерегулярний) планети; хмара Оорта; ядро і хвіст комети</p>
Явища	<p>Болід; комета; метеор; «парад планет»; паралактичне зміщення; припливи; полярні сніжва і магнітні бурі; сонячне та місячне затемнення; сонячний вітер; «Тунгуський метеорит»</p>
Формули, співвідношення і рівняння	<p><i>Формули:</i> для афелійної (апогейної) та перигелійної (перигейної) відстаней, для власної гравітаційної енергії планети, висоти однорідної атмосфери, колової та першої</p>

	<p>космічної швидкостей, орбітальної швидкості на еліптичній траєкторії, параболічної та другої космічної швидкостей; зв'язку між геометричними параметрами орбіти космічного тіла (великою піввіссю, ексцентриситетом, фокальним параметром) і його повною енергією та моментом імпульсу, між частотою сонячних діб, осьовою та орбітальною частотами обертання планети; <i>рівняння</i>: конічного перерізу у полярних координатах; синодичного руху</p>
Принципи і теореми	Теорема віріала
Закони і закономірності	Другий закон Ньютона; закон всесвітнього тяжіння; закон збереження енергії; закон збереження моменту імпульсу; закони Кеплера; закон Стефана-Больцмана; правило Тіціуса-Бодє та інші закономірності у Сонячній системі
Теорії	Походження Сонячної системи
Вміння	<i>Пояснювати</i> : відмінності між системами світу Птолемея і Коперника, і сучасними уявленнями про будову Сонячної системи; видимий та справжній рух планет; конфігурації планет; зв'язок законів Кеплера з фундаментальними властивостями простору й часу (однорідність простору й часу,

Продовження таблиці 3.3

	<p>ізотропність і тривимірність простору); явища місячних та сонячних затемнень, паралактичного зміщення, припливів, полярних сьйв і магнітних бур, мерехтіння зір, комети, боліда, метеора; синхронізацію обертання Місяця навколо Землі; відмінності між коловою та першою космічною, параболічною та другою космічною швидкостями; планетами земної групи і планетами-гігантами, між карликовими і класичними планетами, між кометами і астероїдами; у загальних рисах теорію походження Сонячної системи; <i>обґрунтовувати</i> проблему астероїдної небезпеки; <i>доводити</i>: обертання Землі навколо своєї осі та навколо Сонця; <i>виводити</i>: узагальнені закони Кеплера, користуючись законами збереження; колову й параболічну швидкості; <i>визначати</i> масу Сонця і планет; <i>обчислювати</i> космічні швидкості для космічних тіл; момент імпульсу космічного тіла (осьовий і орбітальний); <i>розрізняти</i> на зоряному небі зорі і планети</p>
--	---

Розділ 3. Основи практичної астрофізики	
Поняття	Адаптивна оптика; всехвильова астрономія; збільшення телескопа; зоряна величина; зоряний інтерферометр; інфрачервоний телескоп; космічний телескоп; критерій Релея; масштаб зображення; монтування телескопу; ПЗЗ-матриця; радіотелескоп; рентгенівський телескоп; рефлектор; рефрактор; роздільна здатність; телескоп; турбулентність земної атмосфери; турбулентна комірка
Формули, співвідношення і рівняння	<i>Формули:</i> для граничної зоряної величини (проникної сили телескопа), збільшення телескопа, масштабу зображення в фокусі телескопа, розподілу інтенсивності світла у дифракційній картині Ері, роздільної здатності за критерієм Релея; формула Погсона
Закони і закономірності	Закон Вебера-Фехнера
Вміння	<i>Пояснювати</i> принцип дії телескопів (рефрактора, рефлектора), <i>обґрунтувати</i> сучасний стан розвитку астрономії як всехвильової науки; <i>визначати</i> характеристики телескопів; <i>виводити</i> формулу Погсона із закону Вебера-Фехнера; <i>користуватися</i> телескопом;

Продовження таблиці 3.3

	<i>організовувати і проводити</i> телескопічні спостереження Місяця, планет, Сонця, подвійних зір і зоряних скупчень
--	--

Розділ 4. Зорі

Поняття	Абсолютна зоряна величина; акреція; амплітуда зміни блиску; білий карлик; вироджений електронний газ (нерелятивістський, релятивістський); вироджений нейтронний газ (нерелятивістський, релятивістський); газово-пилова хмара; гідродинамічний час; гідростатична рівновага; головна послідовність; горизонт подій; гравітаційний колапс; гравітаційний радіус; гравітаційне стискання; гравітаційне червоне зміщення; діаграма Герцшпрунга-Рессела; ефективна температура; ефективність енерговиділення; залишок наднової; змінна зоря (фізично, оптично); зона променистого перенесення; зоря; карбоно-оксигеновий цикл; каталог зір; клас світності; коефіцієнт непрозорості; конвективна зона; конвективна комірка; коричневий карлик; корона; крива блиску; кутовий діаметр зорі; маса Джинса; межа Оппенгеймера-Волкова; межа Чандрасекара; надгігант; наднова зоря; нейтринний детектор; нейтронна зоря; непрозорість зоряної речовини; нова зоря; паралакс; парсек;
---------	--

	<p>подвійна зоря (візуально -, затемнювано -, спектрально -); порожнина Роша; протозоря; протон-протонний цикл; протуберанець; пульсар; пульсуюча зоря; світність; сингулярність; сонячна активність; сонячна пляма; сонячний спалах; спектр випромінювання; спектр поглинання; спектральна класифікація; спектральний аналіз ; спектральний клас; сфера Шварцшильда; тісна подвійна зоря; туманність (планетарна, волокниста); фотосфера; фотосферна грануляція; характерний ядерний час еволюції зорі; хромосфера; цефеїда; червоний гігант; число Вольфа; чорна діра; швидкість виділення енергії одиницею маси речовини; шкала Кельвіна-Гельмгольца; ядро зорі</p>
Явища	<p>Затемнення у подвійних системах; протуберанець; сонячна активність; сонячна пляма; спалах на Сонці; спалах наднової; фотосферна грануляція; явище нової зорі; явище пульсара</p>
Формули, співвідношенн я і рівняння	<p><i>Формули:</i> для визначення відстані до зорі, власної гравітаційної енергії зорі, гравітаційного радіуса, граничної маси Чандрасекара, коефіцієнту енерговиділення, тиску випромінювання, швидкості виділення енергії одиницею маси зоряної речовини (для протон-протонного і карбоно- оксигенового циклів), залежності часу перебування зорі на</p>

Продовження таблиці 3.3

	<p>головній послідовності від маси зорі, критеріїв виродження електронного та нейтронного газів; зв'язку між сонячною сталою і світністю Сонця, між світністю, радіусом та ефективною температурою зорі, між масою і радіусом білого карлика (випадок нерелятивістського виродження), між середньою абсолютною зоряною величиною і періодом зміни блиску для цефеїди; <i>співвідношення:</i> між видимою та абсолютною зоряними величинами; маса-світність для головної послідовності; <i>рівняння:</i> гідростатичної рівноваги, променистого перенесення, зв'язку між виділенням і перенесенням енергії всередині зорі, розподілу маси за радіусом зорі, стану зоряної речовини (нормальних зір, білих карликів, нейтронних зір)</p>
Принципи і теореми	<p>Принцип заборони Паулі; теорема Фогта-Рессела</p>
Закони і закономірності	<p>Ефект гравітаційного червоного зміщення; ефект Доплера; закон Віна; період-світність і період-середня густина для цефеїд; співвідношення маса-світність; співвідношення невизначеностей Гейзенберга</p>

Теорії	Будови та еволюції зір; походження хімічних елементів
Вміння	<p><i>Пояснювати:</i> діаграму Герцшпрунга-Рессела; умови виникнення конвекції в зорях; механізм народження зір; еволюцію зір різних мас; походження хімічних елементів; явища нової та наднової зорі, пульсара, зміни блиску для пульсуючих зір та в подвійних системах;</p> <p><i>обґрунтувати:</i> спектральну класифікацію зір; механічну і теплову рівновагу звичайної зорі; сонячно-земні зв'язки; механічну рівновагу білого карлика і нейтронної зорі; існування межі Чандрасекара; швидке обертання та потужне магнітне поле нейтронних зір; можливості виявлення чорних дір;</p> <p><i>доводити,</i> що джерелом енергії зір є термоядерні реакції ;</p> <p><i>обчислювати:</i> відстані до зір за їх паралаксом; абсолютні зоряні величини за їх видимими зоряними величинами; ефективну температуру зір за їх кутовими діаметрами; маси зір у подвійних системах;</p> <p><i>оцінювати</i> енергію, що вивільняється під час гравітаційного колапсу (спалаху наднової);</p> <p><i>зображати</i> (схематично) внутрішню будову різних типів зір;</p> <p><i>користуватися</i> зоряними каталогами;</p> <p><i>будувати</i> діаграму Герцшпрунга-Рессела</p>

Продовження таблиці 3.3

Розділ 5. Галактики	
Поняття	Астросоціологічний парадокс; бар; взаємодіючі галактики; власний рух зорі; Галактика «Молочний Шлях»; галактичне ядро; галактичний рік; гало, диск і корона Галактики; еліптична галактика; зоряна асоціація; зоряне скупчення (розсіяне, кулясте); камертонна діаграма Габбла; каталог галактик; квазар; коло коротації; лінзоподібна галактика; міжзоряне середовище; неправильна галактика; обертання Галактики; проблема SETI; променева та просторова швидкості зорі; спіральна галактика; спіральні рукави
Формули, співвідношення і рівняння	<i>Формули</i> для визначення променевої та просторової швидкості зорі формула Дрейка
Принципи і теореми	Теорема Зеслігера
Теорії	Хвиль густини
Вміння	<i>Пояснювати:</i> особливості будови і обертання Галактики, особливості місцезнаходження Сонячної системи в

	Галактиці; стійкість спірального візерунку спіральних галактик; природу активності ядер галактик; суть проблеми «прихованої маси»; <i>обчислювати</i> променево та просторову швидкості зір; <i>користуватися</i> каталогами галактик; <i>класифікувати</i> галактики; <i>інтерпретувати</i> формулу Дрейка
Розділ 6. Метагалактика	
Поняття	Баріонна асиметрія; «Великий Вибух»; великомасштабна структура Метагалактики; вік Метагалактики; еволюція Метагалактики; ера випромінювання; ера речовини; інфляційна стадія розширення Метагалактики; космологічний парадокс; критична густина Метагалактики; масштабний фактор; Метагалактика; Місцева група галактик; модель Метагалактики (Ейнштейна, Фрідмана, інфляційна); мультиверс; однорідність та ізотропія Метагалактики; походження Метагалактики; реліктове випромінювання; скупчення і надскупчення галактик; стала Габбла; «темна» енергія; темна матерія («прихована маса»); червоне зміщення; шкала Планка
Явища	Прискорення розширення Метагалактики; розширення Метагалактики
Формули, співвідношення	<i>Формули:</i> для визначення критичної густини, для визначення планківських величин (маси, довжини, часу, густини);

Продовження таблиці 3.3

і рівняння	зв'язку між променевою швидкістю галактики і відстанню до неї, між сталою Габбла і масштабним фактором
Принципи і теореми	Антропний принцип
Закони і закономірності	Закон Габбла
Теорії	Великого Вибуху
Вміння	<i>Пояснювати:</i> сучасний хімічний склад Метагалактики; баріонну асиметрію Метагалактики; існування і природу реліктового випромінювання; існування закону Габбла; зв'язок геометрії Метагалактики з її середньою густиною; можливі сценарії розширення Метагалактики; існування темної матерії і «темної» енергії; <i>обґрунтувати</i> ідею існування інших всесвітів (ідею «ансамблю світів» або мультиверса); <i>виводити</i> формулу для критичної густини Метагалактики; формули шкали Планка;

	<p><i>інтерпретувати:</i> червоне зміщення в спектрах галактик; антропний принцип;</p> <p><i>зображати</i> залежність масштабного фактору від часу для різних сценаріїв еволюції Метагалактики;</p> <p><i>формулювати і розв'язувати</i> космологічні парадокси і найбільш відомі проблеми фрідманівської космології</p>
--	--

Наведені в табл. 3.3 поняття, явища, співвідношення, принципи, закони і теорії перебувають у тісному взаємозв'язку. Цей взаємозв'язок, з одного боку, демонструє логіку астрономії як науки, з іншого – забезпечує системність курсу астрономії як навчального предмета [126].

Отже, програма курсу астрономії може в основних рисах виглядати так:

Вступ

Предмет астрономії. Структура астрономії. Народження астрономії. Еволюція астрономії: від питань «як?» до питань «чому?». Астрономія у пошуках відповідей на питання про місце людини у Всесвіті. Погляд на Всесвіт. Масштаби Всесвіту.

Розділ 1. Основи практичної астрономії

1.1. Зоряне небо.

Сузір'я: походження поняття і назв. Сучасне означення сузір'я. Позначення сузір'їв і зір. Назви зір. Перші зоряні каталоги. Зоряні величини (за Гіппархом).

1.2. Небесна сфера. Небесні координати.

Означення поняття «небесна сфера». Основні точки і кола на небесній сфері. Проблема побудови зоряних карт, атласів і каталогів. Горизонтальна система небесних координат. Екваторіальна система небесних координат (α , δ). Рухома карта зоряного неба.

1.3. Видимий рух зір на небесній сфері.

Теорема про висоту полюса світу над горизонтом. Видимий рух зір на різних географічних широтах. Кульмінація світил. Висота світила в меридіані. Умови видимості світил. Атмосферна рефракція.

1.4. Видимий рух Сонця на небесній сфері.

Екліптика. Зодіакальні сузір'я та знаки Зодіака. Прецесія земної осі. Добовий рух Сонця на різних географічних широтах. Астрономічні основи кліматичних зон на Землі. Приклади. Білі ночі.

1.5. Основи вимірювання часу.

Зоряний час. Зоряна доба. Сонячна доба. Істинний та середній сонячний час. Системи відліку часу. Місцевий час і довгота. Всесвітній, поясний, літній час. Лінія зміни дати.

1.6. Астрономічні основи календаря.

Означення поняття «календар». Походження слова «календар». Природні одиниці часу: сонячна доба, місячний місяць, тропічний рік. Визначення тривалості тропічного року. Співвідношення між природними

одинацями часу. Місячний календар. Сонячні календарі. Юліанський календар.

1.7. *Сучасний сонячний календар. Календарні ери.*

Проблеми, зумовлені використанням юліанського календаря. Григоріанський календар. Походження 7-денного тижня. Назви днів тижня. Походження ери від Різдва Христового (нової ери). Віфлеємська зоря. Проблеми хронології.

Розділ 2. Сонячна система

2.1. *Будова Сонячної системи.*

Система світу Птолемея. Система світу Коперника. Доведення обертання Землі навколо осі. Докази обертання Землі навколо Сонця. Сучасні уявлення про будову Сонячної системи.

2.2. *Кінематика Сонячної системи.*

Перший закон Кеплера. Еліпс: основні властивості та характеристики. Другий закон Кеплера, його наслідки. Третій закон Кеплера. Проблема визначення періодів обертання планет навколо Сонця. Конфігурації планет. Рівняння синодичного руху.

2.3. *Динаміка Сонячної системи – 1.*

Узагальнені закони Кеплера, закони збереження і фундаментальні властивості простору і часу (однорідність, ізотропність, тривимірність). Класична задача двох тіл. Другий закон Кеплера як наслідок закону збереження моменту імпульсу.

2.4. *Динаміка Сонячної системи – 2.*

Рівняння траєкторії кеплерівського руху (як наслідок законів збереження енергії та моменту імпульсу, а також тривимірності простору): а) рівняння коначного перерізу; б) перший закон Кеплера; в) визначення перигелійної та афелійної відстаней. Зв'язок фізики з геометрією: коловий, еліптичний, параболічний та гіперболічний рух і повна енергія.

2.5. *Динаміка Сонячної системи – 3.*

Узагальнений третій закон Кеплера як наслідок першого та другого законів. Застосування третього закону Кеплера для вимірювання маси Сонця. Застосування третього узагальненого закону Кеплера до визначення мас планет Сонячної системи. Чому у третьому законі у запису самого Кеплера відсутні маси?

2.6. *Динаміка Сонячної системи – 4.*

Характеристичні швидкості кеплерівського руху (колова й параболічна). Перша і друга космічні швидкості. Орбітальна швидкість на еліптичній траєкторії.

2.7. *Спостережувані характеристики планет.*

Визначення поняття «планета». Граничні параметри сферичної планети. Елементи орбіт планет. Елементи осьового обертання планет. Фізичні характеристики планет. Умови на поверхні планет.

2.8. *Планета Земля.*

Розміри та форма Землі (вимірювання Ератосфена, геодезична дуга Струве). Вимірювання маси Землі. Внутрішня будова. Гідросфера та атмосфера Землі. Магнітосфера Землі.

2.9. Місяць.

Особливості орбіти Місяця. Орбітальний та осьовий періоди обертання. Сонячні та місячні затемнення. Фізичні умови на Місяці. Рельєф поверхні. Космічні дослідження Місяця. Внутрішня будова. Походження Місяця.

2.10. Планети земної групи: Меркурій, Венера, Марс.

Головні властивості планет земної групи. Спостереження із Землі. Дослідження за допомогою космічних апаратів. Атмосфери. Рельєф поверхні. Внутрішня будова. Головні особливості кожної планети.

2.11. Планети-гіганти. Карликові планети.

Головні властивості планет-гігантів. Елементи орбіт. Елементи осьового обертання. Фізичні характеристики. Дослідження за допомогою космічних апаратів. Хімічний склад та будова. Супутники та кільця. Карликові планети.

2.12. Малі тіла Сонячної системи – 1.

Комети. Історія відкриття періодичних комет. Комета Галлея. Орбітальні та фізичні характеристики комет. Пояс Койпера та хмара Оорта.

2.13. Малі тіла Сонячної системи – 2.

Правило Тіціуса-Бодена. Астероїди: історія відкриття. Орбітальні та фізичні характеристики астероїдів. Головний пояс астероїдів. Сімейства астероїдів. Метеори, метеороїди, метеорити. Класифікація метеоритів. Астроблеми Землі. Астероїдно-кометна небезпека. Тунгуський «метеорит».

2.14. Походження Сонячної системи.

Закономірності у Сонячній системі. Сучасні сценарії походження Сонячної системи. Пошуки та відкриття позасонячних планет (екзопланет). Проблеми походження планетних систем.

Розділ 3. Основи практичної астрофізики

3.1. Основи практичної астрофізики – 1.

Основні поняття астрофотометрії. Шкала видимих зоряних величин. Психофізичний закон Вебера-Фехнера. Формула Погсона. Оптичні телескопи. Призначення і будова. Рефрактори та рефлектори. Гранична зоряна величина телескопа.

3.2. Основи практичної астрофізики – 2.

Збільшення телескопа під час візуальних спостережень. Роздільна здатність телескопа. Критерій Релея. Найкрупніші телескопи сучасності. Адаптивна оптика. Сучасні приймачі випромінювання космічних тіл. Поняття про ПЗЗ-матриці. Всехвильова астрономія.

Розділ 4. Зорі

4.1. Спостережувані характеристики зір – 1.

Відстані до зір. Світності зір. Розрахунок світності Сонця за допомогою сонячної сталої. Абсолютна зоряна величина. Зв'язок між абсолютною та видимою зоряними величинами. Зв'язок між абсолютними зоряними величинами та світностями зір.

4.2. *Спостережувані характеристики зір – 2.*

Визначення поняття ефективної температури зорі. Ефективна температура Сонця. Ефективні температури та кольори зір. Вимірювання кутових діаметрів зір. Радіуси зір. Вимірювання мас зір.

4.3. *Зв'язок між спостережуваними зоряними характеристиками.*

Спектри зір і спектральна класифікація. Діаграма Герцшпрунга–Рессела. Класи світності зір. Емпіричні співвідношення «маса-світність» і «маса-радіус». Статистика зір в околицях Сонця. Спостережувані характеристики деяких відомих зір.

4.4. *Внутрішня будова зір – 1.*

Гідростатична рівновага зорі. Розглядання гіпотез: про відсутність гравітації і про наявність тільки гравітації. Рівняння гідростатичної рівноваги. Рівняння розподілу маси всередині зорі. Оцінка середньої по зорі температури. Фізичний стан зоряної речовини. Рівняння стану зоряної речовини. Застосовність моделі ідеального газу. Оцінка внеску тиску випромінювання.

4.5. *Внутрішня будова зір – 2.*

Перенесення енергії в зорях. Порівняння теплопровідності і променистого перенесення. Рівняння променистого перенесення. Непрозорість зоряної речовини. Конвекція. Умови виникнення конвекції. Зв'язок між виділенням і перенесенням енергії в зорях. Теорема Фогта-Рессела.

4.6. *Джерела енергії зір.*

Перші гіпотези щодо джерел випромінювання Сонця. Енергетичні характеристики Сонця. Теорема віріала. Гіпотеза Майєра. Гіпотеза Кельвіна-Гельмгольца. Гіпотези радіоактивного розпаду та анігіляції зоряної речовини.

4.7. *Термоядерні джерела енергії зір.*

Гіпотеза Еддінгтона. Проблема подолання потенціального бар'єру. Тунельний ефект. Конкретизація процесів: протон-протонний цикл. Карбоно-нітрогеновий цикл. Проблема доказів перебігу термоядерних реакцій в надрах зір. Хлор-аргоновий експеримент Р. Девіса. Проблема дефіциту сонячних нейтрино. Деталізація реакцій протон-протонного циклу. Галієві та інші детектори нейтрино. Зняття проблеми сонячних нейтрино. Нейтринні осциляції.

4.8. *Моделі зір.*

Політропні моделі зір. Модель внутрішньої будови Сонця. Фотосфера Сонця. Явище грануляції як прояв конвекції. Хромосфера та корона Сонця. Моделі зір верхньої та нижньої частини ГП.

4.9. *Еволюція зір. Еволюція до головної послідовності.*

Історія питання. Критерії Джинса гравітаційної нестійкості. Еволюція, що передує ГП. Протозорі. Залежність еволюції від маси зорі. Спостереження за народженням зір.

4.10. *Еволюція зір після головної послідовності.* Характерний ядерний час зорі. Покидання зорями ГП. Еволюція зір посередніх мас. Модель

червоного гіганта. Виродження зоряної речовини. Критерії виродження. Тиск зоряної речовини на діаграмі «температура-густина». Рівняння стану виродженого електронного газу.

4.11. *Кінцеві стадії еволюції зір – 1. Білі карлики.*

Стискання гелієвого ядра червоного гіганта. Загоряння Гелію. Потрійний α -процес. Білі карлики. Історія виявлення. Співвідношення маса-радіус у випадку нерелятивістського-виродження. Гранична маса білого карлика (межа Чандрасекара). Будова білих карликів. Планетарні туманності.

4.12. *Кінцеві стадії еволюції зір – 2. Нейтронні зорі.*

Основні стадії ядерної еволюції. Походження хімічних елементів. Будова надгіганта напередодні спалаху наднової. Гравітаційний колапс. Що зупиняє гравітаційний колапс? Рівняння стану виродженого нейтронного газу. Маса та розміри нейтронних зір. Передбачення Ландау. Відкриття першої нейтронної зорі. Спалахи наднових у нашій Галактиці. Пульсари. Ефект маяка. Будова нейтронних зір. Теорема Пайнса.

4.13. *Кінцеві стадії еволюції зір – 3. Чорні діри.*

Передбачення Лапласа. Гравітаційний радіус і друга космічна швидкість. Інтервал в СТВ і ЗТВ. «Мандрування» у чорну діру. Гравітаційне червоне зміщення. Обертання чорних дір. Методи виявлення та спостереження чорних дір.

4.14. *Подвійні та кратні зорі*

Загальні характеристики подвійних систем. Візуально-, затемнювано- та спектрально-подвійні зорі. Особливості будови та еволюції тісних подвійних систем.

4.15. *Нестаціонарні зорі*

Класифікація змінних зір (в основних рисах). Пульсуючі змінні. Розрахунок періоду радіальних зоряних пульсацій. Теорія пульсацій змінних зір (на якісному рівні). Еруптивні зорі.

Розділ 5. Галактики

5.1. *Наша Галактика.*

Розподіл зір в Галактиці. Зоряні скупчення. Міжзоряне середовище. Рух зір в Галактиці. Власний рух та променеві швидкості зір. Рух Сонячної системи в Галактиці. Коло коротації. Обертання Галактики. Загальна структура Галактики. Проблема спіральної структури Галактики.

5.2. *Галактики.*

Відкриття та класифікація галактик. Спостережувані характеристики галактик. Відстані до галактик. Червоне зміщення. Закон Габбла. Стала Габбла. Загальні фізичні характеристики галактик. Розподіл галактик у просторі. Теорема Зеєлігера.

Розділ 6. Метагалактика

6.1. *Спостережувані основи сучасної космології.*

Структура Метагалактики. Нестаціонарність Метагалактики. Реліктове випромінювання. Хімічний склад та вік Метагалактики. Масштабний фактор та стала Габбла.

6.2. *Моделі Метагалактики.*

Модель Ейнштейна. Критична густина. Можливі сценарії розширення Метагалактики. Ньютонівські космологічні моделі. Модель Ейнштейна-де Сіттера. Модель Фрідмана (на якісному рівні). Відкриття прискореного розширення Метагалактики. Темна матерія та «темна» енергія.

6.3. *Походження Метагалактики.*

Проблеми фрідманівської моделі. Сучасні уявлення про квантове народження Метагалактики. Фізичний вакуум. Інфляційна модель ранньої стадії розширення Метагалактики. Можливості інфляційної моделі. Адронна ера. Виникнення баріонної асиметрії. Лептонна ера. Ера випромінювання. Ера речовини.

Реалізувати цю програму можна за 44 лекції (принагідно зазначимо для порівняння, що це приблизно дорівнює двом лекційним курсам з теоретичного курсу фізики, який викладають майбутнім вчителям, наприклад, з «Класичної електродинаміки» і «Квантової механіки»). Деякі теми можна винести на самостійне опрацювання, наприклад, «Сонячні та місячні затемнення», «Закономірності у Сонячній системі», «Оцінка внеску тиску випромінювання всередині зір», «Міжзоряне середовище» та ін. Ми, зазвичай, виносимо на самостійне вивчення навіть цілий підрозділ «Подвійні та кратні зорі». Зрозуміло, що для того, щоб самостійна робота була ефективною, вона має обов'язково контролюватися з боку викладача.

Матеріал цього підрозділу висвітлений у статті автора [151] та монографії [154] автора.

3.4. *Застосування діяльнісного підходу в процесі підготовки вчителя астрономії*

Сутність діяльнісного підходу до навчання, як відомо [293], полягає у тому, що на заняттях викладач організує діяльність студентів зі створення та (або) використання окремих елементів знань. Елементи знань зазвичай об'єднують у відповідні групи: *поняття про об'єкти, явища, величини; наукові факти; закони; теорії; вимірювальні прилади*. Кожний елемент знання є результатом певної діяльності, яку зазвичай називають *діяльністю зі створення знання*. Далі кожний елемент знання використовується в конкретних ситуаціях або для розпізнавання ситуацій, що відповідають цьому знанню, або для відтворення таких ситуацій. Отже, кожному елементу знань можуть відповідати три види діяльності:

- «створення» знання;
- розпізнавання ситуації, пов'язаної з цим знанням;
- відтворення ситуацій, пов'язаних із цим знанням.

Наприклад, для організації діяльності студентів із розпізнавання ситуацій, що відповідають тому чи іншому елементу знання часто використовують задачі.

Діяльнісний підхід до організації навчального процесу дає змогу не тільки успішно розв'язувати проблему ефективного засвоєння знань, а й формувати у студентів уміння самостійно і грамотно планувати свою

діяльність у різних ситуаціях. Цього можна досягти шляхом формування у майбутніх учителів узагальнених умінь. Формуванню саме узагальнених умінь сприяє фундаменталізація навчання.

Узагальнені види діяльності, що можна віднести, наприклад, до отримання знань про певний закон є наступними [293]:

- встановлення («відкриття») закону;
- знаходження значень величин, що входять до закону, у конкретній ситуації;
- пояснення і передбачення поведінки об'єктів у конкретних ситуаціях згідно з законом;
- відтворення конкретних ситуації, що підкоряються закону.

«Створювати» знання разом із студентами можна і на лекціях з астрономії, але можливості діяльнісного підходу тут, очевидно, обмежені. Ефективна реалізація цього підходу можлива тільки під час проведення лабораторних, практичних і семінарських занять, причому, в ідеалі, в їх комплексі. Головним при цьому має бути організація цих занять в контексті фундаменталізації і професійної спрямованості навчання. Виходити потрібно не з того, що вже є «під руками» (а саме так часто створюються лабораторні роботи), а з доцільності, методологічної важливості, фундаментальності тих елементів знань, які потрібно створювати, розпізнавати і відтворювати.

Зазначимо принагідно, що ми поділяємо думку В.Г. Разумовського і Ю. О. Саурова про те, що ефективне управління навчанням можливе за умови, коли крім *моніторингу досягнень* студентів застосовуються також такі методи управління як *структуризація навчального процесу та узгодження діяльностей* [248].

3.4.1. Практикум із розв'язування астрономічних задач та методика його проведення

Величезним резервом підвищення ефективності навчання астрономії, одним із способів управління цією діяльністю є практикум з розв'язування астрономічних задач. Більше того, на нашу думку, свідоме розуміння студентами суті астрономічних явищ, природи та еволюції космічних об'єктів можливе тільки за умови існування такого практикуму.

Є очевидним, що підготовка фахівця з фізики (неважливо – майбутнього інженера, наукового співробітника чи викладача) неможлива без систематичного розв'язування задач. «Головне значення цього виду навчальної діяльності – поглиблення знань тих, хто навчається, розвиток їхнього мислення, формування вміння аналізувати задачну ситуацію та знаходити шляхи її розв'язання, а також уміння творчо підходити до проблем, що виникають» [294, с. 320].

Разом з тим, під час навчання астрономії розв'язанню задач традиційно не приділяється достатньої уваги. Про це свідчить надзвичайно мала кількість збірників задач з астрономії для вищих навчальних закладів: в Україні – 2 [143; 166], в Росії – 4 [43; 75; 98; 203] (автором одного з яких є ще Б.О. Воронцов-Вельямінов – один із засновників радянської астрономічної

освіти).

Без сумніву розв'язування задач активізує процес навчання, привчає студентів самостійно (особливо під час виконання домашніх завдань) розв'язувати «маленькі» наукові проблеми, наближає навчальне пізнання до наукового. Крім цього, розв'язування астрофізичних задач допомагає майбутнім учителям фізики та астрономії більш глибоко усвідомити вже відому їм фізику, навчає застосовувати відомі їм закони у космічних умовах, беззаперечно сприяє розширенню горизонту їх фізичного мислення.

З іншого боку, розв'язування задач крім традиційного закріплення матеріалу дає змогу викладачеві привертати увагу студентів до найбільш важливих проблем, теорій, гіпотез, нарешті, просто формул, дає змогу робити відповідні акценти. З'являється також більше можливостей демонструвати процес здобуття знань, що дуже важливо з методологічної точки зору, і на що на лекціях не завжди вистачає часу. Сам процес розв'язування, обговорення та аналіз розв'язків дозволяє викладачеві побачити прогалини у знаннях студентів, в їх розумінні певних явищ та процесів, нарешті, в їх умінні застосовувати набуті знання. Отже, наявність такого практикуму надає можливості управління процесом навчання.

Для ефективної реалізації ідеї такого практикуму нами підготовлено два збірника задач: «Сонячна система» [166] і «Зорі. Астрофізичні задачі з розв'язаннями» [143]. Перший збірник містить 266 задач, другий – 201 задачу, переважна більшість яких має не просто відповіді, а детальні розв'язання з поясненнями і коментарями. Це, на нашу думку, виправдано в умовах інтенсифікації навчального процесу, збільшення частки самостійної роботи студента, а також в умовах відсутності відповідної практики і навіть певних традицій, стандартних способів розв'язання таких задач.

Отже, створений автором комплекс астрономічних задач націлений на засвоєння загальних способів дій, взірців і алгоритмів розв'язування задач певних класів. При цьому під час створення цього комплексу як системи ми прагнули, щоб розв'язання задач забезпечувало досягнення не тільки ближніх навчальних цілей, а й віддалених.

Практикум із розв'язування астрономічних задач у Херсонському державному університеті організований таким чином, що студенти розв'язують задачі різного типу, а саме:

- переважну більшість задач становлять задачі, що зорієнтовані на одержання *чисельного результату*, оскільки чисельний результат є важливим критерієм розумності отриманої відповіді, наближає задачу до реальної астрофізичної ситуації;
- задачі, що мають *оціночний характер*, що сприяє розвитку у студентів ясності фізичного й астрономічного мислення і відчуття масштабів астрономічних величин та явищ;
- *якісні задачі*, розв'язання яких вчить аналізувати явища на якісному рівні, розвиває вміння застосовувати теоретичні знання, вміння міркувати. Такі задачі дають змогу викладачеві акцентувати увагу студентів на тих підрозділах курсу астрономії, що розглядаються тільки з якісного боку;

•*задачі пізнавального характеру* (студент лишається сам на сам із задачею, з якої здобуває нову для себе інформацію) – це особливо важливо в умовах будь-якого обмеження аудиторних форм занять (заочна, екстернатна або дистанційна освіта, самоосвіта);

•*задачі з історичним змістом*, які відображають, з одного боку, невід’ємний зв’язок історії астрономії з історією нашої цивілізації, з іншого – утворюють додаткову інтригу, допомагають активізувати процес розв’язування, коли цікавість до історичного факту перетворюється на інтерес до змісту задачі. Такі задачі підкреслюють також важкий шлях здобування істини і є важливим елементом історичного підходу до навчання;

•озброювати методологією творчої діяльності, розвивати творче мислення призначені *задачі творчого характеру* (наприклад, задачі з надлишковими або навпаки – з неповними даними, задачі за малюнком, задачі-парадокси, задачі за схемою «що б сталося, якби...» тощо).

Формуванню професійних компетентностей майбутнього вчителя астрономії, на нашу думку, сприяють задачі, які дають відповіді на, умовно кажучи, «дитячі» *запитання*, наприклад [143; 166]:

- Чому Земля кругла?
- Чому Місяць біля горизонту здається збільшеним?
- Чому Місяць завжди повернутий до нас одним боком?
- Чому небо на Землі блакитного кольору?
- Чому Сонце на горизонті червоне?
- Чому мерехтять зорі?
- Чи бувають зелені зорі?
- Чому вночі темно?

Формуванню професійних компетентностей майбутнього фахівця в контексті фундаменталізації навчання сприяють задачі, що відповідають на «*основоположні*» *запитання*, наприклад:

•Якими фундаментальними властивостями простору й часу обумовлено закони Кеплера?

•За якої повної енергії планета (астероїд, комета) буде мати колову, еліптичну, параболічну або гіперболічну орбіту?

•Що таке планети? Де за масою є межа між планетами і астероїдами, планетами й зорями, і чому?

- Які параметри космічних тіл можна визначити зі спостережень?
- Яку теплоємність мають зорі?
- Як виникли хімічні елементи у Всесвіті?
- Чому Всесвіт нестационарний?

Формуванню наукового стилю мислення й діяльності, астрономічної картини світу, наукового світогляду сприяють, на нашу думку, *задачі на доведення*. Вони також формують узагальнене вміння доводити в умовах, коли результат не можна перевірити наочним експериментом (на цю особливість астрономії ми звертали увагу, див підрозділ 1.2). Принагідно зазначимо, що в астрономії є окремі випадки, коли такі експерименти можна

запропонувати (наприклад, експерименти, що доводять обертання Землі навколо своєї осі), проте їх дуже небагато. Серед задач на доведення можна розв'язувати такі [143; 166]:

- Доведіть, що Земля обертається навколо своєї осі.
- Доведіть, що Земля обертається навколо Сонця.
- Доведіть, що газ у центрі Сонця є ідеальним.
- Доведіть, що світність Сонця підтримується не акреційним механізмом, не гравітаційним стисканням, не радіоактивним розпадом.
- Доведіть, що джерелом енергії Сонця є термоядерні реакції перетворення Гідрогену в Гелій.
- Доведіть, що головним механізмом перенесення енергії всередині Сонця є випромінювання тощо.

Точне розв'язання багатьох задач є складним або громіздким. Проте часто для здобуття важливих висновків достатньо отримати значення певного параметру космічного тіла або системи за порядком величини, відкидаючи другорядні деталі. На нашу думку, формування узагальненого в міння спрощувати задачу, робити оцінки є важливим компонентом підготовки майбутнього фахівця. Як приклади можна навести такі задачі [143; 166]:

• Чи може космонавт, підстрибнувши, назавжди покинути супутник Марса Деймос?

- Чим визначається висота гір на планетах?
- Наскільки вистачить комети Галлея?
- Час розпливання Сонця у відсутності гравітації.
- Оцінка гідродинамічного часу зорі.
- Оцінка енергії вибуху під час спалаху наднової I типу.
- Оцінка маси і швидкості розширення оболонки під час спалаху наднової II типу тощо.

Практикум з розв'язування астрономічних задач дає змогу розширити та поглибити *міжпредметні зв'язки фізики та астрономії*, наприклад, за умови опрацювання таких понять як *момент інерції планет, теорема віріала, теплоємність зір, ефект Доплера та гравітаційне червоне зміщення, застосування закону збереження моменту імпульсу для космічних тіл або поняття ідеального і виродженого газу всередині нормальних зір, білих карликів та нейтронних зір відповідно, обчислення зміни ентропії в процесі народження зорі або чорної діри* тощо. Зазначимо, що формування узагальнених умінь розв'язування задач із застосуванням законів збереження проілюстровані у підрозділах 4.2.2 і 4.2.3.

Формуванню критичного, діалектичного мислення, наукового світогляду сприяють *задачі на спростування міфів*. Серед найвідоміших міфів є такі:

- З гармати на Місяць (за Ж. Верном).
- Темний бік Місяця.
- Сходи Землі на Місяці.

- Експедиція на Марс за прямолінійною траєкторією під час його протистояння.
- Канали на Марсі.
- Головний пояс астероїдів виник в результаті зруйнування планети Фаетон.
- Зорі з криниць тощо.

У навчальному посібнику «Зорі» [143] є серія задач (всього їх вісім), що виявляє зв'язок характерних параметрів зір (маси, радіуса, світності, часу життя) з фундаментальними фізичними константами (гравітаційною сталою, швидкістю світла, сталою Планка, зарядом електрона, масами протона і електрона). Ці задачі об'єднують астрономію з різними розділами фізики, показують, наскільки наш Всесвіт чутливий до числових значень цих констант, демонструють єдність і збалансованість світу. На прикладі таких задач формується узагальнене вміння виявляти зв'язки між характерними параметрами астрономічних об'єктів і фундаментальними константами фізики.

Наприкінці березня 2011 р. у м. Львові відбувся заключний етап першої Всеукраїнської олімпіади з астрономії. Призери, особливо переможці, продемонстрували без перебільшення високий рівень знань та вмінь і були запрошені для участі у Міжнародній астрономічній олімпіаді, на якій четверо з них стало призерами. Отже, актуальною стає підготовка учнів до участі у таких олімпіадах, починаючи з найнижчого рівня. Скоріше за все, цей вид роботи з обдарованою учнівською молоддю буде у подальшому тільки розвиватись і поширюватись і вчителі мають бути готовими до такої діяльності. Вміння розв'язувати олімпіадні задачі, задачі підвищеної складності можна відпрацьовувати частково на практичних заняттях, частково під час самостійної роботи, виконуючи, наприклад, індивідуальні творчі завдання.

Для підготовки вчителя астрономії, на нашу думку, достатньо розв'язувати задачі з чотирьох розділів: «Сонячна система», «Зорі», «Галактики», «Метагалактика». Проте щоб закріпити матеріал зі шкали відстаней і допомогти студенту усвідомити величезність масштабів, з якими має справу астрономія, ми пропонуємо розпочинати практикум з теми «Масштаби Всесвіту», для якої, на нашу думку, краще за все використовувати задачі з розділу «Перше знайомство» з чудової книжки «Парадоксальний Всесвіт» В.В. Іванова, О.В. Кривова, П.А. Денисенкова [98].

Для закріплення і перевірки знань з інших двох розділів: «Основи практичної астрономії» і «Основи практичної астрофізики» ми пропонуємо обмежитись тестами. Нами (в співавторстві з М.О. Бабенко) розроблений і надрукований навчальний посібник «Тестові завдання з астрономії» [167], де присутні тести до всіх розділів, у тому числі й до цих двох, загальною кількістю близько 400 (до розділів, про які йдеться – близько 120). Цей навчальний посібник є в достатній кількості в бібліотеці і студенти мають можливість самостійно готуватися до тестового контролю. Останнім часом

цей контроль відбувається в комп'ютерній аудиторії, де за допомогою спеціально розробленої програми кожному студенту випадковим чином формується свій індивідуальний варіант і порядок відповідей до кожного тесту (див. також підрозділ 3.6).

Під час розв'язування задач студенти застосовують відомі їм аналітичний та синтетичний прийоми [293], зазвичай комбінуючи їх, оскільки операції аналізу й синтезу супроводжують один з одного і тісно переплітаються. Неухильним є дотримання стандартних етапів розв'язування задач, які полягають у наступному:

- з'ясування умови задачі;
- короткий запис умови;
- аналіз задачної ситуації (який часто супроводжується малюнком);
- створення математичної моделі розв'язання задачі;
- обчислення (з обов'язковим контролем, щоб усі величини були виражені в одній системі одиниць, переважно в СІ);
- аналіз отриманого результату.

Останньому етапу ми приділяємо серйозну увагу, оскільки зіставлення розрахунків з реальністю, з тим, що спостерігається і може бути в Природі, наближає навчальне пізнання до наукового, навчає, в решті решт, відповідальності за свої дії.

Таблиця 3.4

Орієнтовний план практичних занять для підготовки вчителя астрономії

Розділ курсу	Теми практичних занять
Вступ	<i>Масштаби Всесвіту</i>
Сонячна система	<ol style="list-style-type: none"> 1. Кінематика Сонячної системи 2. Динаміка Сонячної системи (4 години) 3. Елементи космонавтики 4. Спостережувані характеристики планет 5. Природа планет 6. Атмосфери планет 7. Припливні явища в Сонячній системі 8. Малі тіла Сонячної системи (4 години)
Зорі	<ol style="list-style-type: none"> 1. Спостережувані характеристики зір (4 години) 2. Будова зір 3. Джерела енергії зір 4. Еволюція зір 5. Кінцеві стадії еволюції зір (4 години) 6. Подвійні та кратні зорі 7. Нестационарні зорі
Галактики	<ol style="list-style-type: none"> 1. Наша Галактика

	2. <i>Інші галактики</i> (спостережувані і фізичні характеристики галактик)
Метагалактика	1. <i>Спостережувані основи сучасної космології</i> 2. <i>Моделі та еволюція Метагалактики</i>

Для того, щоб ефект від практикуму з розв'язування задач був відчутним необхідно загалом 48 годин аудиторних занять, наприклад, в середньому по 16 годин в семестрі при трисеместровому вивченні астрономії. Перелік тем практичних занять, що пропонуються, представлений в табл. 3.4. (він вже кілька років реалізується нами в ХДУ). Зазвичай на одну тему відводиться 2 години, в окремих випадках – 4 години (позначено в таблиці).

3.4.2. Лабораторний практикум з астрономії як спосіб формування узагальнених умінь

Застосування діяльнісного підходу в навчальному процесі дає змогу не тільки успішно вирішувати проблему ефективного засвоєння знань, а й формувати у майбутніх фахівців уміння самостійно, усвідомлено, грамотно планувати свою діяльність під час розв'язання різноманітних професійних задач. Це досягають формуванням у студентів узагальнених умінь [293, с. 314].

Формуванню узагальнених умінь: працювати з телескопами, кутовими вимірювальними приладами, зоряними картами, атласами й каталогами; організовувати і проводити астрономічні спостереження; аналізувати, систематизувати й класифікувати астрономічну інформацію тощо призначений лабораторний практикум з астрономії.

На нашу думку, астрономічний лабораторний практикум для підготовки вчителя астрономії може складатися з 8 робіт, кожна з яких розрахована на 2 години аудиторних занять. Така кількість робіт органічно вписується в один семестр, при цьому лабораторні заняття проводяться один раз на два тижні. Такий практикум вже більше десяти років існує в Херсонському державному університеті для напряму підготовки «Фізика*» (звісно, він регулярно модифікується). Перелік робіт наступний:

- 1.«Визначення основних характеристик оптичних телескопів».
- 2.«Основи праці з астрономічними календарями, каталогами, та картами».
- 3.«Небесні координати та їх вимірювання» (сюди входить, наприклад, визначення горизонтальних координат наземних об'єктів за допомогою теодоліта).
- 4.«Спостереження Сонця і дослідження його активності».
- 5.«Спостереження Місяця і планет».
- 6.«Діаграма Герцшпрунга-Рессела»;
- 7.«Визначення просторової швидкості зорі».
- 8.«Визначення сталої Габбла».

У процесі створення цього практикуму ми свідомо майже повністю відмовилися від чисто розрахункових робіт, які традиційно присутні в таких

лабораторних практикумах, і зробили акцент на формуванні експериментальних, дослідницьких, спостережувальних умінь та навичок, проте в контексті підготовки майбутнього вчителя астрономії. Практикується також надання кожному студенту індивідуального завдання, щоб підсилити самостійність виконання роботи.

Лабораторні роботи, що пов'язані із спостереженнями, виконуються за допомогою телескопа Астрономічної обсерваторії ХДУ. Цей телескоп являє собою подвійний рефрактор з апертурами 13,6 см і 14,1 см. Оскільки астрономічні спостереження залежать від погоди і умов видимості об'єктів, то ці роботи виконуються фронтально всією підгрупою за сприятливих умов (при цьому, зрозуміло, що Сонце спостерігаємо вдень, а Місяць і планети – ввечері).

Виконуючи лабораторну роботу № 1, студенти мають можливість зібрати на оптичній лаві моделі телескопів систем Галілея і Кеплера, наочно переконавшись в перевагах і недоліках кожної системи, визначити деякі характеристики телескопів, наприклад, їх збільшення. Під час виконання цієї роботи у студентів формується узагальнене вміння моделювати прості телескопічні системи.

Лабораторна робота № 2 безпосередньо спрямована на підвищення рівня інформаційної культури майбутнього фахівця. Окрім формування вмінь користуватися астрономічними календарями, каталогами і зоряними картами, у тому числі рухомою картою зоряного неба, студенти ознайомлюються з таким сучасним науковим електронним ресурсом як Центр астрономічних даних у Страсбурзі CDS (<http://cdsweb.u-strusbg.fr>), що містить базу даних астрономічних об'єктів SIMBAD, базу даних астрономічних каталогів VisieR та інтерактивний атлас зоряного неба Aladin.

До завдань лабораторної роботи № 3 входить, по-перше, виміряти горизонтальні координати певного наземного об'єкта за допомогою теодоліта (перед цим налагодивши його), по-друге, перевести ці виміряні координати в екваторіальні координати. Саме тут (а не на лекціях) студенти ознайомлюються з паралактичним трикутником, формулами переведення з однієї системи координат в іншу, а також правилами переведення сонячного часу в зоряний. В цій роботі студенти набувають умінь визначати небесні координати із спостережень

Під час виконання лабораторної роботи № 4 майбутні вчителі не тільки набувають вмінь і навичок спостерігати Сонце (а це дуже важливо з точки зору техніки безпеки), а й вчаться визначати число Вольфа, яке характеризує стан сонячної активності.

Щодо лабораторної роботи № 5, то вона виконується в межах 8 днів з фазою «перша чверть» десь посередині цього проміжку часу, оскільки це відповідає найсприятливішим умовам спостереження Місяця. Серед планет найбільш ефектними видаються спостереження Юпітера через його завжди добре спостережну широтну смугастість і Галілеєві супутники, і Сатурна – завдяки його кільцям та найбільшому супутнику Титану. Проте потужність телескопа дає змогу спостерігати фази Меркурія і Венери, а також найпоміт

ніші утворення на поверхні Марса (наприклад, полярну шапку), щоправда тільки поблизу його протистояння.

Під час вечірніх спостережень Місяця й планет, вся підгрупа студентів під керівництвом викладача обов'язково спостерігає зоряне небо неозброєним оком з астромайданчика, що розташований на даху навчального корпусу – там, де й Астрономічна обсерваторія ХДУ. За сприятливих погодних умов це відбувається восени, взимку і весною, щоб студенти побачили зміни на зоряному небі, навчилися знаходити найяскравіші сузір'я (осінні, зимові та весняно-літні) і зорі на ньому, набули навичок орієнтування за зорями.

Зазначимо, що оскільки різні планети ввечері можна спостерігати в різні пори року, то фактично виконання роботи № 5 розтягується на весь термін вивчення астрономії і не прив'язано до терміну виконання саме лабораторного практикуму.

У роботі № 6, студенти будують діаграму Герцшпрунга-Рессела для найяскравіших і найближчих зір, при цьому верхня межа за зоряною величиною і відстанню для кожної бригади призначається індивідуально. Вибірки можна робити, орієнтуючись на списки зір, розташованих у підручнику «Зоряна астрономія» Г.М. Куликовського [180] з уточненнями за каталогом «Нуррагcos». Кластери найяскравіших і найближчих зір на діаграмі практично не перетинаються, оскільки серед перших багато гігантів і надгігантів (у всякому разі зір великої світності), а серед других (найближчих) – червоних карликів, тобто зір низької світності. Це дає змогу майбутнім учителям робити чіткі та наочні висновки стосовно класифікації зір за класом світності, переходячи потім до питань, пов'язаних з еволюцією зір.

Під час виконання лабораторної роботи № 7 студенти за допомогою спектрограм вимірюють доплерівське зміщення спектральних ліній вказаної зорі, потім обчислюють її променеву швидкість (точність обчислень можна перевірити за допомогою астрономічного календаря). Далі, користуючись астрономічним календарем, знаходять власний рух зорі і розраховують її тангенціальну швидкість. Нарешті, об'єднуючи променеву і тангенціальну швидкості, можна отримати значення просторової швидкості зорі. Ця робота корисна тим, що передусім розвиває просторову уяву, інформаційну культуру і дослідницькі навички майбутнього фахівця.

Лабораторна робота № 8 присвячена визначенню однієї з фундаментальних астрофізичних сталих – сталої Габбла. Для цього використовується сучасний каталог наднових (компіляція Union 2, яка складається з 557 відформатованих наднових Ia типу і є на сьогоднішній день найповнішою). Кожній бригаді надається своя вибірка з цього каталога, яка містить червоні зміщення і модулі відстаней для 25–30 наднових. Студенти розраховують променеві швидкості і відстані до цих наднових, що розташовані в різних галактиках. Маючи ці розрахунки, вони в змозі побудувати методом найменших квадратів графік залежності променевої швидкості від відстані до галактик, «відкрити» закон Габбла і тим самим

визначити сталу Габбла. Ця робота наближає навчальне пізнання до наукового, сприяє розвитку у студентів дослідницьких умінь та навичок.

3.4.3. Семінарські заняття з астрономії та методика їх проведення

Показником професійної культури вчителя астрономії, на нашу думку, є вміння чітко розмежовувати: справжній та вигаданий вплив на Землю і людей Місяця, Сонця, планет, зір; твердо встановлені факти і теорії від гіпотез і припущень; справжню науку від псевдонауки. Те, що вчитель часто не може цього зробити, свідчить передусім про брак фундаментальної підготовки.

Тому для управління процесом набуття компетентностей на предметному і міжпредметному рівнях, а також таких ключових як загальнокультурна, інформаційна та самоосвітня, ми пропонуємо проведення семінарів. Вчитель має бути готовим відповідати на будь-які гострі, злободенні запитання, на, так би мовити, «виклики часу». Ми вже згадували у підрозділі 2.1 і наступ псевдонауки, і відродження астрології, і розповсюдження через засоби масової інформації, Інтернет неперевіреної інформації, і появу нових, сучасних міфів на доданок до невмирущих старих.

Семінари, на нашу думку, сприяють втіленню у процес підготовки майбутнього вчителя астрономії стрижневої ідеї раціоналізму для того, щоб цей вчитель був спроможний протистояти хвилі ірраціоналізму та містики, що якимось несподівано насунулась на нас.

За багато років автором сформована певна тематика семінарів, яка, як показує досвід і опитування працюючих вчителів, є актуальною для майбутнього вчителя астрономії (див. табл. 3.5). Щоправда в останні роки несподівано додалася нова тема: «Чи були американці на Місяці?»

Таблиця 3.5

Орієнтовний план семінарських занять для підготовки вчителя астрономії

№	Тема семінару	Питання, що виносяться на обговорення
1	2	3
1	Астрономія і астрологія	<ol style="list-style-type: none"> 1. Що таке астрологія (проблема дефініції)? 2. Історія виникнення і розвитку астрології. 3. Як складаються гороскопи? 4. Чому люди вірять астрологам? 5. Астрологія і наука. Точність астрологічних передбачень. <p>Література: [41; 101; 209; 281–283; 299]</p>
2	Феномен НЛО	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сучасна уфологія. Історія виникнення. 2. Хто спостерігає НЛО? 3. Чи були зустрічі з пілотами НЛО? 4. Що насправді визнають за НЛО? 5. Нерозпізнані НЛО. НЛО і наука.

		Література: [59; 235; 285; 287; 288; 339]
3	Проблема SETI. Можливість палеовізитів на Землю	<ol style="list-style-type: none"> 1. Стоунхендж і археоастрономія. 2. Піраміди Єгипту і єгипетська астрономія. 3. Фігури у долині Наска – індіанська екліптика? 4. Доісторична і стародавня наука (астрономія і стародавні календарі, надточний календар Майя). 5. Чи спостерігали догони Сиріус? <p>Література: [40; 59; 201]</p>
4	Чи були американці на Місяці?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Фотографії: тіні, задній план, зорі, хрестики, що зникають, сліди на поверхні, Земля на фотографіях. 2. «Місячний вітер»: історія з прапором. 3. «Усе знято в Голівуді». 4. Скафандри, випромінювання, історія з пальним, перенавантаження під час посадки на Місяць. 5. Фізика: невагомість, пересування астронавтів по поверхні Місяця, досліді Галілея, ґрунт з Місяця, лазерні відбивачі, спостереження Місяця за допомогою телескопів. <p>Література: [211; 347]</p>

Продовження таблиці 3.5

1	2	3
5	Проблема SETI: можливі форми життя у Всесвіті	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основні властивості життя на Землі. 2. Виникнення життя на Землі. Огляд сучасних гіпотез. 3. Виникнення розуму. 4. Які форми може приймати життя? Частина 1. Типовість земного життя: <ol style="list-style-type: none"> а) переваги карбону; б) переваги води як розчинника. 5. Які форми може приймати життя? Частина 2. Інші можливості. Нехімічне життя. <p>Література: [44; 49; 50; 52; 59; 332]</p>
6	Проблема SETI: оцінка можливої кількості цивілізацій у Галактиці. Сучасні проекти SETI	<ol style="list-style-type: none"> 1. Становлення науки про пошук життя у космосі. 2. Формула Дрейка. Оцінка імовірнісних факторів у формулі Дрейка. 3. Сучасні російські проекти SETI. 4. Інші іноземні проекти SETI. 5. SETI у кожний дім! <p>Література: [49–54; 59; 81; 130; 231; 315; 317; 332; 358]</p>
7		1. Астросоціологічний парадокс (парадокс Фермі).

	Проблема SETI: «Велике мовчання Всесвіту»	2. Чому мовчить космос? 3. Некласичне SETI. 4. Яка альтернатива радіозв'язку? 5. Можливість міжзоряних польотів. Література: [12; 44; 49; 50; 52; 84; 130; 192; 195; 334; 336]
8	Відкриття та статистика екзопланет	1. Історія відкриття. 2. Методи пошуку екзопланет. 3. Каталоги екзопланет. 4. Статистика екзопланет. 5. Порівняльний аналіз екзопланетних систем із Сонячною системою. Нові проблеми. Література: [131; 239; 358]

Семінарські заняття проводяться у формі дискусій, іноді навіть диспутів, де студенти мають змогу не тільки здобути нові знання, а й висловити свою думку, вчаться аргументовано і коректно доводити свої погляди (формування поглядів і переконань), будують конструктивні відносини один з одним, стають спроможними кваліфіковано відповідати на «важкі» запитання. Головна задача викладача як ведучого дискусії – створити атмосферу, в якій може розвиватися вільна дискусія, стимулювати висловлювання ідей, думок (ми надаємо повну свободу слова). При цьому потрібно слідкувати за тим, щоб усі бажаючі змогли висловитися, щоб дискусія йшла у потрібному напрямку, роз'яснювати учасникам заплутані питання. Ми погоджуємось із зауваженням П. Юцявічене, що викладач повинен заохочувати студентів до обміну думками між собою, а не дискутувати за схемою «ведучий-учасник» [342]. Підсумовуючи результати дискусії, викладач повинен обов'язково зробити чіткі висновки. Очевидно, що завдяки семінарам студенти отримують можливість міркувати над суперечливими та неоднозначними проблемами, що також, як і задачі на спростування міфів, сприяє формуванню діалектичного мислення, наукового світогляду.

На початку семестру студенти отримують тематику, плани семінарських занять та список рекомендованої літератури до кожного заняття. При цьому заохочується вільний пошук інформації в Інтернеті (студент має обов'язково навчитись знаходити потрібну інформацію самотужки), принесення фото та відео матеріалів, створення спеціальних презентацій. В жодному разі студентам не відмовляють у консультаціях під час підготовки до семінару.

Семінари проводяться раз у два тижні і чергуються з практичними заняттями крім останнього (третього за порядком) семестру вивчення астрономії, де замість них проводяться лабораторні заняття. Виступи і активність на семінарах оцінюється звичайним чином і впливає на підсумкову оцінку як із цього виду діяльності, так і семестрову з даного навчального предмета.

Отже, повноцінна система астрономічної підготовки, на нашу думку, крім традиційних *лекційного курсу та лабораторних занять* має містити обов'язково *практичні заняття*, на яких би розв'язувались спеціально підібрані задачі, та *семінари*, де б обговорювались актуальні проблеми астрономії в контексті майбутньої професії.

Тільки наявність такого комплексу (як елементів продуманої та узгодженої системи) дає змогу, на нашу думку, ефективно застосовувати діяльнісний підхід до навчання, керувати процесом підготовки вчителя астрономії, формувати його компетентнісно-світоглядні професійні якості, робить фундаменталізацію навчання справді ефективною. Очевидно, що такий комплекс дає змогу у повній мірі реалізувати крім діялісного ще й системний, синергетичний, праксеологічний, компетентнісний, технологічний, задачний, особисто-орієнтований і рефлексивний підходи.

3.4.4. Науково-дослідна робота студентів з астрономії

Навчання астрономії в середній школі створює можливості для формування дослідницьких компетентностей учнів. При цьому ми погоджуємося з думкою В.В. Богдан, Т.М. Богдан та І.С. Палачаніної, що поняття «дослідницькі компетентності» охоплює не лише відповідні знання та елементарні дослідницькі вміння, але й мотиваційний (додамо від себе – й ціннісний) та поведінковий компоненти – внутрішню потребу школяра в дослідницькій діяльності [25].

Дослідницькі компетентності можуть формуватися під час астрономічних спостережень, виконання лабораторних і практичних робіт, науково-дослідницьких робіт учнів у Малій академії наук. Проте, щоб формувати ці компетентності в учнів учитель сам повинен їх мати.

Певний рівень дослідницьких компетентностей майбутніх учителів астрономії за правильної організації формується під час розв'язання творчих задач, виконання лабораторного практикуму та індивідуальних творчих завдань у межах самостійної роботи. Проте досягти високого рівня дослідницьких компетентностей майбутній учитель, на нашу думку, може тільки за умови виконання курсових, і особливо випускних (дипломних) робіт (на рівнях бакалавра і спеціаліста–магістра).

Принагідно зазначимо, що у цьому разі в результаті виконання роботи об'єктивної новизни від студента вимагати не обов'язково, головне, щоб результат був суб'єктивно новим для самого виконавця – він відкрив для себе те, чого досі не знав. При цьому для самої роботи обов'язковими мають бути всі атрибути науково-дослідницької роботи як на етапі виконання, так і на етапі оформлення: актуальна і значуща мета, продумана й обґрунтована структура, використання наукових методів здобування й обробки інформації, обґрунтовані висновки.

Проблеми, які успішно розроблялися в ХДУ на етапі випускних робіт, можна розділити на дві групи: цілком астрономічні та з методики навчання астрономії. Серед перших траплялися такі: «Дослідження форми рукавів спіральних галактик» [159; 169], «Статистика екзопланет», «Дослідження

резонансних рухів у Сонячній системі» [160], «Правило Тіціуса-Бодє в супутникових системах планет-гігантів» тощо.

До методичних тем можна віднести такі: «Застосування нових інформаційних технологій під час вивчення астрономії в середній школі» [142], «Естетичне виховання на уроках астрономії» [139], «Розвиток творчого мислення студентів на заняттях астрономії» [161], «Розробка системи тестування з астрономії для загальноосвітніх навчальних закладів в рамках компетентнісного підходу» [165], «Культурологічний підхід під час вивчення астрономії у загальноосвітніх навчальних закладах» [148] тощо.

Наукова робота студентів є невід’ємною і надзвичайно важливою складовою освітньої діяльності кожного вищого навчального закладу. Активне залучення студентів до цього виду роботи, починаючи ще з молодших курсів, сприяє ефективному формуванню наукового стилю мислення майбутніх учителів, їх ціннісних орієнтирів, наукового світогляду, допомагає їм у подальшому визначитися зі своїми пріоритетами і дуже часто обрати науку як майбутню професійну сферу діяльності.

3.4.5. Самостійна робота студентів у процесі вивчення астрономії

За ідеологією діяльнісного підходу самостійна робота є способом саморегуляції пізнавальної діяльності студента і пов’язана з розвитком її когнітивного, операційного та особистісного компонентів. Вона має сприяти оволодінню майбутнім фахівцем необхідними знаннями, вміннями і навичками, розвитку його самостійності, відповідальності і організованості, набуттю досвіду творчої і дослідницької діяльності.

Перехід на Болонську систему навчання істотно підвищив статус самостійної роботи в навчальному процесі. На сьогодні за кількістю годин вона може становити від однієї до двох третин від загальної кількості, що відводиться на навчальний предмет. Усвідомлення важливості самостійної роботи в навчальному процесі є запорукою успішності навчання. «Основною умовою ефективного здійснення навчальної діяльності є самостійний характер її виконання» [326, с. 58].

Із збільшенням кількості годин на самостійну роботу зросли вимоги до її організації та контролю за її виконанням. Тому викладачеві передусім потрібно визначитися з метою, змістом, формами і методами її проведення, розробити програму і графік самостійної роботи, забезпечити доступ студентів до відповідних навчальних і методичних матеріалів, розробити систему контролю й оцінювання всіх видів самостійної роботи, з подальшим урахуванням цих результатів у підсумковій оцінці з навчального предмету.

Системний підхід до організації і планування самостійної роботи передбачає те, що вона включає не тільки пізнавальну діяльність студентів у позаурочний час, але й самостійну роботу на всіх видах навчальних занять. За своїми дидактичними цілями самостійна робота може бути [328]:

а) *репродуктивна*, що передбачає відтворення наявних знань і оперування ними;

б) *евристична* (пізнавально-пошукова), коли шляхом самостійних дій набуваються нові знання;

в) *творча*, коли на основі наявних знань, умінь і пізнавально-пошукової діяльності приймаються нестандартні рішення.

Планування самостійної роботи має враховувати, що у підготовці майбутнього вчителя всі види самостійних робіт (репродуктивна, евристична і творча) взаємопов'язані і кожна відіграє свою роль у цьому процесі.

Детально розглянула різні види позааудиторної самостійної роботи О.В. Комісаренко [117]. Наш досвід свідчить про те, що ефективними можуть бути такі:

- опрацювання конспектів лекцій;
- складання опорних конспектів тем, винесених на самостійне опрацювання;
- підготовка до практичних і лабораторних занять (поточний контроль);
- пошук інформації з питань, що обговорюються на семінарах;
- підготовка до тестування, проміжного та підсумкового контролю;
- виконання індивідуальних домашніх завдань (зазвичай для обдарованих студентів з метою набуття досвіду розв'язування олімпіадних задач);
- виконання творчих робіт і завдань науково-дослідного характеру (зазвичай для добре встигаючих студентів з метою подальшої їх участі у студентських наукових конференціях).

Шляхом застосування різноманітних видів самостійної роботи у майбутніх учителів напрацьовуються узагальнені прийоми її раціональної організації. Вони вчать планувати свою діяльність, ставити найближчі і далекоглядні цілі і задачі, обирати способи їх оптимального (найбільш швидкого і економного) досягнення і розв'язання відповідно, аналізувати результати роботи, вносити в неї корективи. Все це, врешті решт, сприятиме формуванню їх професійних компетентностей. Проте цей процес буде ефективним лише за умови систематичного контролю за результатами самостійної роботи з боку викладача.

Різні аспекти застосування діяльнісного підходу в процесі підготовки майбутніх учителів астрономії висвітлені автором у наступних публікаціях: [138; 140; 141; 154; 161; 163–165; 168; 171].

3.5. Організація навчання за модульною технологією

Процес навчання астрономії організований нами за модульною технологією. На думку П. Юцявічене [342] ця технологія дає змогу:

- сформувати ефективний зміст навчання, забезпечити можливість його *гнучкої* зміни;
- забезпечити можливість *індивідуалізації* змісту навчання та педагогічного впливу;
- формувати у тих, хто навчається *твердих дієвих* знань і розвивати на їх основі вміння та навички практичної діяльності;

- активізувати тих, хто навчається, забезпечувати їхню самостійність;
- максимально реалізувати творчий потенціал викладача і студента (учня).

Головна особливість модульного навчання полягає в тому, що зміст навчання подається в закінчених, самостійних комплексах – модулях, які одночасно є банком інформації і методичним керівництвом з його засвоєння. Слово «модуль» є загальноживаним у світі (наприклад, лат. – *modulus*) і одне із його значень – «функціональний вузол» [274].

Під модулем ми в услід за П. Юцявічене розуміємо «закінчений блок інформації, що містить у собі цільову програму дій і методичне керівництво, що забезпечує досягнення поставлених дидактичних цілей» [342, с. 40]. Таке визначення будемо відносити окремо до лекційних, практичних, лабораторних і семінарських модулів.

Під *змістовим модулем* будемо розуміти «науково адаптовану, відкриту і взаємозалежну систему знань (теорії, закони, поняття), умінь (дії, прийоми, навички), норм (алгоритми, програми, інструкції, технології тощо) і цінностей (ставлення, оцінки, ідеали, переконання, наслідки рефлексії), що цілісно відображає фрагмент соціально-культурного досвіду» [311, с. 124]. Згідно з цим визначенням лекційні, практичні і лабораторні модулі разом утворюють змістові модулі. Їх всього 28. Їх доповнюють 5 семінарських модулів, оскільки вісім семінарів об'єднані у п'ять семінарських модулів (модуль «Проблема SETI» містить 4 міні-модулі). Ці модулі безпосередньо не пов'язані з конкретними змістовими модулями загального курсу астрономії на відміну, наприклад, від практикуму з розв'язування астрономічних задач, де теми тісно пов'язані з темами лекцій в межах одного змістового модуля. Це зумовлено тим, що семінарські модулі не пов'язані жорстко з конкретними темами і навіть розділами астрономії, і на них ми виносимо проблеми, які зовсім не розглядаємо на лекціях. Семінарські модулі забезпечують формування ціннісної сфери. Розподіл навчальних годин за змістовими модулями представлено в табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Розподіл навчальних годин за змістовими модулями

Назви змістових модулів	Кількість годин					
	Всього	Лекції	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Семінарські заняття	Самостійна робота
1	2	3	4	5	6	7
Вступ						
Вступ. Предмет астрономії. Масштаби Всесвіту		2	2			4
Розділ 1. Основи практичної астрономії						

Зоряне небо		2				2
Небесна сфера. Небесні координати		2		2		4
Видимий рух зір на небесній сфері		2		1		3
Видимий рух Сонця на небесній сфері		2		1		3
Астрономія і астрологія					2	3
Основи вимірювання часу		2	1			3
Календар (Астрономічні основи календаря. Сучасний сонячний календар. Календарні ери)		4				4
Феномен НЛО					2	2

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6	7
Розділ 2. Сонячна система						
Кінематика Сонячної системи		4	1			6
Проблема SETI: Палеовізити на Землю					2	2
Динаміка Сонячної системи		8	6			14
«Чи були американці на Місяці?»					2	4
Спостережувані характеристики планет		2	2			4
Планета Земля		2	1			4
Місяць		2				2
Планети земної групи		2	3			6
Проблема SETI: можливі форми життя у Всесвіті.					2	4
Планети-гіганти		2	2			4
Проблема SETI: оцінка можливої кількості цивілізацій у Галактиці. Сучасні проекти SETI.					2	4
Припливні явища у Сонячній системі			2			4
Малі тіла Сонячної системи		4	4			10
Проблема SETI: «Велике мовчання Всесвіту».					2	4
Походження Сонячної системи		2				2
Відкриття та статистика екзопланет					2	4
Розділ 3. Основи практичної астрофізики						
Основи практичної астрофізики		4		4		8
Розділ 4. Зорі						

Спостережувані характеристики зір		6	4	4		14
Внутрішня будова зір		6	2			10
Джерела енергії зір		4	2			6
Моделі зір		2		2		4
Еволюція зір (Еволюція до і після головної послідовності. Кінцеві стадії еволюції зір)		10	6			16
Подвійні та кратні зорі			2			4
Нестаціонарні зорі		2	2			4
Розділ 5. Галактики						
Наша Галактика		2	2			4
Галактики		2	2			4

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6	7
Розділ 6. Метагалактика						
Спостережувані основи сучасної космології		2	1	2		4
Моделі Метагалактики		2	1			4
Походження Метагалактики		2				4
Разом		360	88	48	16	16
				16		192

Керуючись вищезначеним визначенням змістового модулю, логічно розділити кожний такий модуль на етапи (фази): *настановчо-мотиваційний, теоретично-змістовий, адаптивно-перетворювальний, контрольньо-рефлексивний* [310]. Практичні, лабораторні і семінарські модулі забезпечують виконання адаптивно-перетворювального і частково контрольньо-рефлексивного етапів із засвоєння змістового модулю.

Поетапне вивчення змістового модулю «Кінематика Сонячної системи» продемонстровано у підрозділі 4.1.

3.6. Формування професійної культури майбутнього вчителя

З погляду культуроцентричного підходу [280] фундаменталізація підготовки майбутнього вчителя астрономії має на меті істотне підвищення його *професійної культури*. До основних компонентів професійної культури такого вчителя ми відносимо його астрономічну, методологічну, методичну, педагогічну, психологічну, креативну, інформаційну і мовну культуру. Фундаменталізація, на нашу думку, сприяє передусім розвитку *астрономічного (предметного), методологічного, креативного та інформаційного* компонентів. Коротко зупинимось на впливі фундаменталізації саме на методологічну, креативну та інформаційну складові професійної культури майбутнього вчителя.

3.6.1. Методологічна культура

Щоб уникнути неоднозначності у визначенні поняття «методологічна культура», скористаємось вже згадуваним сучасним визначенням поняття «методологія»: *методологія – це вчення про організацію діяльності* [217]. Особливо важливим є організація продуктивної діяльності, спрямованої на отримання нового (об'єктивно чи суб'єктивно) результату. Наприклад, будь-яка науково-дослідницька діяльність за означенням завжди спрямована на досягнення об'єктивно нового результату, інноваційна діяльність – як на об'єктивно новий, так і на суб'єктивно новий (для певного фахівця або для певного закладу) результат. Навчальна діяльність завжди спрямована на суб'єктивно новий (для кожного конкретного суб'єкта навчання) результат. В таких випадках і виникає потреба в застосуванні методології.

Історично відомі різні типи культури організації діяльності, наприклад, ремісничо-корпоративна, професійна (наукова). Сучасним є проектно-технологічний тип, який полягає в тому, що продуктивна діяльність людини (або цілої організації) розбивається на окремі завершені цикли, які називаються проектами. На думку відомих фахівців О.М. Новікова і Д.О. Новікова [217], сучасна схема структури методології має такий вигляд:

1. Підвалини методології: філософія, психологія, системний аналіз, наукознавство, етика, естетика.
2. Характеристики діяльності: особливості, принципи, умови, норми діяльності.
3. Логічна структура діяльності: суб'єкт, об'єкт, предмет, форми, засоби, методи, результати діяльності.
4. Часова структура діяльності, яку можна розділити на фази: *проекткування* (результатом якої є побудована модель системи, що створюється, і план її реалізації); *технологічну* (результатом якої є реалізація системи); *рефлексивну* (результатом якої є оцінка реалізованої системи і визначення необхідності або її коригування, або «запуску» нового проекту).

Методологічна культура – це, передусім, культура мислення, що заснована на методологічних знаннях, це цілісна, інтегральна характеристика особистості, яка, керуючись методологічними знаннями, вміє організувати свою діяльність. За С.Я. Казанцевим [102] методологічна культура забезпечує такі функції діяльності: пізнавально-світоглядну, інтегративну, евристичну, креативну, прогностичну.

Методологічна культура сприяє актуалізації та систематизації фундаментальних наукових знань в умовах сучасного перенасиченого інформаційного середовища, забезпечує осмислення студентами методології наукового і навчального пізнання, креативного мислення і діяльності.

Складовими методологічної культури майбутнього вчителя астрономії, на нашу думку, є методологія астрономії як науки, методологія вивчення астрономії (організація раціональної власної навчально-пізнавальної діяльності), методологія навчання (викладання) астрономії (компетентність щодо організації власної викладацької діяльності).

3.6.2. Креативна культура

Ми погоджуємося з думкою С.Я. Казанцева [102], що фундаменталізація навчання сприяє розвитку культури творчості, креативної культури. Креативна культура є своєрідним фундаментом, що дає змогу адекватно поводити себе в нових умовах, у неоднозначних, проблемних ситуаціях, продуктивно розв'язувати творчі задачі, швидко та ефективно навчатися новому. Тільки творча особистість здатна до відкриття нового знання, нових способів пізнавальної діяльності. Фахівці виокремлюють такі характеристики творчого мислення: оригінальність, гнучкість, високу асоціативність, панорамність, критичність, нестандартність, інтуїтивність, парадоксальність.

Діяльність студента – майбутнього фахівця з достатньо високим рівнем методологічної культури набуває системного, конструктивного, творчого характеру. Водночас рівень творчої активності і самореалізації студента характеризує динаміку розвитку його методологічної культури.

Особистість, якій притаманна креативна культура, здатна відмовитись від догм та неконструктивних стереотипів, здійснювати творчий пошук, прагнути до системного пізнання явищ і процесів, що відбуваються в природі і суспільстві, вести культуротворчий суб'єкт-суб'єктний діалог.

Астрономія, враховуючи її особливості (див. підрозділ 1.2), надає великі можливості для розвитку креативної культури. Найбільші можливості у цьому сенсі, на нашу думку, криються у практикумі з розв'язування астрономічних задач. Очевидно, що розв'язування творчих задач – основа майбутньої творчої діяльності.

Розвитку творчого мислення сприяють задачі з надлишковими або неповним даними, задачі за схемою: «що б сталося, якби...», задачі-парадокси, задачі, складені за уривком з художнього твору, за малюнком, розв'язання однієї задачі різними способами. Дуже важливо, на нашу думку, щоб умови задач не були «рафінованими», де подано тільки необхідну інформацію (саме такий підхід застосовувався під час підготовки збірників задач «Сонячна система» і «Зорі»), оскільки в житті, коли перед дослідником постає нове завдання, для його розв'язання він особисто відбирає необхідні дані. Розв'язання таких задач сприяє також розвитку інформаційної культури майбутнього вчителя.

3.6.3. Інформаційна культура

Фундаменталізація освіти в сучасному інформаційному суспільстві має спиратися на достатню інформаційну культуру. Водночас процес фундаменталізації має призводити до розвитку, зростання інформаційної культури як викладача, так і студента. Очевидно, що інформаційна культура передбачає певну інформаційну компетентність.

Зазначимо принагідно, що останнім часом інформаційну компетентність розглядають, з одного боку, як складову професійної компетентності, а з іншого – як складову інформаційної культури особистості. На думку більшості фахівців, інформаційна культура – одна з складових загальної культури людини, сукупність інформаційного світогляду, системи знань та вмінь, що

забезпечують самостійну діяльність з оптимального задоволення індивідуальних інформаційних потреб із використанням як традиційних, так і нових інформаційних технологій. Проте на відміну від інформаційної грамотності або компетентності концепція інформаційної культури особистості включає саме такий компонент, як інформаційний світогляд [215]. Останнє передбачає обов'язкову мотивацію особистості на необхідність постійного підвищення рівня інформаційної підготовки.

В умовах сучасного інформаційного суспільства все актуальнішою стає потреба в підготовці вчителів, які здатні орієнтуватися в інформаційних ресурсах країни і світу, вміють застосовувати алгоритми інформаційного пошуку відповідно до професійних потреб, володіють методами аналітико-синтетичної обробки інформації, використовують різноманітні технології підготовки і оформлення результатів навчальної, методичної, експериментальної, наукової роботи. Все це неможливе без відповідного рівня інформаційної культури.

Інформаційна культура істотно розширює межі навчального пізнання, забезпечує якісно інший рівень мислення, діяльності, спілкування, у тому числі глибину, повноту, логіку, багатовимірність, креативність у роботі з інформацією [102]. Вона все більше стає стрижнем навчально-пізнавальної, навчально-дослідницької та майбутньої професійної діяльності.

Якщо в процесі розв'язування нерафінованих задач студент привчається самостійно знаходити необхідну інформацію в таблицях і довідкових даних, що містяться в тих самих збірниках задач [143; 166], то досвіду праці з сучасними астрономічними базами даних він може набути, виконуючи лабораторні роботи. Деякі лабораторні роботи можуть бути сплановані так, що студент для їх успішного виконання вимушений звертатися до сучасних астрономічних каталогів, які на сьогодні існують в електронному вигляді у відповідних базах даних в Інтернеті. Серед таких баз даних можна назвати вже згадуваний Центр астрономічних даних у Страсбурзі CDS (the Centre de Données astronomiques de Strasbourg – <http://cdsweb.u-strasbg.fr>), Астрофізичний центр даних ADS (Astrophysics Data System – <http://adsabs.harvard.edu>), Науковий центр даних НАСА NSSDC (National Space Science Data Center – <http://nssdc.gsfc.nasa.gov>), Інтерактивну енциклопедію екзопланет, (<http://exoplanet.eu>) та ін.

Інша мета – ознайомити майбутнього вчителя з серйозними, строго науковими астрономічними сайтами в Інтернеті. В умовах, коли астрономічна інформаційна культура студента тільки формується в астрономічному ОС, дуже важливо повідомити його про джерела інформації, яким можна довіряти. Проте, щоб ці знання набули ознак інформаційної компетентності або навіть інформаційної культури, краще за все це зробити через систему семінарських занять, застосовуючи діяльнісний підхід. Саме готуючись до семінарів, створюючи відповідні презентації, студенти ведуть пошук необхідної інформації (переважно в Інтернеті), відбирають, систематизують її, вчаться фільтрувати інформацію, розвивають критичне, творче мислення. До найавторитетніших астрономічних сайтів загального

призначення можна віднести такі: офіційний сайт Міжнародної астрономічної спілки IAU (International Astronomical Union – <http://www.iau.org>), сайт Головної астрономічної обсерваторії (ГАО) АН України (<http://www.mao.kiev.ua>), російську астрономічну мережу Astronet (<http://www.astronet.ru>), офіційні сайти космічних агентств, зокрема сайти НАСА (www.nasa.gov), Європейського космічного агентства (<http://www.esa.int>), Національного космічного агентства України (<http://www.nkau.gov.ua>) та ін.

Отже, взаємодія ОС – студент має відбуватися за умови широкого використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій, дистанційного доступу до різноманітної інформації, інтегративного підходу до використання віртуальних комп'ютерних моделей астрономічних об'єктів і процесів, мультимедійних посібників і класичних засобів астрономічних спостережень.

Матеріал цього підрозділу міститься у наступних публікаціях автора [147; 154].

3.7. Структура, зміст та дидактичне забезпечення курсу «Методика навчання астрономії»

Курс «Методика навчання астрономії» – органічна частина астрономічного ОС, призначеного для підготовки вчителя астрономії. Це педагогічна дисципліна, предметом якої є теорія й практика навчання астрономії, виховання й розвитку учнів у процесі навчання астрономії.

Як відомо, метою будь-якої спеціальної методики навчання є пошук відповідей на три запитання: *навіщо вчити* (цілі навчання), *чого вчити* (зміст навчання) і *як вчити* (методи, засоби, форми навчання). Цілі, зміст і технології навчання астрономії (методи, засоби і форми навчання) утворюють методичну систему [293].

Враховуючи вищесказане ми вважаємо, що **метою** дисципліни «Методика навчання астрономії» є формування у студентів методичної культури навчання астрономії, а саме:

- знань про шкільний курс астрономії (концепція, цілі, завдання, стрижневі ідеї, базові поняття, структура, зміст);
- умінь узгоджувати цілі навчання (освітні, виховні, розвивальні) із змістом курсу астрономії;
- умінь використовувати такі методи, прийоми та засоби навчання, які б сприяли найбільш повному засвоєнню нових знань та розвитку особистості учня під час вивчення ними астрономії;
- умінь застосовувати у навчанні астрономії інтерактивні методи, проблемне викладання матеріалу, прийоми розвитку творчого мислення учнів та інші дидактичні інновації.

У зв'язку з поставленою метою впливають наступні **практичні завдання** курсу, які зводяться до того, щоб навчити студентів – майбутніх учителів астрономії:

1) правильно обирати тип і структуру уроку відповідно до змісту нового матеріалу та поставлених цілей навчання;

2) правильно підбирати та якісно використовувати наочність до уроку, технічні засоби навчання, нові інформаційні технології, робити якісні презентації до відповідним тем;

3) скласти структурно-логічні схеми, опорні конспекти до відповідних тем;

4) планувати пізнавальну діяльність учнів на уроці (вміти підбирати запитання, у тому числі й проблемні, кількісні й якісні задачі, завдання для самостійної роботи тощо);

5) спрямовувати свою майбутню професійну діяльність учителя астрономії на формування в свідомості учнів цілісної астрофізичної картини світу;

6) способам формування наукового світогляду учнів під час вивчення кожної теми шкільного курсу астрономії та вмінню їх застосовувати на практиці;

7) способам розвитку творчого мислення учнів, умінню ефективно застосовувати їх у навчанні астрономії (на уроках та у позаурочний час);

8) методиці проведення нестандартних уроків з астрономії як форми використання інтерактивних методів навчання;

9) технологіям розвивального та проблемного навчання астрономії.

Отже, програма дисципліни «Методика навчання астрономії» має бути спрямована на формування у студентів – майбутніх учителів – професійних умінь і навичок викладання астрономії у загальноосвітній школі на сучасному рівні, використовуючи технології особистісно-орієнтованого, розвивального, проблемного навчання.

Цей курс, на нашу думку, має обов'язково висвітлити такі питання:

1. Предмет і завдання методики навчання астрономії. Сучасні шкільні підручники та навчальні посібники з астрономії.

2. Особливості астрономії як науки і навчального предмету.

Див. підрозділ 1.2.

3. Провідні (стрижневі) ідеї астрономічної освіти.

Див. підрозділ 2.1.

4. Головні базові поняття (фундаментальне ядро і периферія поля понять) шкільного курсу астрономії.

Див. підрозділ 2.2.

5. Зміст і структура шкільного курсу астрономії. Порівняльний аналіз для рівнів стандарту, академічного і профільного.

Див. підрозділ 2.3.

6. Методика організації астрономічних спостережень у школі.

Методика організації та проведення: вечірніх спостережень зоряного неба (осіннє, зимове та весняно-літнє) неозброєним оком; спостережень за допомогою телескопа (зорової труби, бінокля) Місяця і планет (Венери, Марса, Юпітера й Сатурна); денних спостережень Сонця, сонячних та

місячних затемнень, комет і метеорів.

Майбутній учитель має чітко усвідомлювати важливість астрономічних спостережень (хоча б і неозброєним оком), оскільки вони підвищують інтерес до предмету, пов'язують теорію з практикою, розвивають спостережливість, формують астрономічну і загальну культуру. Безпосереднє ознайомлення з астрономічними явищами і об'єктами сприяє формуванню важких і абстрактних понять, з якими приходиться мати справу в астрономії [189].

Зазначимо, що організація шкільних астрономічних спостережень, їх специфіка, техніка безпеки під час спостережень (особливо Сонця) детально описані у посібниках Є.П. Левітана «Дидактика астрономії» [189] та «Астрономія. 11 клас: Книга для вчителя» Ю.В. Александрова, А.М. Грецького та М.П. Пришляка [2].

Безпосередньо з проведенням спостережень пов'язана **методика роботи з рухомою картою зоряного неба** (визначення моментів сходу й заходу світил, у тому числі й Сонця, визначення найсприятливіших моментів для спостереження певних зір, Місяця і планет). Проте, на нашу думку, цю методику доречно відпрацьовувати на лабораторних заняттях з астрономії.

7. Діяльнісний підхід до навчання астрономії.

Розв'язування астрономічних задач. Класифікація астрономічних задач. Тестування з астрономії. Лабораторний практикум з астрономії. Проведення регулярних астрономічних спостережень.

8. Формування наукового світогляду.

Способи формування наукового світогляду учнів під час вивчення конкретних тем шкільного курсу астрономії, демонстрування прояву матеріальної єдності світу, ідеї пізнаванності світу, законів діалектики, шляхів наукового пізнання тощо.

9. Формування мотиваційної сфери та творчий розвиток учнів під час вивчення астрономії в школі.

Методика виклику «інтерес-збудження», створення системи формування стійкого інтересу до вивчення астрономії, застосування прийомів розвитку творчого мислення на уроках астрономії та у позаурочний час.

10. Позакласна робота з астрономії.

Астрономічні вечори, факультативи, астрономічні гуртки, керівництво науково-дослідною роботою в Малій академії наук України, підготовка обдарованих дітей до участі в астрономічних олімпіадах, астрономія в літніх таборах.

Далі висвітлюються особливості методики навчання усіх шести розділів шкільного курсу астрономії. При цьому обов'язково з'ясовується *освітнє, виховне, розвивальне і світоглядне* значення кожного розділу. Обов'язковим є також з'ясування, що повинен *знати й уміти* учень після вивчення відповідного розділу. Певним орієнтиром для цього може бути «Збірник програм з профільного навчання для загальноосвітніх навчальних закладів: Фізика та астрономія, 10–12 кл.» [92].

11. Методика вивчення «Вступу» і першого розділу «Основи практичної астрономії».

Майбутній учитель має усвідомити, що від проведення першого уроку, присвяченого вступу до вивчення астрономії, залежить дуже багато, передусім мотивація учнів до навчання. Тому організації цього уроку слід приділити найсерйознішу увагу. Одна з головних його цілей – зацікавити учнів проблемою вивчення та освоєння космосу. Визначення самого поняття «астрономія», причини появи цієї науки, її важливість для розвитку нашої цивілізації, масштаби Всесвіту (шкала відстаней – див. підрозділ 2.2) із з'ясуванням місця планети Земля у спостережуваному Всесвіті – ось ті найголовніші питання, які мають бути висвітлені на цьому уроці.

Для того, щоб правильно розставити акценти у навчанні астрономії, студенти мають чітко зрозуміти, що розділ «Основи практичної астрономії» має прикладний характер. Орієнтування на зоряному небі, на місцевості, наслідки осьового і орбітального рухів Землі, причини наявного розташування кліматичних зон на поверхні Землі, шкали вимірювання і системи відліку часу, календар. Головними базовими поняттями, що мають службовий характер, і навколо яких має концентруватися вивчення цього розділу, є «небесна сфера» і «час» (див. підрозділ 2.2). Для рівнів стандарту й академічного цей розділ пропонується вивчати в максимально скороченому вигляді, наприклад, можна обійтися без небесних координат, особливостях видимого руху Сонця по небесній сфері на різних географічних широтах та ін. (див. підрозділ 2.3.2).

12. Методика навчання розділу «Сонячна система».

Головними базовими поняттями цього розділу є «планета» і «мале космічне тіло». Сучасне визначення поняття «планета» [177] як одного з розповсюджених класів космічних об'єктів ще не ввійшло у шкільні підручники, проте воно має важливий методологічний характер і чітко встановлює місце планет в ієрархії космічних тіл (див. підрозділ 5.2). Щодо вивчення планет Сонячної системи, то тут оптимальним видається метод порівняльного аналізу і виокремлення найважливіших особливостей кожної планети. Саме порівняння значень різних характеристик планет між собою, а також наслідки, що випливають із цього порівняння, стає предметом пізнавальної діяльності учнів, а не механічне заучування цих характеристик [2].

Важливим з методичної точки зору є також вивчення руху космічних тіл (з цього починалась сучасна астрономія). У космосі переважає коловий, еліптичний, параболічний та гіперболічний рух. Якщо у шкільному курсі фізики вивчається лише обертальний рух твердого тіла, то у космосі обертаються не тільки такі планети як Земля (навколо своєї осі та навколо Сонця), а обертальний рух навколо своєї осі здійснюють газово-рідкі планети-гіганти і газоподібні зорі. Майбутній учитель повинен розуміти, що відомі закони Кеплера не «звалюються» просто «з неба», а є наслідками фундаментальних властивостей простору й часу (однорідність, ізотропність, тривимірність). І це можна продемонструвати під час навчання астрономії

навіть у середній школі, у всякому разі на профільному рівні. Приклад такого викладу матеріалу автор навів у статті «Йоганн Кеплер і революція в астрономії» [145] (див. також підрозділ 4.2.1).

Серйозну увагу слід приділити поняттю «друга космічна швидкість», оскільки з цим поняттям пов'язані і польоти до інших космічних тіл, і стабільність планетних атмосфер, і наочне виведення формули для гравітаційного радіусу чорної діри тощо.

Серед малих космічних тіл слід зосередити увагу на астероїдах і кометах, їх відмінностях між собою, актуальній астероїдно-кометній небезпеці. Деякі особливості викладання теми «Комети» описані у підрозділі 5.3.

У цьому розділі вчитель може (і повинен) скористатися величезною кількістю зображень планет, їх супутників, малих тіл Сонячної системи, отриманих переважно космічними апаратами, і які є, наприклад, в Інтернеті.

13. Методика навчання розділу «Основи практичної астрофізики».

Головним базовим поняттям цього розділу є телескоп. З методичної точки зору важливим є розуміння для майбутнього вчителя принципів відмінностей між рефракторами і рефлекторами, між телескопами Галілея і Кеплера, між збільшенням телескопа і його роздільною здатністю. Необхідний акцент потрібно зробити на тому, що сучасна астрономія є всехвильовою. Викладачеві потрібно також переконатися, що студенти правильно розуміють широку застосовність в астрономії зоряних величин (не тільки історична традиція), їх зв'язок з фізичною величиною «освітленість». Адже поява такої специфічної величини як зоряна величина, поява формули Погсона фактично зумовлені несвідомим використанням відомого нині психофізичного закону Вебера-Фехнера (принцип фундаменталізації). І про це можна розповідати в школі, у всякому разі на профільному рівні.

14. Методика вивчення розділу «Зорі».

Головне базове поняття «зоря» дало назву всьому розділу. Про важливість цього поняття ми вже писали в підрозділі 2.2. Воно утворює своє – найбільше за об'ємом макрополе понять.

Студент має чітко усвідомлювати, які спостережувані характеристики зір лежать в основі сучасної теорії їх будови та еволюції. Цей методичний прийом – викладати природу та еволюцію будь-яких космічних тіл або їх систем, розпочинаючи із з'ясування їх спостережуваних характеристик, ми вважаємо універсальним і необхідним під час навчання астрономії через її особливості (наприклад, проблеми з доведеннями – див. підрозділ 1.2). Вчитель повинен вміти доводити, що всередині і навіть у центрі звичайних зір застосовна модель ідеального газу, що джерелом енергії зір є термоядерні реакції тощо.

Очевидно, що навчити цьому лише в межах цього невеличкого курсу методики навчання астрономії практично неможливо. Тому в нашому астрономічному ОС передбачений комплекс задач на доведення (див. підрозділ 3.4.1), які можна розв'язувати як під час аудиторних занять, так і під час самостійної роботи студентів. Зазначимо принагідно, що відповідні акценти можна робити і на лекціях загального курсу астрономії (принцип

системності ОС).

В цьому розділі ще потужніше, ніж у розділі «Сонячна система» має працювати стрижнева ідея еволюції, оскільки на зоряному небі навіть неозброєним оком ми спостерігаємо зорі, що перебувають на різних стадіях еволюції (наприклад, Сиріус А і Вега, як і Сонце, перебувають на головній послідовності, Арктур і Альдебаран вже покинули її і є на сьогодні червоними гігантами, Бетельгейзе перебуває в стадії переднаднової, а Сиріус В, хоча його й не видно неозброєним оком, закінчує свій життєвий шлях білим карликом). Ключовим є те, що найвідоміша діаграма в астрономії – діаграма Герцшпрунга-Рессела має еволюційний характер і вчитель астрономії повинен вміти обґрунтувати і відтворити на ній (безумовно, на якісному рівні) еволюційний трек Сонця.

Сьогодні у розпорядженні астрономів (і у вільному доступі) є велика кількість фотографій, що ілюструють процес народження і кінцеві стадії еволюції зір, і вчитель зобов'язаний уміти використовувати цей матеріал.

15. Методика вивчення розділу «Галактики».

Цей розділ хоч і невеликий, але дуже важливий, оскільки спостережуваний Всесвіт складається з галактик. Ядром цього розділу, очевидно, є поняття «галактика». Майбутній учитель має усвідомити – головне, що повинен засвоїти учень з цього розділу це, по-перше, структуру нашої Галактики, особливості розташування Сонячної системи в Галактиці, причини стабільності спірального візерунку цієї величезної зоряної системи. По-друге, вміти обґрунтувати сучасну класифікацію галактик, пояснювати активність ядер спіральних галактик (тим, що в їхньому центрі перебуває надмасивна чорна діра). В Інтернеті є чудовий ілюстративний матеріал, яким нерозумно не скористатись.

16. Методика вивчення розділу «Метагалактика». Антропний принцип.

Розкриттю змісту головного базового поняття «Метагалактика» призначений останній розділ. Учитель має так побудувати вивчення матеріалу цього розділу, щоб середньостатистичний учень міг пояснити: сучасний хімічний склад Метагалактики; баріонну асиметрію Метагалактики; існування і природу реліктового випромінювання; існування закону Габбла; зв'язок геометрії Метагалактики з її середньою густиною; можливі сценарії розширення Метагалактики (еволюція метричних властивостей як частина загальної еволюції спостережуваного Всесвіту); існування темної матерії і «темної» енергії.

Щодо антропного принципу, то учень має правильно його інтерпретувати та вміти обґрунтувати ідею існування інших всесвітів (ідею «ансамблю світів» або мультиверса), унікальність нашого Всесвіту (стрижнева ідея єдності людини і Всесвіту).

Зазначимо, що в сучасних шкільних підручниках з астрономії антропний принцип викладається як частина теми «Життя у Всесвіті». На нашу думку, це не зовсім правильно. Антропний принцип відноситься скоріше до космології, він передусім привертає увагу до запитання «Чому наш Всесвіт

побудований так, а не інакше?»), висуває ідею мультиверса (детальніше про антропний принцип див. у підрозділі 4.3). А тема «Життя у Всесвіті» завжди трактувалась як проблема існування і пошуку іншого (крім нашого) життя у спостережуваному Всесвіті, перш за все, у Сонячній системі, у нашій Галактиці.

17. Методика вивчення заключної теми: «Життя у Всесвіті».

Відразу зазначимо – те, що ця тема є заключною, теж не зовсім правильно. Це одна з найцікавіших тем для учнів (і не тільки для учнів). Запитання «Чи існують позаземні цивілізації або хоча б життя на інших космічних тілах?» дуже часто виникає вже на першому уроці. Чи правильно з методичної точки зору давати на нього відповідь на останньому уроці? Тому ми пропонуємо проблему SETI зробити частиною стрижневої ідеї астрономічної освіти – ідеї пошуку місця людини у Всесвіті і торкатися її при нагоді під час вивчення природи тіл Сонячної системи (планет та їх супутників, особливо Венери, Марса, Європи, Титана, Енцелада, комет), екзопланет, нашої Галактики. А на заключному уроці можна обговорити проблему типовості нашого життя [59], формулу Дрейка, деякі сучасні проекти SETI [49; 50; 52], «Дитяче послання позаземним цивілізаціям» [52], проблему «Великого мовчання Всесвіту» [52; 84] (див. також списки літератури до семінарських занять – підрозділ 3.4.3).

Зазначимо, що формування інтересу учнів до астрономії через «педагогіку SETI» запропонував у свій час Є.П. Левітан [190].

Підкреслимо також, що у створеному автором астрономічному ОС питання, пов'язані з проблемою SETI, детально обговорюються на семінарах (див. підрозділ 3.4.3), які супроводжують загальний курс астрономії. На лекції ці питання спеціально не виносяться. Принагідно проблема існування життя на інших, крім Землі, космічних тілах обговорюється під час вивчення природи планет Сонячної системи.

Отже, мінімальна кількість годин аудиторних занять курсу «Методика навчання астрономії» – 34. При цьому перші десять питань доцільно викласти на лекціях, а останні сім – обговорити на семінарських заняттях.

Очевидно, що зміст курсу «Методика навчання астрономії» зумовлений намаганням підготувати сучасного вчителя астрономії, здатного до формування в свідомості учня цілісної астрономічної картини світу, яка б відповідала сьогоденному розвитку астрономії як науки і поєднання її з фізичною картиною світу. Знання основних законів і принципів науки, її методології, наявність наукового світогляду, усвідомлення єдності і гармонії людини і Всесвіту – все це утворює найпотужніший інструментарій майбутнього фахівця. Разом із творчим характером навчання це є запорукою формування творчої особистості майбутнього вчителя.

Матеріал цього підрозділу висвітлений у монографії автора [154].

3.8. Педагогічні умови ефективного функціонування запропонованої методичної системи підготовки майбутнього вчителя астрономії

Під методичною системою навчання ми розуміємо, як звичайно, впорядковану сукупність взаємопов'язаних компонентів: цілей навчання, змісту, методів, засобів і форм організації навчання, що утворюють єдину цілісну функціональну структуру, орієнтовану на досягнення мети – підготовку вчителя астрономії.

Загальноприйнятою тезою відносно методичної системи є те, що навчання тільки тоді є ефективним, якщо воно будується як методична система.

Характерними рисами сучасної методичної системи ми вважаємо:

1. Науково обґрунтоване планування навчального процесу.
2. Єдність і взаємопроникнення теоретичної та практичної підготовки.
3. Достатньо високий рівень складностей і достатньо швидкий темп вивчення навчального матеріалу.
4. Достатню самостійність навчання.
5. Органічне поєднання індивідуальної та колективної роботи суб'єктів навчання.
6. Насиченість навчального процесу сучасними інформаційними технологіями.
7. Комплексний підхід, охоплення кількох дисциплін єдиною методичною системою.

Слід зазначити, що ефективне функціонування методичної системи не можливе без постійного моніторингу і коригування навчального процесу.

Блок-схема створеної методичної системи представлена на рис. 3.4.

Щодо цілей навчання див. підрозділи 3.3 та 3.6. Зміст навчання в контексті фундаменталізації детально обговорювався у підрозділах 2.1 (стрижневі ідеї), 3.2 (поле понять) і 3.3 (основний зміст і навчальна програма).

Серед методів навчання, згідно з класифікацією за характером пізнавальної діяльності [293], ми надаємо перевагу методам: проблемного викладання матеріалу, евристичному та дослідницькому, комбінуючи один з одним.

Сутність **методу проблемного викладання** навчального матеріалу полягає в тому, що викладач не тільки організує передавання інформації, а й ознайомлює студентів з процесом пошуку вирішення тієї чи іншої проблеми, демонструє рух думки від одного етапу пізнання до іншого, ілюструє логіку цього руху, суперечності, що при цьому виникають [293]. Інакше кажучи, викладач ставить проблему, сам її розв'язує, тобто показує зразки наукового пізнання, а студенти контролюють переконливість і логіку цього процесу, засвоюють етапи розв'язання проблем. При цьому простежуються і зв'язки між цими етапами, виникнення нових ідей та їх теоретична та експериментальна перевірка.

Структура проблемного викладання, на думку відомих фахівців [293], може мати такий вигляд:

- 1) виявлення суперечності і постановка проблеми;
- 2) висування гіпотез;

3) процес розв'язання, з'ясування і подолання дійсних і можливих перешкод та суперечностей;

4) доведення правильності гіпотези або її спростування;

5) розкриття значення розв'язку для подальшого розвитку думки або сфери діяльності.

Метод проблемного викладання є проміжним між репродуктивними та продуктивними методами, оскільки він передбачає як засвоєння готової інформації, так і елементи творчої діяльності. Цей метод використовується нами переважно на лекціях (див., наприклад, підрозділ 5.4).

Наступні два методи відносять до продуктивних. **Евристичний** (частково-пошуковий) **метод** – це метод, за якого викладач організує участь студентів у виконанні окремих кроків пошуку розв'язання проблеми [293]. Роль викладача полягає в конструюванні завдання, розбиття його на окремі етапи і визначенні тих етапів, які студенти виконують самостійно. Отже, викладач тим чи іншим способом організує *самостійну пізнавальну діяльність* тих, хто навчається. При цьому студенти вчать: 1) бачити проблеми; 2) висувати гіпотези; 3) підтверджувати або спростовувати їх; 4) будувати доведення; 5) робити висновки з викладених фактів тощо .

Цей метод ми використовуємо на практичних заняттях, розв'язуючи спеціально підібрані задачі (пізнавальні, творчі, задачі на доведення тощо), на лабораторних заняттях (підготовка, виконання, захист), на семінарах, в організації самостійної роботи студентів.

Дослідницький метод полягає в організації викладачем пошукової, творчої діяльності студентів для розв'язування нових проблем (це можуть бути суб'єктивно нові проблеми) і проблемних задач. Цей метод передбачає використання не окремих елементів творчої діяльності, а повністю всіх [293]. Повноцінне розв'язання творчої задачі потребує вмінь: аналізувати умову у відповідності до постановки задачі або проводити власні спостереження, дослідження певних фактів, явищ; перетворювати головну проблему у низку часткових проблем; складати план поетапного розв'язання проблеми; формулювати гіпотезу; перевіряти отриманий розв'язок теоретично і, якщо це можливо, то експериментально, тощо. Тому саме дослідницький метод є основним методом навчання досвіду творчої діяльності. Цей метод забезпечує оволодіння методами наукового пізнання і формування наукового стилю мислення.

Області застосування дослідницького методу: написання курсових і випускних (дипломних) робіт, наукових статей, підготовка до участі у наукових (зазвичай, студентських) конференціях.

Форми навчання детально обговорювались у підрозділі 3.4. Крім традиційних лекцій і лабораторного практикуму ми пропонуємо практичні і семінарські заняття. В сучасних умовах важливими формами є також самостійна і науково-дослідна робота студентів.

Серед засобів навчання ми інтенсивно використовуємо підручники [9; 91 ; 111; 120], авторські навчальні посібники і збірники задач [143; 166; 167], авторські інструкції до лабораторних робіт, Інтернет, телескоп,

запропонованої методичної системи, призначеної для підготовки вчителя астрономії сучасної школи:

- наявність відповідного навчально-методичного комплексу;
- застосування *системного, культурологічного* (і пов'язаного з ним *історичного*), *контекстного, діяльнісного і пов'язаних з ним компетентнісного, праксеологічного, технологічного, задачного та рефлексивного*, а також *особистісно-орієнтованого і аксіологічного* підходів;
- застосування *принципу фундаменталізації освіти*;
- системний моніторинг навчальної діяльності студента;
- наявність відповідного рівня професійної культури педагога.

Рис. 3.4. Методична система підготовки вчителя астрономії

3.9. Спецкурс для підготовки майбутніх магістрів «Новітні досягнення в астрофізиці»

На нашу думку, підготовка магістра має включати спецкурс «Новітні досягнення в астрофізиці». Справа в тому, що в процесі підготовки вчителя, в умовах, коли закладається фундамент знань, важко відстежувати передній край науки. Як уже наголошувалось, астрономія на сьогодні перебуває на передовому рубежі природознавства, відкриття відбуваються буквально в нас на очах. Для того, щоб випускник університету відповідав рівню магістра, він повинен бути обізнаний з цим переднім краєм і знати актуальні проблеми астрономії, особливо астрофізики.

Метою даного спецкурсу є надання знань про сучасні, найбільш головні проблеми астрофізики та найважливіші відкриття в астрофізиці кінця XX та початку XXI століть.

З мети випливають наступні **завдання курсу**:

- 1.Доповнити систему знань, необхідних для розуміння спостережуваних астрономічних явищ.
- 2.Завершити формування сучасної астрофізичної картину світу.
- 3.Сформувати уявлення про значення астрофізики для практичної діяльності людей.
- 4.Засвоїти основні принципи, методи і результати досліджень, які відносяться до найважливіших відкриттів в астрофізиці кінця XX та початку XXI століть.
- 5.Здобути уявлення про сучасні найбільш головні проблеми астрофізики
- 6.Навчитися чітко розмежовувати твердо встановлені факти і теорії від гіпотез і припущень.
- 7.Здійснювати інтелектуальне, естетичне та гуманітарне виховання студентів.

8. Підвищити методологічну та інформаційну культуру майбутнього вчителя.

Орієнтовна програма спецкурсу може бути такою:

1. Вступ.

Темпи розвитку науки. Астрономія кінця XX і початку XXI століть. Які проблеми астрофізики вважаються на сьогодні найбільш важливими та цікавими? Список «особливо важливих та цікавих проблем» [55; 56].

2. Експериментальна перевірка загальної теорії відносності (ЗТВ).

Історія проблеми. Принципи ЗТВ. Перевірка ЗТВ в слабких гравітаційних полях (зміщення перигелію Меркурія, відхилення світлових променів поблизу Сонця). Гравітаційне лінзування. Перевірка ЗТВ у сильних гравітаційних полях (поблизу нейтронних зір та чорних дір) [55; 93; 94; 107; 109; 185; 187].

3. Гравітаційні хвилі, їх детектування.

Коли виникають гравітаційні хвилі? Інтенсивність гравітаційного випромінювання. Проблеми детектування гравітаційних хвиль. Детектори гравітаційних хвиль: LIGO, LISA та інші. Космічні джерела гравітаційних хвиль [55; 187].

4. Гравітаційні лінзи.

Історія відкриття і дослідження гравітаційних лінз. Відхилення фотонів Сонцем. Передбачення класичної механіки і загальної теорії відносності. Коефіцієнт підсилення гравітаційної лінзи. Значення гравітаційних лінз у дослідженнях Всесвіту [23; 37; 55; 109].

5. Нейтронні зорі та пульсари.

Фізика кори нейтронної зорі (НЗ). Утворення НЗ. Зоретрясіння. Магнітосфери НЗ. Охолодження НЗ. Нейтринне випромінювання НЗ [55; 91; 93; 186; 206; 257; 320; 345].

6. Чорні діри. Космічні струни.

Чорні діри зоряної природи. Термодинаміка чорних дір. Реліктові чорні діри. Чорні діри в ядрах галактик. Квазари. Космічні струни [55; 66; 91; 93; 94; 109; 110; 206; 219; 220; 319; 357; 361].

7. Гама-спалахи. Гіперонові.

Історія відкриття гама-спалахів. Потужність джерел гама-спалахів. Спостереження гама-спалахів. Природа гама-спалахів [55; 56; 91; 348].

8. Нейтринна фізика та астрономія. Нейтринні осциляції.

Сорти нейтрино. Маса нейтрино. Нейтринні осциляції. Нейтринні детектори. Нейтринна астрономія [55; 56; 91; 108; 109].

9. Фрактали на Землі та у космосі.

Самоподібні геометричні об'єкти. Що таке вимірність? Формула Мандельброта. Як виміряти вимірність? Фрактальна геометрія природи. Фрактали у космосі: Сонячна система, вимірність Сонця, фрактальні структури у спіральних галактиках, багатовимірний Всесвіт [85; 250; 276; 316; 341].

10. Методи і результати пошуку екзопланет.

Проблема пошуку позасонячних планет. Астрометричний метод. Зоря Барнарда. Спектроскопічний метод (метод променевих швидкостей). Метод прямого виявлення. Метод гравітаційного мікролінзування. Транзитний (фотометричний) метод. Космічна обсерваторія «Кеплер» та її результати. Статистика екзопланет. Проблеми, які породили відкриття екзопланет (еліптичність орбіт, близькість до своїх зір, планети у пульсарів) [131; 239; 349; 352; 358].

11. Космологічна проблема.

Становлення сучасної космології. Проблеми фрідманівської космології. Інфляція. Λ -член. Зв'язок між космологією та фізикою високих енергій [11; 55; 56; 66; 69; 91; 97; 218; 262; 271].

12. Проблема темної матерії та її виявлення.

Доведення існування темної матерії. Кандидати на роль темної матерії. Небаріонна природа темної матерії [55; 56; 66; 91; 108; 355; 356].

13. Прискорене розширення Метагалактики.

Класичні сценарії еволюції Метагалактики. Середня густина речовини Метагалактики. Відкриття прискореного розширення Метагалактики. Повна густина Метагалактики. Темна енергія [56; 91; 348].

14. Реліктове випромінювання.

Історія відкриття реліктового випромінювання. Характеристика реліктового випромінювання. Концентрація реліктових фотонів. Середня енергія реліктових фотонів. Анізотропія реліктового випромінювання. Проект COBE [55; 91; 108].

15. Останні досягнення в дослідженнях Сонячної системи.

Місія «Кассіні». Поверхня Титана. Місії: «Марс Глоубал Сервейер», «Марс Реконенсанс Орбітер», «Марс-Експрес», «Марс-Одісей». Дослідження Марса за допомогою марсоходів. Проблема води на Марсі. Місія «Фенікс». Місія «Нові горизонти» (перспективи досліджень Плутона та його супутників). Місія «Месенджер» (нові результати в дослідженнях Меркурія). Місія «Розетта» (внесок українських астрономів).

Заняття можна організувати так, щоб магістранти самі доповідали обрані ними проблеми, готуючи відповідні презентації, а викладач виступав у ролі наукового консультанта або опонента. Завдяки фактично семінарській формі організації занять студенти отримують можливість самостійно, а за необхідністю і за допомогою викладача, міркувати над складними, суперечливими та неоднозначними проблемами, що сприяє формуванню діалектичного, творчого мислення, наукового світогляду.

Такий спецкурс вже близько 10 років запроваджений для підготовки магістрів напрямів підготовки «ПМСО. Фізика» і «Фізика*» в Херсонському державному університеті [154].

3.10. Спецкурс для підготовки магістрів «Фундаментальні фізичні та математичні константи»

Як вже зазначалося, одним з головних завдань, що ставляться під час підготовки вчителя фізики та астрономії, є формування єдиної астрофізичної

картини світу як частини загальнонаукової картини світу. Тому **метою даного спецкурсу** є: сформулювати уявлення про основи єдиної наукової картини світу, яка базується на досягненнях сучасної математики, теоретичної та експериментальної фізики, астрофізики.

Відкриття фундаментальних констант можна вважати одним із видатних досягнень фізичної науки, оскільки вони надають нам інформацію про найбільш загальні, основоположні властивості спостережуваного Всесвіту. З цього погляду фундаментальними, на нашу думку, потрібно вважати константи, що наведені в табл. 3.7.

Як відомо, математичні константи π і e присутні в багатьох фізичних і астрономічних формулах. Наявність у формулах числа π зумовлена *симетричними властивостями простору* (його *ізотропністю*) [64; 88]. Проте значення відношення довжини кола до свого діаметра у світах, що описуються геометріями Евкліда, Лобачевського або Рімана (що відповідає різним сценаріям розширення Метагалактики), буде різним [88; 187].

Число e , що виникає як друга чудова границя, має величезний спектр застосування: від натуральних логарифмів і теорії ймовірностей до хвильової оптики і поширення хвиль густини в спіральних галактиках. Це також зумовлене *симетричними властивостями простору-часу*, а саме їх *однорідністю* [64]. Справа в тому, що в однорідному просторі-часі (де виконуються закони збереження енергії та імпульсу) закони перебігу фізичних процесів є сталими і тому описуються *диференціальними рівняннями зі сталими коефіцієнтами*. Розв'язком таких рівнянь є функція комплексної змінної з основою e (рівняння хвилі). Експонента виникає також у процесах, де відносні зміни якої-небудь величини пропорційні самій величині. Так розвивається, наприклад, радіоактивний розпад або інфляція (як грошова, так і розширення Метагалактики на ранньому етапі її еволюції, яку так і називають – інфляційна стадія). З цього приводу можна згадати також універсальний психофізичний закон Вебера-Фехнера, надзвичайно важливий для всього живого на Землі (і наслідком якого є формула Погсона, що пов'язує зоряні величини й освітленості).

Таблиця 3.7

Фундаментальні математичні та фізичні константи

Константа	Числове значення	Автор і рік введення	Автор і рік першого вимірювання
π	3,141593	У. Джонс, 1706, Л. Ейлер, 1736	?
e	2,718282	Л. Ейлер, 1736	Л. Ейлер, 1736
c	299792458	Дж. Максвелл, 1864	О. Рьомер, 1676
G		І. Ньютон, 1687	Г. Кавендіш, 1798

e		Дж. Стоней, 1891	Р. Міллікен, 1906–1916
		М. Планк, 1900	Р. Міллікен, 1914
		Дж. Томсон, 1897	Р. Толмен, Т. Стюарт, 1916
		Е. Резерфорд, 1919	Е. Резерфорд, 1919
		Е. Резерфорд, У. Харкінс, 1920	Дж. Чедвик, 1932
N	3	І. Кант, 1747	Аристотель, IV ст. до н. е.

Щодо фундаментальних констант фізики, то, наприклад, швидкість поширення світла c – константа, яка була виміряна однією з перших, проте статут фундаментальної отримала лише після створення А. Ейнштейном спеціальної теорії відносності. Фундаментальність її полягає в тому, що це є максимальна швидкість поширення взаємодій у спостережуваному Всесвіті. Гравітаційна стала G характеризує інтенсивність гравітаційної взаємодії тіл. Елементарний заряд e (строго кажучи, з відкриттям кварків його некоректно називати елементарним, але це найменший заряд, що трапляється у вільному стані) – відіграє роль константи зв'язку, що показує, як сильно елементарна частинка (заряджена) взаємодіє з подібною до себе. Стала Планка \hbar – мінімальний квант дії (інакше, квант кутового моменту). Фундаментальність мас електрона, протона й нейтрона полягає в тому, що це маси частинок, з яких складається речовина Метагалактики (на сьогодні протон і нейтрон вже не вважаються елементарними, оскільки складаються з кварків, проте кварки у вільному стані не спостерігаються). Фундаментальність розмірності простору вперше обґрунтував П. Еренфест [63], продемонструвавши, як сильно фізика залежить від цієї величини.

Слід зазначити, що ми наводимо найменший список фундаментальних фізичних констант. Наприклад, О.П. Спірідонов – автор посібника для студентів «Фундаментальні фізичні сталі» [277] наполягає на включенні до нього сталої Больцмана k , проте його аргументи не можна вважати переконливими.

Фундаментальні константи фізики є однією з великих нерозв'язаних проблем сучасної науки. Виміряні експериментально з великою точністю, вони досі не мають скільки-небудь переконливої теоретичної інтерпретації. Чому фундаментальні константи мають саме такі числові значення? Донедавна такі запитання у фізиці взагалі було не прийнято задавати.

Числове значення жодної константи не виводиться з існуючих фізичних теорій. На перший погляд це здається зрозумілим, оскільки відомі числові значення природно залежать від сваволі у виборі одиниць фізичних величин. Проте й перехід до безрозмірних констант, що характеризують електромагнітну (), сильну (), слабку (

) та гравітаційну () взаємодії, не знімає цю проблему. Цілком можна погодитись з О.П. Спірідоновим, що все ж таки фізику важко вважати досконалою, поки проблема фундаментальних констант не знайде свого теоретичного розв'язання.

До того ж під кінець ХХ століття завдяки дослідженням цієї проблеми передусім І.Л. Розенталем, П. Девісом, Л.Б. Окунем та іншими [76; 224; 251–254] вдалося з'ясувати, що стійкість основних структурних елементів Метагалактики – ядер, атомів, зір, галактик – надзвичайно чутлива до числових значень фундаментальних констант. Порівняно невелике їх уявне «ворушіння» спричиняє катастрофічні наслідки для нашого Всесвіту. Стало зрозуміло, що за трохи іншого набору саме фундаментальних констант наш світ буде зовсім іншим, наприклад, без звичайних для нас зір або без складних хімічних

елементів, без відомого нам життя. Більше того, значення констант мають не просто перебувати в певних межах, а мають бути відповідним чином збалансовані між собою. Проблема фундаментальних констант набуває таким чином глобального значення.

У сімдесяті роки ХХ ст. Б. Картер вдало формулює антропний принцип, який відразу привертає увагу багатьох учених. Сутність його (див. подробиці у підрозділі 4.3) полягає в тому, що існує тонке підстроювання спостережуваного Всесвіту під людину.

Аналіз цих проблем дає змогу з єдиних позицій підійти до розгляду практично всіх основних розділів фізики та астрофізики. Фундаментальні константи ніби зв'язують їх в одне ціле, являючись невід'ємними характеристичними параметрами всіх найважливіших фізичних і астрофізичних теорій – тяжіння та теорій відносності (спеціальної та загальної), атомної та ядерної фізики, хвильової оптики, статистичної фізики та термодинаміки, квантової механіки, теорії будови та еволюції зір, фізики елементарних частинок і космології. Розуміння суті проблеми неможливе без синтезу досягнень усієї фізики, її сучасних теорій взаємодій, астрофізики. В процесі такого аналізу виникають питання загальнонаукового, методологічного, світоглядного характеру.

Все це зумовило завдання спецкурсу і його програму.

Завданнями спецкурсу є:

1. Розкрити місце і значення фундаментальних констант у загальній і професійній освіті; провести методологічний аналіз самого поняття «фундаментальна константа», аналіз змісту існуючих таблиць фізичних констант, їх розмірностей; розглянути термінологічні питання та проблеми точного вимірювання числових значень констант.

2. Показати, наскільки характерні параметри мікросвіту і космічних тіл залежать від числових значень фундаментальних констант.

3. З'ясувати залежність фундаментальних фізичних констант від часу, вплив числових значень констант на стійкість основних структурних елементів Метагалактики (ядер, атомів, зір, галактик).

4. Детально обговорити антропний принцип, його різні формулювання, проілюструвати його зміст достатньою кількістю прикладів. Провести аналіз можливих інтерпретацій антропного принципу. Зосередити увагу студентів на можливому трактуванні числових значень фундаментальних констант як флуктуацій (гіпотеза «ансамблю світів»), обговорити проблему формування цих числових значень на ранніх етапах еволюції Метагалактики.

5. Прослідкувати шляхи розвитку фізики від єдиної теорії поля до єдиної теорії взаємодій. Розглянути астрофізичний аспект.

6. Завершити формування сучасної астрофізичної картини світу як складової частини природничонаукової картини світу.

7. Здійснювати інтелектуальне, естетичне та гуманітарне виховання студентів.

8. Підвищити методологічну та креативну культуру майбутнього вчителя.

Програма спецкурсу, що розроблена автором, виглядає так:

1. Вступ. Постановка проблеми фундаментальних констант.

Таблиці фізичних сталих. Визначення поняття «фундаментальна фізична константа». Які фізичні сталі можуть вважатися фундаментальними? Перелік та числові значення фундаментальних констант фізики і математики. Обґрунтування фундаментальності певних математичних і фізичних констант.

2. Фундаментальні математичні константи.

Визначення числа π . Число π і евклідова геометрія. Число π і симетричні властивості простору. Визначення числа e . Друга чудова границя. Експоненціальна функція. Застосування експоненціальної функції у розв'язанні диференціальних рівнянь. Логарифмічна спіраль і спіральні галактики.

3. Фундаментальні константи і розмірність фізичних величин.

Значення точності вимірювання фундаментальних фізичних констант. Системи одиниць фізичних величин. Основні одиниці в системі СІ: історія і сучасні значення. Умовність одиниць фізичних величин. Природні одиниці величин квантової електродинаміки. Визначення безрозмірних констант фундаментальних взаємодій: α_e , α_g , α_s , α_w .

4. Суперконстанти: c , G , \hbar .

c , G , \hbar – фізика. «Куб фізичних теорій» в системі координат c , G , \hbar . Шкала Планка. Знаходження планківських величин методом аналізу розмірностей.

5. Характерні параметри космічних тіл і фундаментальні константи.

Вираз характерних параметрів зір і планет через фундаментальні константи: характерна маса планети; характерний розмір планети; характерна маса зорі; характерний розмір зорі; характерні маса і розмір білого карлика, характерний розмір чорної діри.

6. Стійкість основних структурних елементів Метагалактики і фундаментальні константи.

Уявні експерименти із зміни: швидкості світла, мас електрона, протона та нейтрона, вимірності простору. Уявні експерименти із зміни безрозмірних констант фундаментальних взаємодій.

7. Антропний принцип.

Збіги «великих чисел». «Гіпотеза великих чисел» (гіпотеза Дірака). Приклади підстроювання параметрів Метагалактики під існування людини. Слабкий антропний принцип. Проблема утворення Карбону у Всесвіті. Сильний антропний принцип. Інтерпретація слабого антропного принципу. Числові значення фундаментальних констант як флуктуації. Інтерпретація сильного антропного принципу.

8. Куди прямує фізика?

Залежність фундаментальних констант від часу. Залежність безрозмірних констант фундаментальних взаємодій від енергії процесів. Шляхи розвитку фізики: від єдиної теорії поля до єдиної теорії взаємодій. Теорія «Великого об'єднання». Супероб'єднання.

У цьому спецкурсі лекції супроводжуються практичними заняттями, де магістранти розв'язують спеціально підібрані задачі. Орієнтовний перелік тем практичних занять пропонується такий:

1. Фундаментальні математичні константи.
2. Історичні дослідження з вимірювання фундаментальних констант фізики.
3. Системи одиниць фізичних величин.
4. Характерні параметри мікросвіту і фундаментальні константи.
5. **Характерні параметри космічних тіл і фундаментальні константи.**
6. Стійкість основних структурних елементів Метагалактики і числові значення фундаментальних констант.
7. Антропний принцип.

Рекомендована література: [39; 63; 64; 76; 88; 107; 109; 132; 143; 162; 224; 251–254; 277; 302; 330].

Такий спецкурс автор вже близько 15 років викладає в Херсонському державному університеті [154]. За нашими спостереженнями він дійсно сприяє розвитку творчого мислення [162], формуванню єдиної астрофізичної картини світу, наукового світогляду.

Висновки до третього розділу

1. На нашу думку, існує глибока невідповідність між рівнем наукових досягнень в астрономії, психології, педагогіці та методиці навчання та їх відображенням у змісті,

формах, методах і засобах навчання існуючого типового астрономічного освітнього середовища у педагогічних університетах, що спричиняє низьку ефективність такого ОС.

Орієнтація на сучасні педагогічні технології, інновації в освіті, принцип фундаменталізації у поєднанні з сучасними освітніми підходами дають змогу побудувати фактично нове астрономічне ОС, вносячи істотні зміни у його змістову і процесуальну складові.

У результаті, виходячи з Національної концепції та сучасного стану розвитку освіти, нами сформульовано головні концептуальні та методологічні засади побудови ОС для підготовки сучасного вчителя астрономії. Ці засади було покладено в основу астрономічного ОС, яке вже 10 років існує у Херсонському державному університеті.

2. Застосовуючи принцип фундаменталізації освіти, нами сформовано понятійне поле загального курсу астрономії, призначеного для підготовки вчителя астрономії. На наше переконання фундаментальне ядро і периферія цього поля на макрорівні мають бути такими самими, як і для середньої астрономічної освіти (принцип конгруентності). Проте на мікрорівні поле понять для майбутнього вчителя має бути істотно ширшим і глибшим. Сформоване поле відрізняється від традиційного значно меншою кількістю понять взагалі, меншою часткою астрометричних, проте більшою часткою астрофізичних понять.

3. Визначення стрижневих ідей, переструктурування матеріалу, виокремлення базових понять, формул, законів, теорій і вмінь дали змогу сформувати основний зміст курсу астрономії, призначений для підготовки вчителя астрономії. Він відрізняється від традиційного, зменшенням астрометричної частини курсу, збільшенням таких розділів як «Зорі», «Галактики», «Метагалактика», посиленням міжпредметних зв'язків з фізикою, гармонійним поєднанням фундаментальності та професійної спрямованості.

4. Повноцінна методична система астрономічної підготовки майбутнього вчителя, на наше переконання, крім традиційних лекційного курсу та лабораторних занять має містити обов'язково практичні заняття, на яких би розв'язувались спеціально підібрані задачі, та семінари, де б обговорювались актуальні проблеми астрономії в контексті майбутньої професії.

Тільки наявність такого комплексу (як елементів продуманої та узгодженої системи) дає змогу ефективно застосовувати діяльнісний підхід до навчання, керувати процесом підготовки вчителя астрономії, формувати його компетентнісно-світоглядні професійні якості, професійну культуру. Наявність такого комплексу також дає можливість перетворити систему підготовки на технологію.

Запропоновано методика вивчення загального курсу астрономії з розподілом його на змістові модулі і поетапним засвоєнням кожного модулю. Підвищеної уваги, на нашу думку, потребує адаптивно-перетворювальний етап, який в нашій системі забезпечується практичними, лабораторними і семінарськими модулями.

5. Обов'язковим компонентом ОС, призначеного для підготовки вчителя астрономії, є курс «Методика навчання астрономії», предметом якого є цілі, зміст та технології навчання астрономії у загальноосвітній школі. Метою цієї дисципліни є формування у студентів методичної культури.

Зміст цього курсу має бути спрямований на підготовку сучасного вчителя астрономії, здатного до формування в свідомості учня цілісної астрономічної картини світу, яка б відповідала сьогоденному розвитку астрономії як науки.

Знання особливостей астрономії як науки і як навчального предмету, стрижневих ідей, базових понять, основних законів і принципів астрономії, її методології, вміння їх застосовувати, наявність наукового світогляду, певного рівня інформаційної та креативної культур – все це є необхідними компонентами методичної культури вчителя астрономії сучасної школи.

6. З погляду культуроцентричного підходу фундаменталізація підготовки майбутнього вчителя астрономії має на меті істотне підвищення його професійної культури. До основних компонентів професійної культури такого вчителя ми відносимо

його астрономічну, методологічну, методичну, педагогічну, психологічну, креативну, інформаційну і мовну культуру. Фундаменталізація сприяє передусім розвитку астрономічного (предметного), методологічного, креативного та інформаційного компонентів.

7. На нашу думку, доцільним є включення до програми підготовки майбутніх магістрів спецкурсів: «Новітні досягнення в астрофізиці» і «Фундаментальні фізичні та математичні константи».

Для того, щоб випускник університету відповідав рівню магістра, він має бути обізнаний з переднім краєм науки і знати актуальні проблеми астрономії, особливо астрофізики. Тому метою першого спецкурсу є надання знань про сучасні, найбільш головні проблеми астрофізики та найважливіші відкриття в астрофізиці кінця ХХ та початку ХХІ століть.

Як уже зазначалося, одним із головних завдань, що ставляться під час підготовки вчителя астрономії, є формування єдиної астрофізичної картини світу як частини загальнонаукової картини світу. В зв'язку з цим метою другого спецкурсу є сформулювати уявлення про основи єдиної наукової картини світу, яка базується на досягненнях сучасної математики, теоретичної та експериментальної фізики, астрофізики.

Обидва ці спецкурси ми вважаємо важливими складовими астрономічного ОС, призначеного для підготовки вчителя астрономії (на освітньо-кваліфікаційному рівні «магістр»).

8. Отже, створена нова методична система підготовки майбутніх учителів астрономії як сукупність взаємопов'язаних компонентів: цілей навчання, змісту, методів, засобів і форм організації навчання, що утворюють єдину цілісну функціональну структуру, орієнтовану на досягнення мети – підготовку вчителя астрономії сучасної школи, і сформульовано педагогічні умови ефективного функціонування запропонованої системи.

РОЗДІЛ 4

МЕТОДИКА РЕАЛІЗАЦІЇ СТРИЖНЕВИХ ІДЕЙ АСТРОНОМІЧНОЇ ОСВІТИ В ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ АСТРОНОМІЇ

4.1. Реалізація ідей пізнаванності і нетотожності видимого та істинного на прикладі вивчення змістового модуля: «Кінематика Сонячної системи»

Із найважливіших результатів навчання астрономії у школі згідно з Державним стандартом базової і повної середньої освіти є: «уявлення про розвиток астрономічного знання в різних цивілізаціях, вплив астрономії на культуру і техніку, внесок астрономії у становлення і побудову природничонаукової картини світу; знання внеску найвідоміших астрономів у розвиток науки» [77; 78]. Тому під час підготовки майбутнього вчителя астрономії у вищих педагогічних навчальних закладах певна увага має приділятися історичним, методологічним та світоглядним аспектам освіти.

Наочною ілюстрацією ідей пізнаванності світу та нетотожності видимого та істинного є еволюція уявлень про будову Сонячної системи та історія відкриття Йоганном Кеплером законів руху планет, що згодом отримали його ім'я. Покажемо це на прикладі вивчення змістового модуля «Кінематика Сонячної системи». Згідно з підрозділом 3.5 вивчення модулю відбувається поетапно.

Настановчо-мотиваційний етап. Передусім слід наголосити студентам, що, засвоївши цей модуль, вони дізнаються:

- 1) причини драматичної еволюції уявлень про будову Сонячної системи;
- 2) повчальну з методологічної точки зору історію відкриття законів Кеплера.

Засвоївши цей модуль студенти зможуть:

- 1) пояснювати відмінності між системами світу Птолемея, Коперника і сучасними уявленнями про будову Сонячної системи;
- 2) розрізняти і пояснювати конфігурації планет;
- 3) використовувати нові важливі поняття синодичного й сидеричного періодів руху планет і переходити від синодичних періодів до сидеричних;
- 4) застосовувати закони Кеплера для розв'язання різноманітних задач кінематики космічних тіл, що належать Сонячній системі.

Теоретично-змістовий етап. Перші геометричні моделі для пояснення руху небесних світил почали створювати грецькі мислителі ще на початку IV ст. до н. е. [191]. Поступово сформувались дві школи, які суперничали між собою. Прихильники обох шкіл відстоювали простоту і точність теорії, але розходились у поглядах на роль математики і математичних моделей.

Представники першої школи, яку очолював Аристотель, вважали математику прислужницею філософії та здорового глузду. Вони вважали, що математика може бути корисною для опису природних явищ, але не може відобразити їх глибинну сутність. Найвищим досягненням цієї школи стала книга Клавдія Птолемея (близько 150 р.), яку ми знаємо під назвою «Альмагест», у перекладі «найвеличніший» – так її назвали арабські астрономи середньовіччя. Геоцентрична система Птолемея, її геометрична модель залишались непохитними впродовж чотирнадцяти століть, аж до появи у 1543 р. праці М. Коперника «Про обертання небесних сфер».

Головна ідея системи Птолемея добре відома: у центрі світу перебуває у спокої Земля, навколо неї обертаються Сонце, Місяць, планети та зорі. Але рух планет є складним: планета рухається по малому колу, що називається епіциклом, а центр епіциклу обертається безпосередньо навколо Землі по великому колу – деференту (рис. 4.1). Якщо підібрати відповідні радіуси епіциклів та деферентів, а також зміщення деферентів відносно Землі, то можна з великою точністю пояснити навіть петлеподібний рух планет небом. Оскільки рухи по епіциклам та деферентам є виключно коловими та рівномірними (що принципово), то це добре узгоджується з філософським принципом Аристотеля про ідеальність рухів в небесах. Цікаво, що Птолемей, сам того не підозрюючи, відкрив новий,

дуже ефективний математичний метод, який називають нині гармонічним аналізом. Справа в тому, що складний рух планет простих гармонічних рухів. Сімнадцять століть Фур'є надав ідеї Птолемея досконалості – так в рядом або інтегралом Фур'є).

Представники іншої школи, піфагорі лежать математичні закономірності. Вони математичної гармонії – це більш придат небесних таємниць, ніж здоровий глузд. І піфагорійців стала геліоцентрична модел . е. (подробиці див. у [113; 191]).

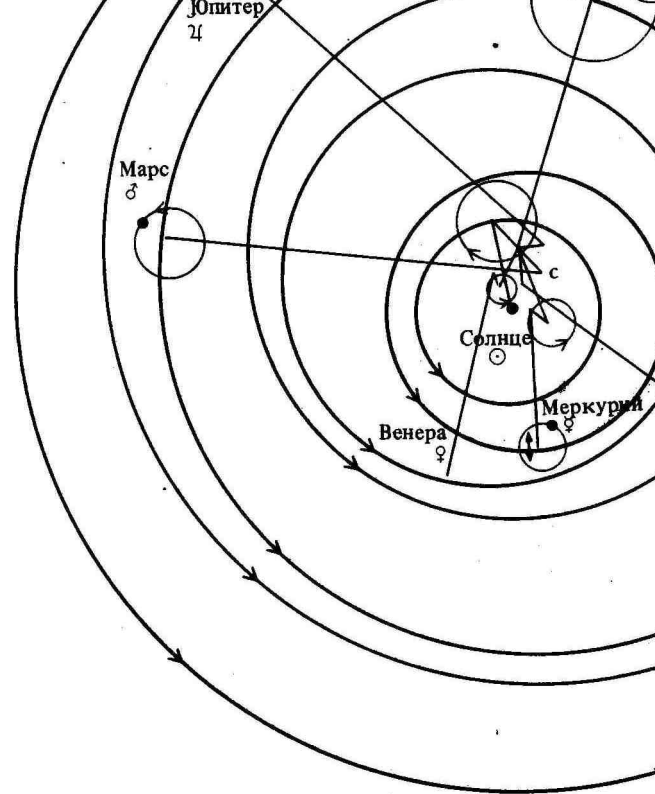
Коперник, по суті, відродив модель з центрі світу, він залишив рівномірне обер нього. Щоб узгодити свою модель з резул ускладнювати її, вводячи епіцикли і зміш відносно Сонця. Остаточно модель Копер , ніж модель Птолемея (рис. 4.2). Не мож Коперника давала змогу з більшою точні спостереження: в деяких випадках вона б точною. А в одному важливому аспекті в здавалося незаперечним: вона передбачал зміщення зір протягом року.

Ні сам Коперник, ні будь-хто з його виявити такі зміщення у зір (перший досл 1822 р. В.Я. Струве – це був паралакс Альтаїра [113]). Коперник правильно пояснював це віддаленістю зір, унаслідок чого їх паралакси є дуже малими (паралакс найближчої зорі – Проксими Центавра становить лише 0,75").

Але тоді виникала ще одна проблема. Справа в тому, що за помилковими «вимірюваннями» Тіхо Браге видимий кутовий діаметр зір першої зоряної величини дорівнював 120", другої – 90", третьої – 65" і т. д. [113, с. 261]. Якщо за такої віддаленості зір ми бачимо їх такими великими, то за своїми розмірами вони мають перевищувати діаметр земної орбіти! Проте на той час цей висновок суперечив здоровому глузду та ставив під сумнів твердження Коперника про те, що Сонце, «наче возсідаючи на царському троні», є центром Всесвіту.

Зазначимо, по-перше, що видимі розміри зір, як вони сприймаються оком, – лише ілюзія. Це явище зумовлене недостатньою роздільною здатністю ока (яка становить приблизно 100") та атмосферною турбулентністю (яка спотворює зображення). Насправді найбільші кутові діаметри зір, які вдалося виміряти за допомогою зоряних інтерферометрів, не перевищують $\approx 0,05''$ (наприклад, Бетельгейзе [38]). По-друге, зорі, справжні розміри яких перевищують діаметр земної орбіти, таки існують – це червоні надгіганти (наприклад, знову ж таки Бетельгейзе, яка за своїми розмірами перевищує навіть орбіту Марса).

Рис. 4.2. Геометрична модель геліоцентру М. Коперника



В наш час дивує також інша аргументація, що заперечує гіпотезу Коперника щодо великої віддаленості зір. Вона належить тому ж Тіхо Браге. Він писав: «Коперник допускав неймовірну і безглузду відстань. У всьому ж має бути гармонія: Творець любить порядок, а не безлад. Такий простір, позбавлений зір і планет, був би непотрібним» [113, с. 261].

Зважимо також на те, що на той час не було жодних *доведень*, експериментальних підтверджень обертання Землі навколо своєї осі та навколо Сонця. На сьогодні ми знаємо, що такими доведеннями осьового обертання є, наприклад, сплюснутість Землі біля полюсів, маятник Фуко, підмивання берегів річок, явище відхилення тіла від вертикалі, якщо воно падає (більш детально див. [166]). Доведеннями ж орбітального руху Землі є вже згадуване паралактичне зміщення зір та явище аберації світла.

Про якесь становлення геліоцентризму годі було й казати. Ситуативно геліоцентрична модель Сонячної системи не мала жодних перспектив.

З мертвої точки справа зрушилась завдяки Йоганну Кеплеру. Він розпочав будувати геометричну модель, за допомогою якою можна було б пояснити результати тривалих (протягом 20 років) і надзвичайно точних на той час спостережень Марса, проведених Тіхо Браге, помічником якого Кеплер став у 1601 р.

Як зазначає Д. Лейзер [191, с. 67], дві головні ідеї слугували Кеплеру орієнтиром у його астрономічних дослідженнях: піфагорійські уявлення про *математичну гармонію* як першооснову світу й переконання, що небесні тіла – це *фізичні об'єкти*, рух яких зумовлений *природними причинами*. Заголовок найважливішої праці Кеплера, яка побачила світ у 1609 р., є також і коротким резюме його філософії науки: «НОВА АСТРОНОМІЯ, що заснована на причинних зв'язках, або ФІЗИКА НЕБА, яка виведена з досліджень рухів зорі МАРС, заснованих на спостереженнях шляхетного ТІХО БРАГЕ» (рис. 4.3).

Зазначимо, що тут наявна дивовижна деталь. Кеплер писав: «...я розпочав займатися М... провидіння, оскільки для того, щоб здобути тайн, було конче потрібно дослідити рух... залишились би схованими від нас довічно... планети має порівняно великий ексцентриситет Землі $e = 0,017$, для Венери $e = 0,007$, для Юпитера $e = 0,056$. Тому виявити відхилення форми орбіти було практично безнадійно! Щодо Меркуря було вкрай важко, тому що на небі він не видно на 27° .

Але навіть для Марса з його помітними п'ять років виснажливих обчислень (відомі результати, знайдених методом послідовних наближень), написаних дрібним почерком, зайняв 900 днів всюдишньої думці, Кеплер спочатку відкрив

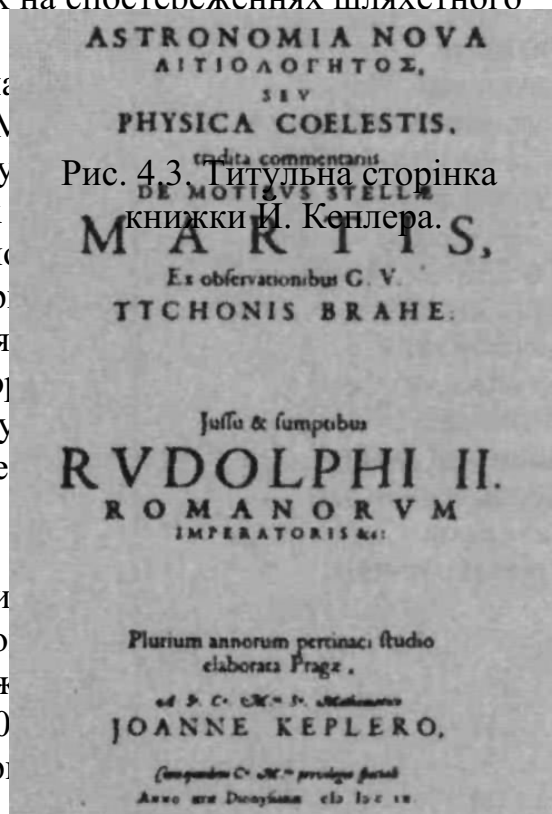


Рис. 4.3. Титульна сторінка книжки І. Кеплера.

друзим. «Отже, – пише він, – площа, що її описує відрізок Сонце–планета, є мірою часу, необхідного для проходження планетою відповідної дуги орбіти» [113, с. 273]. Фактично цей закон («закон площ») описував характер зміни швидкості під час руху планети орбітою. З його появою пішов на марне принцип рівномірності небесних рухів.

Проте одного цього закону виявилось замало, щоб «прогнозувати» можливі положення планети на орбіті. Необхідно було встановити ще й форму самої орбіти. І Кеплер знову поринає в обчислення. У гарячкових пошуках він відкидає один варіант за одним. Він писав, що «роздумуючи та розмірковуючи, я ледве не з'їхав з глузду». І ось: «Правда лежить між колом та овалом, так начебто орбіта Марса є *точний еліпс* (курсив мій – С. К.)» [113, с. 274]. Проте, помістивши Сонце у центр еліпса, він бачить, що це суперечить установленому ним закону площ. Тоді Кеплер доходить висновку, що Сонце розташовано не в центрі, а в *фокусі* еліптичної орбіти, якою рухається планета. Так Кеплер, за його ж словами, «не перестаючи обмацувати усі місця навколишньої темряви, вийшов, нарешті, на яскраве світло істини» [113, с. 274].

Отже, був сформульований *перший закон* (знову ж таки тільки для Марса): *планета рухається по еліпсу, в одному з фокусів якого розміщується Сонце.*

Згодом Кеплер поширив ці відкриття й на інші планети: до 1614 р. він перевіряв справедливість відкритих ним законів для Венери, а ще через рік – і для Меркурія [113]. Після не менш виснажливих обчислень він визначив параметри орбіт для всіх відомих тоді планет.

Нарешті, у 1618 р. Кеплер оприлюднив свій третій закон планетних рухів, що виражає зв'язок між періодом обертання планети навколо Сонця та величиною великої півосі її орбіти. Він сформулював його у відносній формі: *квадрати періодів обертання планет навколо Сонця відносяться як куби великих півосей їх орбіт.* Математично це записується так:

$$T_1^2 / a_1^3 = T_2^2 / a_2^3 \quad (4.1.1)$$

де T_1 та T_2 – періоди обертання будь-яких двох планет, a_1 та a_2 – великі півосі їх орбіт.

Проте застосування цього закону потребує знання істинних (інакше, зоряних або сидеричних – від лат. *sidus* – зоря) періодів. І тут виникає нова проблема і на ній потрібно акцентувати увагу студентів. Справа в тім, що безпосередньо із спостережень можна визначити лише сидеричний період Землі. Для усіх інших планет задача ускладнюється, оскільки сам спостерігач разом із Землею рухається навколо Сонця. Зазвичай ми використовуємо таку аналогію: як визначити період руху бігуна на стадіоні, якщо немає ні лінії старту, ні лінії фінішу, а суддя з секундоміром теж біжить по доріжці?

Для того, щоб розв'язати цю проблему введемо поняття конфігурації планети: конфігурацією називається взаємне розташування планети, Землі і Сонця. Виокремлюють такі характерні конфігурації (рис. 4.4):

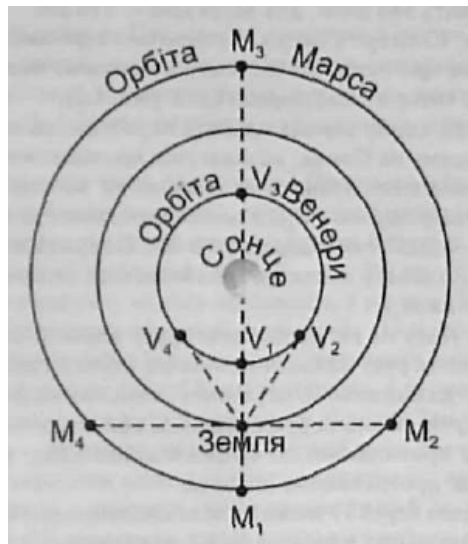


Рис. 4.4. Конфігурації планет.

•конфігурація, в якій внутрішня планета перебуває в положенні V_3 , називається нижнім сполученням;

•перебування в положенні V_2 – західною елонгацією (від лат. elongation – відхилення);

•положення V_1 відповідає верхньому сполученню;

• V_4 – східна елонгація;

•конфігурація, в якій зовнішня планета перебуває в положенні M_3 (точка на небосхилі протилежна напрямку на Сонце) називається протистоянням;

•положення M_2 , в якому планета перебуває на відстані 90° на схід від Сонця, – західною квадратурою;

•положення M_1 відповідає сполученню;

• M_4 – східна квадратура.

Інтервал часу між двома послідовними однойменними конфігураціями планети називається синодичним періодом її обертання (від гр. συνωδος – зближення). Традиційне позначення – S . Саме синодичні періоди можна безпосередньо визначити із спостережень. Так, наприклад, для Венери він становить 584 діб, а для Марса –

780 діб [166]. Як тепер, знаючи синодичний період, визначити сидеричний?

Скористаємось поняттям кутової частоти обертання ω . Оскільки планети рухаються в одному напрямку навколо Сонця, то для внутрішньої планети частота певної конфігурації дорівнює

$$\omega = \omega_{\text{Землі}} - \omega_{\text{планети}}, \quad (4.1.2)$$

де $\omega_{\text{Землі}}$ – частота обертання Землі. Переходячи від частот до періодів ($T = 2\pi/\omega$), отримуємо вираз, відомий як рівняння синодичного руху:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_{\text{Землі}}} - \frac{1}{T_{\text{планети}}}. \quad (4.1.3)$$

Для зовнішніх планет аналогічно дістаємо

Такий підхід до виведення рівняння синодичного руху представляється нам простішим, наочнішим і фізично обґрунтованим на відміну від традиційних геометричних побудов в існуючих підручниках [9, 111, 120].

Підсумовуючи лекційний модуль (цей матеріал ми викладаємо, зазвичай, за дві лекції, нагадуючи ще при цьому головні властивості еліпсу, вводячи поняття перигелію та афелію і розглядаючи наслідки еліптичності орбіти для нашої планети), ми робимо наступні висновки. Завдяки Кеплеру астрономія з «небесної геометрії» ставала «небесною фізикою». Він описав рух планет простими математичними виразами (формулами), заклавши основи сучасної фізичної мови. Взагалі це був перший камінь, покладений у фундамент, на який спирається теорія Ньютонів, що стала майже на три століття основою фізики.

Початок XVII ст. унікальний етап не тільки в історії астрономії, а й в історії науки взагалі – це час становлення нової наукової парадигми. Більше того, завдяки науковим успіхам Й. Кеплера (і Г. Галілея) згодом змінилися цілі науки, засоби їх досягнення, весь арсенал ідеалів і норм наукової творчості, становище науки в суспільстві. Наука звільнилась від багатьох закостенілих уявлень. Наукові ідеї почали перевіряти експериментами і точними математичними розрахунками. Врешті-решт, процеси, що розпочались в астрономії, відкрили дорогу для небаченого раніше прогресу природознавства.

На завершення ми наводимо слова великого А. Ейнштейна, які він написав про Кеплера [113, с. 263]: «Він жив у епоху, коли ще не було впевненості в існуванні якоїсь загальної закономірності для всіх явищ природи. Якою ж глибокою була в нього віра в таку закономірність, якщо, працюючи в самотині, без будь-якої підтримки та розуміння, він протягом багатьох десятків років черпав у ній сили для важкого і кропіткого дослідження руху планет та математичних законів цього руху».

Отже, ми бачимо, що історія відкриття законів Кеплера дійсно наочно ілюструє ідею нетотожності видимого й істинного в астрономії, ідею пізнаваності світу (незважаючи на те, що ситуація іноді здається безнадійною) та має величезний філософський, світоглядний та виховний потенціал.

Адаптивно-перетворювальний етап. Аудиторна робота. Задачі, які доцільно розв'язувати в аудиторії (як типові і такі, що дають змогу акцентувати увагу студентів на певних важливих моментах під час вивчення даного матеріалу):

Задача 1. Видимість Меркурія (задача 1.3 з [166]). Чи можна Меркурій спостерігати на сході вечорами? Визначте максимальну видиму відстань Меркурія від Сонця.

Вказівка: вважайте орбіту Меркурія коловою.

Розв'язання. Під час розв'язання цієї задачі актуалізуються наступні астрономічні знання: конфігурації планет, внутрішні планети, нижнє сполучення, елонгація (східна, західна), найбільша елонгація, умови видимості планет. Ця задача розвиває просторову уяву, демонструє міжпредметний зв'язок фізики з геометрією, має практичні наслідки.

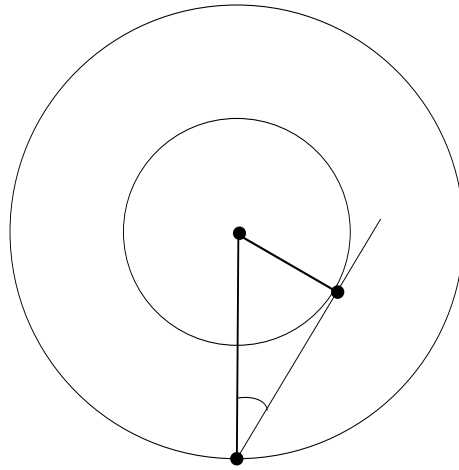


Рис. 4.5. Меркурій у найбільшій західній елонгації.

Максимальна видима відстань Меркурія від Сонця відповідає найбільшій елонгації. В цьому разі Сонце, Меркурій і Земля утворюють у площині екліптики прямокутний трикутник (лінія Земля-Меркурій є дотичною до орбіти Меркурія – див. рис. 4.5). Тоді матимемо

(4.1.5)

Використовуючи довідкові дані з [166], отримуємо $\alpha = 23^\circ$. Якщо врахувати еліптичність орбіти Меркурія, максимальна видима відстань цієї планети від Сонця може досягати 27° . Отже, відповідь на перше запитання цієї задачі негативна. Ввечері Меркурій можна спостерігати тільки на заході недалеко від Сонця одразу після його заходу (східна елонгація). На сході Меркурій можна бачити тільки вранці перед сходом Сонця (західна елонгація).

Задача 2. Рік на Венері (задача 1.14 з [166]). Із спостережень відомий синодичний період обертання Венери. Визначте сидеричний період її обертання.

Розв'язання. Під час розв'язання цієї задачі актуалізуються наступні астрономічні знання: рівняння синодичного руху, внутрішні планети, відмінності між синодичним і сидеричним періодами.

З рівняння синодичного руху (4.1.3) дістаємо

Проста задача, яка надає впевненості у своїх силах навіть слабким студентам.

Задача 3. Земля як «вранішня зоря» (задача 1.15 з [166]). Земля для спостерігачів на Марсі є, подібно до Венери, то ранковим, то вечірнім світилом. Через які проміжки часу можна спостерігати Землю на Марсі як ранкову зорю?

Розв'язання. Під час розв'язання цієї задачі актуалізуються наступні астрономічні знання: конфігурації планет, синодичний період. Це творча задача типу «що сталося б, якби?», вона розвиває просторову уяву, руйнує стереотипне мислення, розташовуючи спостерігача на іншій планеті.

Розмірковуючи разом із студентами приходимо до висновку, що період цього явища дорівнює синодичному періоду Марса, тобто 779,9d.

Задача 4. Супутники Марса. Видимість над горизонтом (задача 1.18 з [166]). Супутники Фобос і Деймос обертаються в екваторіальній площині Марса і напрямки

обертань супутників і планети збігаються. Скільки часу від сходу до заходу ці супутники можна бачити над горизонтом Марса?

Розв'язання. Під час розв'язання цієї задачі актуалізуються наступні астрономічні знання: обертання планети, супутник планети, орбітальний та осьовий періоди, відносний рух. Задача розвиває просторову уяву, поглиблює поняття відносності руху (відносне обертання), розширює знання про особливості інших супутникових систем.

Оскільки напрямки обертань супутників навколо Марса і Марса навколо осі збігаються, то частота певної конфігурації

$$\omega_S = \omega_{\text{суп}} - \omega_{\text{♂}}^{\uparrow}, \quad (4.1.5)$$

де $\omega_{\text{суп}}$ – частота орбітального руху супутника, $\omega_{\text{♂}}^{\uparrow}$ – частота осьового обертання планети.

Звідси видимість супутників над горизонтом

$$(4.1.6)$$

Отже, Фобос можна спостерігати над горизонтом Марса $\tau = 5\text{h}46,17\text{m}$, а Деймос $\tau = -65\text{h}23,04\text{m}$. Знак «мінус» означає, що Деймос на марсіанському небі рухається назустріч обертанню Марса навколо осі, тобто він сходить на сході і заходить на заході.

Задача 5. Перевіряємо класика (задача 1.22 з [166]). У романі «Гектор Сервадак» Ж. Верн описує комету Галлія з відстанню від Сонця в афелії 820 млн. км і періодом обертання 2 роки. З'ясуйте, чи може існувати така комета.

Розв'язання. Творча задача на використання художньої літератури. Під час розв'язання цієї задачі актуалізуються наступні астрономічні знання: закони Кеплера, рух комет, астрономічна одиниця. В результаті розв'язання цієї задачі студент набуває навички: критичного аналізу текстів, спростування міфів за допомогою нескладних розрахунків.

Застосовуючи третій закон Кеплера, для великої півосі орбіти комети матимемо $a = 1,588 \text{ а.о.} \approx 238 \text{ млн. км}$. З очевидного рівняння

$$r_p + r_a = 2a,$$

де r_p і r_a – перигелійна і афелійна відстані комети, отримуємо $r_p < 0$, що неможливо. Отже, параметри орбіти комети, що вигдав Ж.Верн, не узгоджені між собою.

Самостійна робота. Задачі, що задаються для самостійного опрацювання, є подібними до тих, що розв'язувались в аудиторії, але вони обов'язково містять елементи новизни, поглиблюють і розширюють введені поняття, додають нову інформацію про спостережувані об'єкти та явища.

Задача 1. Спостерігаємо Землю з інших планет (задача 1.4 з [166]). У яких основних конфігураціях можна спостерігати Землю з Меркурія і Марса? На яку найбільшу видиму відстань віддаляється Місяць від Землі під час спостереження з цих планет?

Вказівка: вважайте орбіти планет і Місяця коловими.

Задача 2. Синодичний і сидеричний періоди Місяця (задача 1.16 з [166]). Із спостережень можна визначити проміжок часу між двома однойменними фазами Місяця (синодичний період) $S_{\text{с}} = 29,53059\text{d}$. Обчисліть:

- період обертання Місяця навколо Землі (сидеричний період);
- тривалість сонячної доби на Місяці.

Задача 3. Тривалість сходу (заходу) Сонця (задача 1.19 з [166]). Визначте, за який час сонячний диск перетинає лінію горизонту на екваторі і на полюсі Землі.

Задача 4. Скільки часу М.Ломоносов міг спостерігати проходження Венери по диску Сонця? (задача 1.21 з [166]). Визначте час проходження Венери по диску Сонця, якщо проходження центральне? Як Венера переміщується по диску під час спостереження з

середніх широт північної півкулі – справа наліво, чи навпаки? Під час розв’язання вважайте, що орбіти Землі й Венери лежать в одній площині.

Задача 5. Корисні і повчальні співвідношення (задача 1.23 з [166]). В припущенні, що орбіти планет є коловими, встановіть співвідношення між радіусами орбіт і:

- а) лінійними швидкостями v руху планет;
- б) кутовими швидкостями ω руху планет.

Порівняйте отримані співвідношення для кеплерівського руху із співвідношеннями для обертового руху твердого тіла.

Задача 6. Вчимося доводити (задача 4.12 з [166]). Ви – вчитель фізики і астрономії початку третього тисячоліття від Різдва Христового. Наведіть якомога більше доказів обертання Землі:

- а) навколо своєї осі;
- б) навколо Сонця.

Контрольно-рефлексивний етап ми здійснюємо зазвичай за допомогою тестування. Приклад тестів для модулю «Кінематика Сонячної системи» наведений у додатку А. Тестування після вивчення невеликих змістових модулів ми іноді об’єднуємо і проводимо наприкінці вивчення цілого розділу.

Матеріал цього підрозділу висвітлений у статті [145] і монографії [154] автора.

4.2. Використання фундаментальних ідей фізики (симетрії та збереження)

4.2.1. Закони Кеплера

Нині ми знаємо, що закони Кеплера є наслідками фундаментальних властивостей простору і часу (однорідність простору й часу, ізотропність і тривимірність простору). Простіше за все показати, що другий закон Кеплера є наслідком закону збереження моменту імпульсу, а отже, наслідком ізотропії простору.

Оскільки планета рухається у центральній-симетричному гравітаційному полі Сонця, то її момент імпульсу під час руху зберігається. За означенням момент імпульсу планети J дорівнює

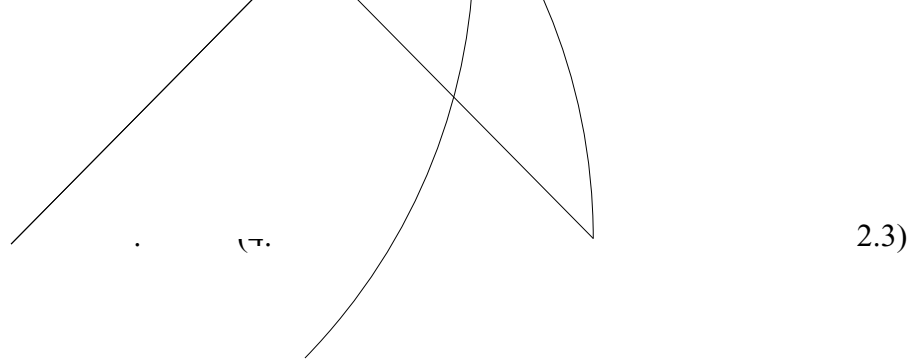
$$J = m r v \sin \alpha, \quad (4.2.1)$$

де m – маса планети, v – її швидкість, r – радіус-вектор, що з’єднує планету з Сонцем, квадратні дужки означають векторний добуток. За властивостями векторного добутку вектори r та v взаємно перпендикулярні. Сталість J означає, що під час руху планети її радіус-вектор увесь час залишається в одній площині, ортогональній до J .

Для зручності введемо у площині орбіти полярні координати r, φ . Тоді скалярний вигляд виразу (4.2.1) буде таким

$$J = m r^2 \dot{\varphi}. \quad (4.2.2)$$

Знайдемо площу сектора, утвореного двома нескінченно близькими радіус-векторами та елементом дуги траєкторії (рис. 4.6). Дістаємо



І тоді момент імпульсу (4.2.2) можна записати так

$$L = m r v_{\text{сек}} \quad (4.2.4)$$

де $v_{\text{сек}}$ – так звана секторальна швидкість.

Отже, збереження моменту імпульсу означає сталість секторальної швидкості. Секторальна швидкість планети під час її руху навколо Сонця залишається сталою. Це інше формулювання другого закону Кеплера.

Покажемо, що перший закон Кеплера є наслідком законів збереження енергії та моменту імпульсу, а також тривимірності простору.

Відомо, що нескладними перетвореннями класичну задачу двох тіл з масами m_1 та m_2 (Кеплерову задачу) можна звести до задачі про рух одного тіла із зведеною масою $M = m_1 + m_2$ у заданому зовнішньому полі. Запишемо повну механічну енергію системи Сонце-планета у полярних координатах:

$$E = \frac{1}{2} m \dot{r}^2 + \frac{1}{2} m r^2 \dot{\varphi}^2 - \frac{GMm}{r} \quad (4.2.5)$$

де E – потенціальна енергія системи (зовнішнє поле). Оскільки маси всіх планет у Сонячній системі набагато менші, ніж маса Сонця, то зведена маса у цьому разі практично зводиться до маси планети, і тоді цей вираз можна розглядати як повну енергію планети,

що рухається у гравітаційному полі Сонця. Щоб позбавитись величини $\dot{\varphi}$, виразимо її через J із (4.2.2) і підставимо у (4.2.5). Матимемо

$$E = \frac{1}{2} m \dot{r}^2 - \frac{GMm}{r} + \frac{J^2}{2mr^2} \quad (4.2.6)$$

Розділяючи змінні, отримуємо інтеграл

(4.2.7)

Цей вираз визначає у неявному вигляді відстань r планети від Сонця як функцію часу. Далі запишемо (4.2.2) у вигляді

(4.2.8)

Підставляючи сюди t із (4.2.7) і інтегруючи, дістаємо

(4.2.9)

Формула (4.2.9) визначає зв'язок між r та φ , тобто є рівнянням траєкторії у полярних координатах. Щоб обчислити цей інтеграл, потрібно задати функцію

У тривимірному просторі потенціальна енергія тіла у гравітаційному полі має вигляд

(4.2.10)

де у нашому випадку . Звертаємо увагу на те, що у полі притягання потенціальна енергія – від'ємна.

Підставляючи (4.2.10) у (4.2.9) і роблячи заміну

(4.2.11)

отримуємо інтеграл

(4.2.12)

який є стандартним, типу

(4.2.13)

Виконуючи елементарне інтегрування [244], знаходимо

(4.2.14)

Якщо ввести позначення

(4.2.15)



та обрати початок відліку кута φ таким, щоб канонічного вигляду

$$\dots, \quad (4.2.16)$$

, то рівняння траєкторії набуває

$$\dots. \quad (4.2.17)$$

Це рівняння конічного перерізу з фокусом у початку координат (на рис. 4.7 представлена еліптична траєкторія), а p та e – відповідно фокальний параметр та ексцентриситет орбіти. Із (4.2.17) видно, що за r стає щонайменшим, отже, зроблений вибір початку відліку φ полягає в тому, що рух планети починається з перигелію орбіти.

Як відомо, перерізами конуса є коло, еліпс, парабола та гіпербола. Із співвідношення (4.2.16) випливають важливі висновки.

- Оскільки для еліпса $0 < e < 1$, то еліптична, а отже, замкнена орбіта можлива тільки за умови $W < 0$ (випадок, коли кінетична енергія планети менша за від'ємну потенціальну).

- При $e = 1$. При цьому повна енергія планети, що обертається, має найменше значення:

$$\dots. \quad (4.2.18)$$

- Для параболи $e = 1$ кінетичної та потенціальної енергій.
- Якщо $W > 0$, то $e > 1$ і траєкторія стає гіперболою.

Ось такий зв'язок геометрії з фізикою, про який так мріяв і був впевнений, що він існує, Йоганн Кеплер.

Більше того, величезне значення має розмірність простору. Тільки у тривимірному просторі потенціальна енергія гравітаційного поля обернено пропорційна відстані до центра поля r і відповідно сили – обернено пропорційні $1/r^2$. Причому такий характер мають не тільки ньютонівські поля тяжіння, а й кулонівські електростатичні поля. Дивовижно, але ще І. Кант у XVIII ст. зрозумів, що закон «обернених квадратів» є наслідком тривимірності нашого простору. П. Ернфест у 1917 р. показав, що у N -вимірному просторі закон зміни гравітаційної та електростатичної сил має вигляд (див., наприклад, [63; 218; 252]):

Дійсно, чому сила, наприклад електростатичної взаємодії слабшає з відстанню? Найбільш наочна відповідь полягає в тому, що із збільшенням r силові лінії поля розподіляються по все більшій поверхні сфери, яка охоплює заряд і має радіус r . Площа сфери збільшується як r^2 , отже, густина силових ліній, що пронизують цю сферу, зменшується як $1/r^2$, що й визначає закон зміни сили. Але це справедливе тільки у тривимірному просторі. Якщо простір чотиривимірний, то площа «сфери» (геометричного місця точок рівновіддалених від центру) пропорційна r^3 , а у просторі N вимірів ця площа пропорційна r^{N-1} . Звідси й закон зміни гравітаційної та електростатичної сил у N -вимірному просторі:

Виявляється, що у просторах з $N > 3$ ці сили дуже швидко спадають з відстанню. Отже, у таких просторах немає зв'язаних стійких систем тіл, що взаємодіють гравітаційними або електричними силами, тобто в них не може бути ні атомів, ні планетних систем, ні галактик! З іншого боку, у просторах з $N \leq 3$ сили спадають дуже повільно і тому у таких просторах не існувало б вільних станів (наприклад, вільних електронів). І тільки у тривимірному просторі можливі і зв'язані, і вільні стани. Принагідно зазначимо, що це твердження є однією з вагомих ілюстрацій антропного принципу.

Отже, ми показали, як перші два закони Кеплера зв'язані з фундаментальними властивостями простору й часу, з фундаментальними ідеями фізики: ідеями симетрії та збереження. До речі, у жодному підручнику з астрономії (українському, російському) жодного слова про це не написано.

Частіше за все в астрономії застосовується третій закон Кеплера, наприклад, для визначення мас космічних тіл. Покажемо, що насправді він є наслідком першого та другого законів Кеплера (а отже, наслідком однорідності часу, ізотропності та тривимірності простору).

Час обертання по еліптичній орбіті, тобто період руху T , просто визначається за допомогою закону збереження моменту імпульсу у формі «інтеграла площ» (4.2.4). Інтегруючи цю рівність за часом від нуля до T , отримуємо

$$\int_0^T \dot{S} dt = S(T) - S(0) = S(T) \quad (4.2.19)$$

де S – площа орбіти. Для еліпса $S = \pi a b$, де a і b – відповідно велика та мала півосі еліпса. Згідно з відомими формулами аналітичної геометрії:

$$b^2 = a^2(1 - e^2) \quad (4.2.20)$$

Використовуючи співвідношення (4.2.15) та (4.2.16), знаходимо

$$T^2 = \frac{4\pi^2 a^3}{GM} \quad (4.2.21)$$

Цікаво, що велика піввісь a залежить тільки від енергії планети, а від моменту імпульсу – ні. Підставляючи (4.2.21) у (4.2.19), дістаємо

$$T^2 = \frac{4\pi^2 a^3}{GM} \quad (4.2.22)$$

Очевидно, що період обертання по еліптичній орбіті також залежить тільки від енергії планети. Враховуючи вирази для зведеної маси M і величини

(4.2.15), а також виражаючи енергію W через велику піввісь орбіти з (4.2.21), здобуваємо третій узагальнений закон Кеплера у стандартному вигляді

(4.2.23)

Слід зазначити, що демонстрація такого зв'язку геометрії, фізики та астрономії має величезний естетичний ефект, адже естетичне виховання може здійснюватись не тільки (і не стільки) демонстрацією яскравих і незвичних космічних пейзажів, наведенням цитат з художніх творів, а й через красоту й елегантність математичних, фізичних та астрофізичних теорій.

Використання фундаментальних ідей фізики для виведення законів Кеплера продемонстровано в статті [144] і монографії [154] автора.

4.2.2. Теорема віріала

Відомо, що стійка рівновага системи матеріальних точок, які взаємодіють за законом обернених квадратів, – неможлива [107]. Тобто в системі, де діють лише такі сили, стан з кінетичною енергією, що дорівнює нулю, не може бути стійким. Цей висновок стосується як електронів в атомі, так і частинок всередині зорі, зір у зоряних скупченнях або галактиках, галактик у спостережуваному Всесвіті.

Застосування теореми віріала (іноді кажуть – про віріал Клаузиуса [180; 193]) дає змогу визначати повну енергію системи частинок (однієї частинки, космічного тіла), що рухаються в обмеженій області простору під впливом сил, що діють за законом обернених квадратів, лише через середню (за достатньо великий інтервал часу) кінетичну енергію або лише через середню потенціальну енергію.

На нашу думку, теорема віріала є надзвичайно корисною теоремою, що якимось незаслужено мало використовується під час навчання як фізики, так і астрономії. Ця теорема зумовлена фундаментальними властивостями простору й часу і значно спрощує розв'язання широкого спектру задач. Її використання сприяє формуванню узагальнених умінь майбутніх учителів фізики та астрономії і важливо з методологічної точки зору.

Продемонструємо на конкретних прикладах доцільність більш широкого використання теореми віріала під час підготовки згаданих фахівців. Проте спочатку доведемо її.

Покажемо, що у випадку руху планети навколо Сонця по колу, її повна і кінетична енергії зв'язані співвідношенням $W = -W_k$, а у випадку руху по еліпсу – співвідношенням

, де риска над літерою означає осереднення за часом [107].

Повна енергія планети маси m дорівнює

$$W = W_k + W_p, \quad (4.2.24)$$

де v – орбітальна швидкість планети, r – відстань до Сонця, M – маса Сонця.

У випадку рівномірного руху по колу планета зазнає доцентрове прискорення, яке дорівнює прискоренню вільного падіння на Сонце

$$a = -\frac{GM}{r^2}. \quad (4.2.25)$$

Тоді отримуємо

$$W = -\frac{GMm}{r}. \quad (4.2.26)$$

У випадку руху по еліпсу можна міркувати таким чином [107]. Нехай \mathbf{p} – імпульс планети, \mathbf{a} – радіус-вектор планети відносно Сонця. Тоді

$$, \quad (4.2.27)$$

де – потенціальна енергія планети. Для періодичного руху середнє за часом значення

, очевидно, дорівнює нулю, звідки і випливає необхідний результат .

Із співвідношень і впливає важливий висновок: оскільки кінетична енергія завжди додатна, то у разі руху по замкненій траєкторії повна енергія тіла, що здійснює рух, завжди від’ємна.

Наочно довести справедливість теореми віріала можна ще наступним чином. Виразимо кінетичну, потенціальну і повну енергію планети масою m , що рухається по коловій орбіті радіусом r , через момент імпульсу J , і порівняємо їх між собою [166].

Враховуючи, що у скалярному вигляді момент імпульсу дорівнює , для кінетичної енергії планети дістаємо

$$\text{Потенціальна енергія планети дорівнює} \quad (4.2.28)$$

$$\quad (4.2.29)$$

Оскільки у разі руху по колу (і у випадку)

$$\quad (4.2.30)$$

то для потенціальної енергії отримуємо

$$\text{Тоді повна енергія –} \quad (4.2.31)$$

$$\text{Звідси видно, що} \quad (4.2.32)$$

$$\quad (4.2.33)$$

Теорему доведено.

Слід зазначити, що теорему віріала часто записують у вигляді

$$\quad (4.2.34)$$

Зазначимо також, що теорему віріала для ізольованої системи матеріальних точок з урахуванням моменту інерції системи відносно центра мас довів А. Пуанкаре у 1913 р. Вигляд (4.2.34) ця теорема набуває для стаціонарних систем (момент інерції такої системи відносно центра мас є сталою величиною) або лінійно нестаціонарних, що зазвичай виконується [180].

Застосування теореми віріала в космонавтиці. Теорема віріала, наприклад, дає змогу досить просто розв’язати відомий парадокс, що існує в космонавтиці. Справа в тому, що опір повітря збільшує швидкість штучного супутника в верхніх шарах земної атмосфери. Як це може бути? Розглянемо для спрощення випадок колової орбіти.

Повна механічна енергія супутника W не зберігається внаслідок витрат, зумовлених опором повітря. Диференціюючи за часом подвійну рівність (4.2.33), отримуємо

$$\text{та} \quad (4.2.35)$$

Ці рівності означають, що швидкість витрат енергії на тертя об повітря

дорівнює швидкості приросту кінетичної енергії супутника і здійснюється це за рахунок зменшення його потенціальної енергії (половина її йде на збільшення кінетичної енергії, інша половина переходить у теплоту). Отже, опір повітря дійсно спричиняє збільшення швидкості супутника, при цьому зменшення потенціальної енергії означає перехід його на нижчу орбіту, що повністю відповідає третьому закону Кеплера.

Цю задачу можна конкретизувати, як це зроблено у збірнику задач «Сонячна система» [166]. Нехай штучний супутник Землі масою $m = 100$ кг і поперечним перерізом $S = 1\text{ м}^2$ рухається по коловій орбіті на висоті $h = 150$ км, де густина атмосфери дорівнює $\rho \approx 10^{-9}$ кг/м³. Оцінимо:

а) як змінюється висота супутника за один оберт навколо Землі?

б) як змінюється швидкість супутника за один оберт?

Нехай супутник рухається зі швидкістю v . Тоді кількість ударів молекул газу об його обшивку за час dt дорівнює

$$(4.2.36)$$

де n – концентрація газу. Під час зіткнення імпульс кожної молекули, якщо вважати удар непружним, змінюється на величину близько $2m_0v$, де m_0 – маса молекули. Тоді сила опору повітря, яку зазнає супутник, за другим законом Ньютона дорівнює

$$(4.2.37)$$

Підставляючи вираз для колової швидкості на висоті h , матимемо (R – радіус Землі відповідно)

$$(4.2.38)$$

Зменшення повної енергії супутника дорівнює роботі, яка йде на подолання опору повітря, тобто за один оберт

$$(4.2.39)$$

За теоремою віріала повна енергія дорівнює половині потенціальної енергії

$$(4.2.40)$$

Із рівності

$$(4.2.41)$$

отримуємо

$$(4.2.42)$$

Зверніть увагу на те, що результат не залежить від маси Землі та гравітаційної сталої. Знову ж таки за теоремою віріала маємо

$$(4.2.43)$$

Отже, збільшення кінетичної енергії за один оберт дорівнює роботі, яка витрачається на подолання опору повітря. Тоді

$$(4.2.44)$$

де T – період обертання супутника. Звідси

$$(4.2.45)$$

Застосування теореми віріала для з'ясування природи планет-гігантів [166]. Вимірювання показують, що з надр Юпітера надходить потік теплоти у 1,9 рази більший, ніж потік енергії, що надходить від Сонця. Найбільш поширені гіпотези, що визначають джерела цієї величезної додаткової енергії, – це гравітаційна диференціація (за однією з гіпотез важчий Гелій повільно занурюється до центра планети), перехід Гідрогену у металічний стан з виділенням теплоти фазового переходу, а також гравітаційне стиснення.

Оцінимо, як має зменшуватися радіус Юпітера внаслідок гравітаційного стиснення, щоб забезпечити це додаткове нагрівання планети.

Нехай додаткове нагрівання Юпітера забезпечується зменшенням повної енергії W планети. Тоді тепловий потік із надр дорівнює

$$(4.2.46)$$

За теоремою віріала (нехтуючи енергією осьового обертального руху і енергією магнітного поля) матимемо

$$(4.2.47)$$

де W_g – власна гравітаційна енергія планети, M і R – її маса і радіус. Вважаючи, що зменшення гравітаційної енергії відбувається лише за рахунок зменшення радіусу планети, підставляємо (4.2.47) у (4.2.46) і отримуємо

$$(4.2.48)$$

Із спостережень відомо, що

$$(4.2.49)$$

де A – альbedo Юпітера ([166]), E – освітленість планети Сонцем. Знаючи

сонячну сталу і відстань Юпітера від Сонця [166],

неважко обчислити величину E , а саме

Підставляючи (4.2.49) у (4.2.48), остаточно знаходимо

$$(4.2.50)$$

У 1973-74 рр. за допомогою космічних апаратів «Піонер-10» і «Піонер-11» було виявлено ще одне джерело енергії Юпітера – потоки метеорної речовини поблизу планети. Оцінимо, знову ж таки, використовуючи теорему віріала, який потік метеорної речовини має падати на Юпітер, щоб забезпечити додаткове нагрівання видимої поверхні планети

на 28 К (саме на стільки спостережувана температура більше очікуваної, тобто радіаційної [166]).

Без додаткових джерел енергії рівняння теплового балансу для планети має вигляд

$$\dots, \quad (4.2.51)$$

де T_r – радіаційна температура видимої поверхні.

Із додатковим джерелом енергії –

$$\dots, \quad (4.2.52)$$

де Φ_m – потік теплоти, зумовлений випадінням на Юпітер метеорної речовини. З цих двох рівнянь отримуємо

$$\dots. \quad (4.2.53)$$

Цей потік теплоти Φ_m забезпечується зменшенням повної енергії Юпітера W , яка за теоремою віріала дорівнює половині гравітаційної енергії планети, тобто

$$\dots. \quad (4.2.54)$$

Оскільки зменшення гравітаційної енергії у цьому разі відбувається за рахунок збільшення маси, то остаточно знаходимо

$$\dots. \quad (4.2.55)$$

Отже, ми бачимо, що теорема віріала дає змогу в залежності від ситуації виражати зміни повної енергії через зміни або кінетичної, або потенціальної енергії, що значно полегшує розв'язання багатьох задач.

Застосування теореми віріала для з'ясування джерел енергії зір [143]. Р.Ю. Майер, один із творців закону збереження енергії в сучасній формі, у 1848 р. припустив, що випромінювання Сонця підтримується випаданням на нього метеорної речовини із Сонячної системи. Знайдемо, як при цьому має збільшуватись маса Сонця щорічно.

Світність Сонця пов'язана із зменшенням повної енергії за одиницю часу очевидним співвідношенням

$$\dots. \quad (4.2.56)$$

Згідно з теоремою віріала повна енергія становить \dots , де гравітаційна енергія Сонця з точністю до числового множника дорівнює

$$\dots. \quad (4.2.57)$$

Тоді отримуємо

$$\dots. \quad (4.2.58)$$

Звідси

$$\dots. \quad (4.2.59)$$

Сьогодні ми знаємо, що такої кількості метеорної речовини немає в Сонячній системі.

Застосування теореми віріала для з'ясування природи зір [143]. Використовуючи рівняння гідростатичної рівноваги

$$(4.2.60)$$

та рівняння, що визначає розподіл речовини зорі за радіусом

$$(4.2.61)$$

отримаємо для зорі співвідношення, відоме як теорема віріала.

Помножимо ліву і праву частини рівняння (4.2.60) на r та перепишемо його так

$$(4.2.62)$$

Зробимо заміну $u = \frac{1}{r}$ за допомогою рівняння (4.2.61). Тоді матимемо

$$(4.2.63)$$

Інтегрування по всій зорі дає

$$(4.2.64)$$

де межі інтегрування $r=0$ та $r=R$ означають тиск на поверхні та у центрі зорі, а відповідно, M – повну масу зорі.

Права частина цієї рівності являє собою гравітаційну потенціальну енергію зорі [94, 275]. Ця величина від'ємна та чисельно дорівнює роботі, яку потрібно виконати, щоб віддалити усі шари зорі на нескінченність.

Після інтегрування лівої частини по частинам, рівність набуває вигляду

$$(4.2.65)$$

Перший член лівої частини на нижній межі інтегрування перетворюється на нуль, оскільки $r=0$. Тиск на поверхні зорі не дорівнює нулю, але він набагато порядків менше, ніж тиск у центрі. Тому цілком можна вважати, що цей член перетворюється в нуль і на верхній межі інтегрування.

Отже, дістаємо

$$(4.2.66)$$

Це співвідношення і становить зміст теореми віріала для зір.

Зауваження 1. Теорему віріала для зір записують іноді в іншому вигляді. Використаємо відоме співвідношення для теплової енергії

$$(4.2.67)$$

де c_v – питома теплоємність за сталого об'єму, як зазвичай, k – стала

Больцмана, μ – відносна молекулярна маса зоряної речовини, m – маса атома Гідрогену, M – маса зорі, T – температура зоряної речовини. Використовуючи рівняння стану ідеального газу

$$(4.2.68)$$

отримуємо

Порівнюючи (4.2.69) з (4.2.66), дістаємо \dots (4.2.69)

Це інший запис теореми віріала. \dots (4.2.70)

Для одноатомного газу (а повністю іонізований газ всередині зорі можна вважати одноатомним) \dots , і тоді матимемо

\dots (4.2.71)

Зауваження 2. Такий самий результат можна отримати інакше. Відомий зв'язок тиску із середньою кінетичною енергією окремої частинки:

\dots (4.2.72)
де n – концентрація частинок.

Отже,

\dots (4.2.73)

де \dots – повна кінетична енергія теплового руху частинок, які складають зорю. Тоді остаточно отримуємо

\dots (4.2.74)

Зауваження 3. Розглянемо цікавий випадок \dots (це відповідає багатоатомному газу та випромінюванню). Цей випадок має важливе значення в теорії білих карликів (релятивістський вироджений електронний газ). У цьому разі дістаємо

\dots (4.2.75)

Що це означає? Оскільки

\dots (4.2.76)
а також

\dots (4.2.77)
де враховано, що \dots , отримуємо

\dots (4.2.78)

Це означає, що:

1) рівновага зорі можлива тільки за одного значення маси (якщо \dots фіксоване)

\dots ; (4.2.79)

2) рівновага можлива для будь-якого радіуса (так звана байдужа рівновага);

3) рівновага можлива за $\beta < 1$ і не можлива за $\beta > 1$.

Зауваження 4. Строго кажучи, отримані результати справедливі у разі, коли обертанням зорі і наявністю в ній магнітного поля можна знехтувати. В іншому разі теорема віріала набуває такого вигляду [193]:

$$E_{\text{rot}} + E_{\text{mag}} = 2E_{\text{grav}} \quad (4.2.80)$$

де E_{rot} – енергія обертання, E_{mag} – енергія магнітного поля зорі. Проте для переважної більшості зір величини E_{rot} і E_{mag} набагато менше величин E_{grav} і E_{therm} , тому їх можна не враховувати.

Наостанок покажемо [143], як теорема віріала допомагає дізнатися, що буде відбуватися з зорею, якщо якимось чином відняти від неї певну кількість теплоти. Взагалі, не уточнюючи джерел енергії зір, ця теорема допомагає з'ясувати за рахунок чого забезпечується теплова стійкість зір.

Для ідеального одноатомного газу (а саме таким можна вважати повністю іонізований газ всередині зорі – див. підрозділ 5.4), показник адиабати дорівнює $\gamma = 5/3$. Оскільки в цьому разі згідно з (4.2.71)

$$\frac{dE_{\text{therm}}}{E_{\text{therm}}} = -\frac{dR}{R} \quad (4.2.81)$$

то її зміна

$$\frac{dE_{\text{therm}}}{E_{\text{therm}}} = -\frac{dR}{R} \quad (4.2.82)$$

Якщо забирати енергію у зорі (наприклад, через випромінювання) ($dR < 0$), то вона має нагріватись ($dE_{\text{therm}} > 0$) і навпаки, якщо якимось чином додавати енергію зорі ($dR > 0$), то вона буде охолоджуватись ($dE_{\text{therm}} < 0$).

Оскільки

$$E_{\text{therm}} = \frac{3}{2} N k T \quad (4.2.83)$$

то зоря буде підтримувати себе у гідростатичній рівновазі, змінюючи радіус.

Ми стикаємось із парадоксальним фактом: віднімаючи у зорі енергію, її неможливо охолодити. Будь-яка спроба відібрати у зорі енергію спонукає її стискатися та вивільняти гравітаційну енергію у такій кількості, що не тільки компенсує витрати енергії з поверхні, але ще й нагріває зоряну речовину. Така «поведінка» зорі фактично означає, що вона має від'ємну теплоємність.

Цей висновок важко переоцінити.

Застосування теореми віріала для оцінки мас скупчень зір і галактик. Повна маса скупчень, як і маса M всередині певного радіусу R несе важливу інформацію про особливості формування скупчень і про співвідношення між темною та баріонною (видимою) матерією. Питання про існування прихованої маси виникло вперше саме в результаті виявлення суперечності між оцінками мас, що були отримані, з одного боку, за допомогою інтегральної світності галактик (зір) у скупченнях, з іншого – внаслідок вимірювання швидкостей їх відносного руху. Ця суперечність отримала назву віріального парадоксу [9; 108].

Якщо відомо середньоквадратичне значення променевих швидкостей галактик (для зоряних скупчень іноді вдається визначити просторові швидкості зір) відносно середньої швидкості скупчення $\langle v \rangle$, то повну масу скупчення можна знайти за допомогою теореми віріала:

(4.2.84)

де α – модельний коефіцієнт порядку одиниці, що залежить від характеру змін густини з радіальною координатою R .

Цей метод оцінки маси дав змогу виявити, що маса багатих скупчень галактик у кілька разів (іноді – в десятки разів) перевищує сумарну масу видимої речовини галактик, котрі входять до них [91]. Звідси й випливає фундаментальний висновок про значну перевагу темної небаріонної матерії у спостережуваному Всесвіті.

Отже, теорема віріала не тільки значно полегшує розв'язання багатьох задач, але й дає змогу отримувати відповіді на фундаментальні питання. На нашу думку, її використання в астрономічній освіті є особливо актуальним в контексті фундаменталізації цієї освіти, оскільки ця теорема надає універсальний алгоритм розв'язання різноманітних задач, що сприяє формуванню узагальнених умінь.

Використання теореми віріала в процесі підготовки вчителя астрономії присвячена стаття [156] та підрозділ у монографії [154] автора.

4.2.3. Закон збереження моменту імпульсу в астрономії

Як було показано у підрозділі 4.2.1. усі три закони Кеплера є наслідком ізотропії простору (для першого і третього необхідними умовами є також однорідність часу і тривимірність простору), а, отже, існуванню закону збереження моменту імпульсу. Закон збереження моменту імпульсу відноситься до тих фундаментальних законів, що мають найпоширеніше застосування в астрономії. Водночас під час традиційного викладання астрономії майбутнім учителям йому зазвичай не приділяється достатньо уваги. Проте цей закон дає змогу розв'язувати багато важливих і цікавих задач. Проілюструємо це прикладами.

Приклад 1. Зв'язок фізики з геометрією [166]. Нехай невеличке тіло маси m рухається по еліптичній орбіті, в одному з фокусів якої розташоване масивне космічне тіло маси M . Велика піввісь орбіти дорівнює a , ексцентриситет – e . Виразимо повну механічну енергію першого тіла через параметри орбіти.

Оскільки під час руху тіла m його повна механічна енергія W зберігається, то її можна обчислити для таких положень тіла m , де його радіус-вектор і швидкість найпростіше виражаються через параметри еліпса, наприклад, для апоцентру і перицентру (положення A та P на рис. 4.8. відповідно). Для цих положень матимемо

(4.2.85)

Із закону збереження моменту імпульсу випливає

(4.2.86)

Прирівнюючи $W_A = W_P$, і враховуючи (4.2.85) та відомі співвідношення:

та , остаточно отримуємо

(4.2.87)

Звертаємо увагу на те, що результат не залежить від ексцентриситету. З іншого боку, велика піввісь орбіти залежить тільки від енергії і не залежить від моменту імпульсу тіла, що рухається.

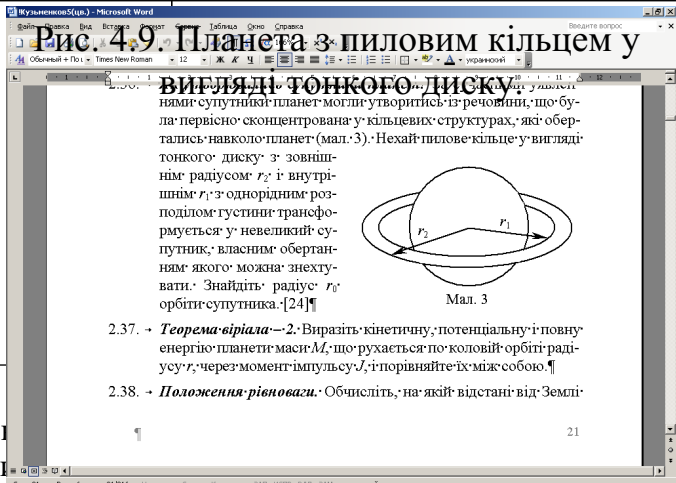
Приклад 2. Проблема моменту [166]. Оцінимо момент імпульсу Сонячної системи, для чого оцінимо і порівняємо внески від його складових. При цьому для спрощення будемо вважати, що всі планети і Сонце обертаються як однорідні тверді тіла з кутовою швидкістю, яка спостерігається на їхніх екваторах.

Наведемо результати у вигляді таблиці 4.1. Оскільки власний обертальний момент наймасивнішої і найбільшої планети, і такої, що швидше над усіх обертається навколо своєї осі (Юпітера), дорівнює $6,7 \cdot 10^{38}$ кг·м²/с, то зрозуміло, що власними обертальними моментами планет можна знехтувати порівняно з їх орбітальними моментами.

Припускаючи, що Сонце обертається як однорідне тверде тіло з кутовою швидкістю, яка спостерігається на екваторі, його обертальний момент дорівнює $1,9 \cdot 10^{42}$ кг·м²/с, що становить лише 3% від моменту імпульсу Сонячної системи. Той факт, що момент імпульсу наймасивнішого центрального тіла Сонячної системи (його маса приблизно у 1000 разів більше маси всіх інших тіл) дорівнює всього кілька відсотків від моменту імпульсу всієї системи, становить нерозв'язану до кінця проблему в теорії походження Сонячної системи. Вважається, що під час утворення планетної системи момент імпульсу певним чином був переданий від Сонця планетам.

Таблиця 4.1

Орбітальні моменти імпульсу класичних планет і Плутона

Планета	Лорб ·
Меркурій Венера Земля Марс Юпітер Сатурн Уран Нептун Плутон	

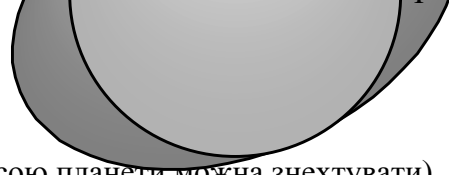
Приклад 3. Як утворювалися супутники планет могли утворитися кільцевих структурах, які обертаються навколо планет у вигляді тонкого диска із зовнішнім радіусом r_2 і внутрішнім r_1 з однорідним розподілом густини трансформується у невеликий супутник, власним обертанням якого можна знехтувати. Покажемо, як, використовуючи закон збереження моменту імпульсу, можна визначити радіус r_0 орбіти супутника.

Визначимо момент імпульсу кільця через його момент інерції

$$L = I \cdot \Omega \tag{4.2.88}$$

де зроблено перехід від Ω до ω за допомогою третього закону Кеплера (4.2.23), який запишемо не через період, а через частоту обертання

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \tag{4.2.89}$$



і де M – маса планети (масою кільця порівняно з масою планети можна знехтувати). Орбітальний момент імпульсу супутника дорівнює

(4.2.90)

Оскільки момент імпульсу зберігається, то $J_k = J_{sp}$. Інтегруючи, отримуємо

(4.2.91)

Приклад 4. Нова орбіта Землі [166]. Визначимо параметри нової орбіти Землі, яка з'явиться в неї у далекому майбутньому, коли Сонце перетвориться у білий карлик з масою $M_{WD} = 0,6M$. Розглянемо випадок дуже повільної втрати Сонцем маси на стадії червоного гіганту.

Оскільки під час такої втрати маси Сонцем жодні сили, крім центральних, на Землю не діятимуть, її момент імпульсу збережеться, а орбіта залишиться коловою. Звідси матимемо

(4.2.92)

Отже, нова велика піввісь дорівнюватиме

(4.2.93)

За третім законом Кеплера новий період буде

сучасного року. (4.2.94)

Приклад 5. Парадокс системи Земля-Місяць [166]. У системі Земля-Місяць відбувається парадоксальне явище: в результаті припливного тертя зменшується кутова швидкість осьового обертання і Землі, і Місяця, а також орбітальна кутова швидкість Місяця. Припливне тертя призводить до того, що максимуми припливної деформації (припливні горби) перебувають не на прямій, що з'єднує центри Землі і Місяця, а виносяться осьовим обертанням планети вперед (рис. 4.10). За сучасними оцінками кут запізнювання становить $\delta \approx 2^\circ$.

Це явище виникає внаслідок відхилення земних надр від ідеальної пружності та тертя морських припливних хвиль об дно у неглибоких морях (особливо у морях Північного Льодовитого океану та Охотському). Місяць, притягуючи найближчий горб, створює момент сили, який сповільнює обертання Землі. Однаковий за величиною та протилежний за напрямком момент сили, зумовлений дією горба на Місяць, збільшує енергію і момент імпульсу Місяця так, що він віддаляється від Землі, а його орбітальна швидкість зменшується. Як це узгоджується із законом збереження моменту імпульсу і законом збереження енергії в системі Земля-Місяць?

Унаслідок зменшення кутових швидкостей осьового обертання Землі і Місяця їх осьові моменти імпульсу зменшуються. Орбітальний же момент імпульсу Місяця дорівнює

$$L_{\text{орбіт}} = m_{\text{Міс}} v_{\text{орбіт}} r_{\text{орбіт}}, \quad (4.2.95)$$

де $r_{\text{орбіт}}$ – відстань між Землею і Місяцем.

За допомогою третього закону Кеплера, записаного через частоту обертання

$$\frac{r_{\text{орбіт}}^3}{T_{\text{орбіт}}^2} = \frac{G(M_{\text{Зем}} + m_{\text{Міс}})}{4\pi^2}, \quad (4.2.96)$$

орбітальний момент можна записати у вигляді

$$L_{\text{орбіт}} = m_{\text{Міс}} r_{\text{орбіт}}^2 \omega_{\text{орбіт}}. \quad (4.2.97)$$

Звідси випливає, що зі зменшенням $\omega_{\text{орбіт}}$ (осьова і орбітальна кутові швидкості

Місяця, як відомо, однакові) $r_{\text{орбіт}}$ збільшується. Саме збільшення орбітального моменту Місяця компенсує зменшення осьового моменту Землі (осьовий момент Місяця дуже

малий порівняно з $L_{\text{осьовий Землі}}$ і $L_{\text{осьовий Місяця}}$). При цьому їх сума, тобто загальний момент системи Земля-Місяць, зберігається (що і має бути, якщо вважати цю систему ізольованою).

А ось механічна енергія у цій системі не зберігається: зменшення енергії орбітального руху Землі (осьового) не компенсується збільшенням енергії Місяця, оскільки частина її дисипує в Землі (переходить у теплоту) внаслідок припливного тертя.

Приклад 6. Синхронізація в системі Земля-Місяць [166]. З рис. 4.10 видно, що припливні горби Землі «тягнуть» за собою Місяць. Унаслідок цієї дії Місяць повільно віддаляється від Землі. Враховуючи, що через припливне тертя період обертання Землі навколо осі збільшується за рік на $\Delta T_{\oplus} =$

$= 1,8 \cdot 10^{-5}$ с, визначимо спочатку, як змінюються при цьому за рік:

- а) велика піввісь місячної орбіти;
- б) потенціальна і кінетична енергія Місяця.

Для спрощення вважатимемо, що земна вісь перпендикулярна до площини місячної орбіти.

а) Якщо вважати систему Земля-Місяць ізольованою, то рівняння передавання моменту імпульсу матиме вигляд (осьовим моментом Місяця можна знехтувати порівняно з орбітальним)

$$I_{\text{Зем}} \dot{\omega}_{\text{осьовий Землі}} = -L_{\text{орбіт}} \dot{\omega}_{\text{орбіт}}. \quad (4.2.98)$$

де $I_{\text{Зем}}$ – момент інерції Землі відносно полярної осі, $a_{\text{орбіт}}$ – велика піввісь місячної орбіти, $\omega_{\text{орбіт}}$ – орбітальна кутова швидкість Місяця, яка, як відомо, збігається з осьовою.

Використовуючи третій закон Кеплера і нехтуючи масою Місяця порівняно з масою Землі, отримуємо

$$\dot{\omega}_{\text{орбіт}} = -\frac{3}{2} \frac{\omega_{\text{орбіт}}}{a_{\text{орбіт}}} \dot{a}_{\text{орбіт}}. \quad (4.2.99)$$

Тоді

Оскільки \dots (4.2.100)

то остаточно отримуємо \dots (4.2.101)

б) Потенціальна енергія Місяця з урахуванням (4.2.100) змінюється так: \dots см. (4.2.102)

А зміна кінетичної енергії з урахуванням співвідношення \dots , де $v_{\text{орб}}$ – орбітальна швидкість Місяця, становитиме \dots Дж. (4.2.103)

Отже, потенціальна енергія збільшується, а кінетична – зменшується, і у кількісному відношенні згідно з теоремою віріала. \dots Дж, (4.2.104)

На підставі вивчення океанських припливів з використанням супутникових даних знайдено усереднене вікове сповільнення орбітального руху Місяця (100 років)². Це сповільнення продовжуватиметься доти, доки кутова швидкість орбітального руху Місяця навколо Землі не дорівнюватиме кутовій швидкості осьового обертання Землі, тобто обертання планети та її супутника повністю синхронізуються і Земля буде постійно повернута до Місяця одним своїм боком (так, як нині Місяць). Визначимо тепер:

- в) яким стане загальний період обертання системи Земля-Місяць;
- г) через скільки років система Земля-Місяць стане повністю синхронізованою;
- д) середню відстань між Землею і Місяцем;
- е) тривалість сонячної доби на Землі.

Момент імпульсу системи Земля-Місяць становить \dots (4.2.105)

де \dots – момент інерції Місяця відносно осі обертання Землі (осьовий момент інерції Місяця порівняно дуже малий, тому ним можна знехтувати). Оскільки момент імпульсу зберігається, то за повної синхронізації отримуємо \dots (4.2.106)

де \dots , \dots – велика піввісь місячної орбіти, яка встановиться за повної синхронізації.

Згідно з третім законом Кеплера (зазвичай нехтуючи масою Місяця) \dots (4.2.107)

Із останніх двох рівнянь можна знайти Ω . Нехтуючи \dots порівняно з \dots , оскільки навіть тепер осьовий момент інерції Землі набагато менший за орбітальний момент інерції Місяця, а в майбутньому ця нерівність тільки посилиться, можна відповісти на пункт в):

$$48 \text{ діб.} \quad (4.2.108)$$

г) В припущенні сталості величини повна синхронізація системи Земля-Місяць настане через час

$$3 \cdot 10^9 \text{ років.} \quad (4.2.109)$$

д) Використовуючи розв'язок та результат пункту в), для великої півосі нової орбіти Місяця дістаємо

$$559 \, 300 \text{ км.} \quad (4.2.110)$$

е) Тривалість Сонячної доби на Землі знаходимо із рівняння

$$, \quad (4.2.111)$$

де T – загальний період обертання системи Земля-Місяць, $T_{\oplus \text{ орб}}$ – орбітальний період Землі. Отже,

$$55,3 \text{ діб.} \quad (4.2.112)$$

Приклад 7. Ефективний переріз зіткнення планети з космічними тілами [166].
ефективний переріз зіткнень планети з будь-якими космічними тілами можна визначити так:

$$, \quad (4.2.113)$$

де l_{\max} – найбільше допустиме значення прицільного параметру, (прицільним параметром називають висоту перпендикуляра, проведеного з центра планети на початковий напрямок дотичної до траєкторії тіла, коли воно перебувало на нескінченності (рис. 4.11)). Умова зіткнення полягає у нерівності $r_{\min} \leq R$, де r_{\min} – відстань від центра планети радіусом R до найближчої точки траєкторії тіла. Величина l_{\max} визначається із умови $r_{\min} = R$. Визначимо ефективний переріз σ зіткнення космічного тіла масою m з поверхнею планети масою M і радіусом R .

Згідно із законом збереження моменту імпульсу матимемо

$$, \quad (4.2.114)$$

де v_{∞} – швидкість космічного тіла, що налітає, на великій відстані від планети, v_0 – швидкість тіла у момент зіткнення.

З іншого боку, згідно із законом збереження енергії

$$. \quad (4.2.115)$$

З цих двох рівнянь отримуємо

(4.2.116)

де v_{II} – друга космічна швидкість для планети. За таких умов захоплення ефективний переріз зіткнень буде тим більше, чим v_{II} буде більше за v_{∞} . За v_{∞} , тобто зіткнення буде невідворотним.

Приклад 8. Перевірка метеоритної гіпотези Майєра щодо джерел енергії Сонця [143]. Ми вже згадували цю гіпотезу як один із прикладів застосування теореми віріала. Згідно з отриманим нами результатом кількість речовини, яка має падати на Сонце, щоб підтримувати його спостережувану світність, дуже мала порівняно з масою Сонця. Тому зареєструвати її безпосередньо у часи Р. Майєра було неможливо. Але існує достатньо очевидний тест: період обертання Землі навколо Сонця, який згідно з третім законом Кеплера визначається також його масою.

З'ясуємо, як має зменшуватись період обертання Землі у зв'язку з таким приростом маси Сонця.

Нехтуючи масою Землі порівняно з масою Сонця, запишемо третій закон Кеплера для системи Сонце–Земля

(4.2.117)

Диференціюємо це співвідношення, враховуючи, що змінюються і маса, і період, і велика піввісь орбіти

(4.2.118)

Виконуючи очевидні скорочення, дістаємо

(4.2.119)

Щоб розв'язати це рівняння, скористаємось законом збереження моменту імпульсу Землі

(4.2.120)

де використана колова швидкість руху Землі по орбіті. Диференціюючи це співвідношення, отримуємо

(4.2.121)

Підставляючи у рівняння (4.2.117), остаточно знаходимо

(4.2.122)

Враховуючи (4.2.59), отримуємо зменшення періоду на 2 с за рік. Таку зміну періоду обертання Землі навколо Сонця цілком можна було виявити навіть у часи Р. Майєра.

Наведені приклади свідчать про те, що закон збереження моменту імпульсу є справді базовим законом у фізичній та астрономічній освіті, що надає профільна школа. Тому йому потрібно віддати належне під час підготовки вчителів фізики і астрономії.

Широке застосування закону збереження моменту імпульсу (як і інших законів збереження) в астрономічній освіті, з одного боку, продемонструє глибинний зв'язок астрономії з фізикою, навчить студента застосовувати відомі фізичні закони в космічних умовах. Це допоможе глибше усвідомити вже відому йому фізику, сприятиме розширенню горизонту його фізичного мислення. З іншого боку, демонстрація цього

зв'язку з фізикою наочно підкреслить фундаментальність астрономії як науки.

Використання фундаментальних ідей фізики – ідеї симетрії та ідеї збереження під час навчання астрономії має методологічні та світоглядні аспекти. Учень (студент) має відчуті єдність природи, гармонію Всесвіту, яка зосереджена в фундаментальних законах фізики й математики, його довершеність – в абстрактних законах симетрії. Усвідомлення цього сприятиме формуванню єдиної наукової картини світу.

Матеріал цього підрозділу надрукований автором у статті [141] та монографії [154].

4.3 Ідея єдності людини і Всесвіту. Антропний принцип

Ось людина. Яким має бути Всесвіт?

Дж. Уїлер

Ідея єдності людини і Всесвіту. Ми вже згадували, що у сучасному формулюванні антропний принцип (АП) з'явився завдяки Брендону Картеру у 1973 р. [104], проте необхідність такого зв'язку усвідомлював, наприклад, ще К.Е. Ціолковський. «Той космос, що ми знаємо, – писав він, – не може бути іншим», оскільки людське існування не випадкове, а притаманне космосу. І далі: «Чому ж усе виявляється у тій, а не у іншій формі, чому існують ті, а не інші закони природи? Адже можливі й інші...» [52, с. 317]. А. Ейнштейн з відомих причин ставив питання так: «Що мене дійсно глибоко цікавить, так це – чи міг Бог створити світ іншим?» [52, с. 312].

Раніше (підрозділ 2.1) ми визначили ідею єдності людини і Всесвіту як одну зі стрижневих ідей астрономічної освіти. Сьогодні в школі у розділі «Життя у Всесвіті» вивчається поняття про АП, воно навіть окремим пунктом увійшло до Державного стандарту базової і повної середньої освіти. Проте багаторічний досвід спілкування з учителями на курсах підвищення кваліфікації свідчить про те, що брак знань і розуміння суті проблеми часто призводить до виключення цього матеріалу із розглядання на уроках астрономії. Це спонукало автора надрукувати статтю в журналі «Фізика та астрономія в школі» [135] з метою надати вчителям допомогу з цієї складної і неоднозначної теми.

Збіги великих чисел. Заради історичної справедливості потрібно сказати, що аргументацію, яка за суттю подібна до так званого слабкого АП у його сучасному формулюванні, було оприлюднено у 1961 році, задовго до появи самого терміну «АП». Тоді відомий фізик Роберт Дікке вступив у полеміку з Полом Діраком на сторінках журналу «Nature» у зв'язку зі славнозвісними збігами «великих чисел».

Справа в тому, що Артур Еддінгтон, один із засновників сучасної теорії будови зір, виходячи з того, що повна кількість протонів у Всесвіті може якоюсь мірою впливати на фізичні сталі, оцінив цю кількість у 1923 р.: . Строго кажучи, це можна зробити в припущенні замкненої (закритої) моделі Всесвіту – моделі зі скінченим об'ємом.

П. Дірак у 1937 р. розглянув два інших великих числа. Перше стосується співвідношення між кулонівською та гравітаційною силами взаємодії протона й електрона . Для відношення цих сил дістаємо

$$\text{EMBED Equation.3}, \quad (4.3.1)$$

де e – заряд електрона, ϵ_0 – електрична стала, m_p – маса протона, m_e – маса електрона, а G – гравітаційна стала.

Наступне велике число – це вік спостережуваного Всесвіту (Метагалактики), але виражений не у роках чи секундах (тобто не в «людських» одиницях вимірювання), а в деяких «ядерних» одиницях часу. За таку одиницю можна взяти час, потрібний світлу, щоб поширитися на відстань, що дорівнює характерному розміру, наприклад, протона (м). Враховуючи, що швидкість світла

, для «ядерної» одиниці часу отримуємо . Таку одиницю іноді називають «темпоном» або «хрономом» [109]. Якщо вважати, що вік Метагалактики становить млрд років ($\sim 10^{17}$ с), то

(4.3.2)

П. Дірак прийняв, що (рівність за порядком величини). Зрештою, не принципово вимагати більшого від двох таких великих чисел. Крім того, виявилось, що

(4.3.3)

Цей збіг таких неймовірно величезних чисел настільки вразив деяких фізиків, що вони приписали йому глибокий фізичний зміст. У 1938 р. П. Дірак писав [76, с. 101]: «Можна припустити, що такий збіг є наслідком певного глибинного зв'язку у природі між космологією та атомною теорією».

Зазначимо, що таких безрозмірних великих чисел, що концентруються навколо «магічного» числа 1040, можна навести до десятка [109].

Першу спробу інтерпретації збігу чисел N_1 та N_2 зробив саме П. Дірак. Він міркував так. У чисельнику формули, що визначає N_2 , стоїть вік Метагалактики, який із часом

зростає. Оскільки , то має зростати й число N_1 . Тоді виявлялося, що не всі фізичні сталі зберігають одне й те саме значення в процесі еволюції Всесвіту. «Підозра

падала» як на маси елементарних частинок , так і на елементарний заряд e , і на гравітаційну сталу G . Або з часом мав би збільшуватися елементарний заряд, або зменшуватися маси протона і електрона, або також зменшуватися гравітаційна стала. Перші дві можливості слід було відкинути, адже сталість заряду і мас елементарних частинок підтверджувалася не тільки багатьма лабораторними експериментами, а й однаковою перебігом фізичних і хімічних процесів у повсякденному житті. Інша справа – гравітаційна стала, оскільки вона грає істотну роль лише в космічних масштабах, під час взаємодії великих мас. Отже, П. Дірак дійшов висновку, що гравітаційна стала з часом має зменшуватися.

Проте згодом стало зрозуміло, що необхідне зменшення з часом значення величини G мало б значні геологічні, астрономічні й кліматичні наслідки [109]. Зокрема, радіус Землі в наш час був би на кілька сотень кілометрів більшим, ніж у часи формування твердої оболонки нашої планети. Сама планета у минулому мала б розташовуватися помітно ближче до Сонця, ніж тепер (відстань до Сонця мала б збільшуватися щороку приблизно на 5 м). Водночас світність Сонця була б у минулому істотно вищою, оскільки вона великою мірою залежить від гравітаційної сталої (можна показати, що [109; 143]). Тому й температура на поверхні Землі у докембрійський період сягала б 300°C , отже, Світовий океан в той час (600 млн. років тому) мав би кипіти, що суперечить даним палеонтології. Відтак гіпотезу Дірака зрештою було відкинуто.

Альтернативне пояснення збігу N_1 та N_2 запропонував Р. Дікке. Він звернув увагу на виділений характер космологічної епохи, для якої існує такий збіг. Ця епоха безпосередньо пов'язана з характерним часом перебігу певних фізичних процесів у Всесвіті, що є необхідними для виникнення життя й розуму. Можна сформулювати низку таких умов, проте Р. Дікке обрав одне – існування хімічних елементів важчих, ніж Гідроген і Гелій. Основу живої матерії на Землі становить Карбон, хоча Нітроген і Оксиген також вкрай необхідні. Цих елементів не було у первісному Всесвіті. Тому їх не було й у зорях першого покоління. Їх наявність у сучасному Всесвіті зумовлена нуклеосинтезом, що відбувається у надрах зір. Саме там температура сягає десятків, сотень мільйонів кельвінів і вище, й утримується впродовж сотень мільйонів або навіть

мільярдів років. Відтак виникають умови для перетворення певної частини зоряної речовини на важкі хімічні елементи. Але щоб ці елементи стали хімічними будівельними блоками життя, їх потрібно розсіяти Галактикою. Це відбувається завдяки спалахам наднових. Таким спалахом–вибухом закінчують своє життя дуже масивні зорі (з масами $M > 12M_{\odot}$, де M_{\odot} – маса Сонця), перетворюючись при цьому на нейтронні зорі або чорні діри. Як колись зазначив відомий англійський астрофізик Джеймс Джинс, наші тіла складаються з попелу давно згаслих зір [76].

Отже, життя у Всесвіті не може виникнути доти, доки щонайменше одне покоління зір не завершить свій життєвий цикл і залишки наднових не розсіються в міжзоряному середовищі, збагачуючи його Карбоном та іншими важкими елементами. Характерний час життя такої зорі як Сонце становить приблизно 10 млрд років, що збігається за порядком величини з віком спостережуваного Всесвіту. Життєвий цикл масивніших зір є коротшим, але для збагачення міжзоряного середовища достатньою кількістю важких хімічних елементів, мабуть, потрібно щоб не одне покоління масивних зір завершило свій життєвий шлях. Сонце нині відносять до зір щонайменше п'ятого покоління. Отже, згідно з Р. Дікке людина існує саме в сучасну епоху, тому й збігаються великі числа N_1 та N_2 .

На тлі розглянутих та інших подібних збігів Б. Картер і сформулював антропний принцип. Його доповідь на Міжнародному симпозіумі у Кракові (1973 р.) мала саме таку назву: «Збіги великих чисел і антропологічний принцип в космології» [104] (з часом замість «антропологічний» закріпилася назва «антропний»).

Слабкий антропний принцип. За оригіналом: «Наше положення у Всесвіті з необхідністю є привілейованим, у тому сенсі, що воно має бути сумісним з нашим існуванням як спостерігачів» [104, с. 372]. Тобто слабкий АП указує на привілейованість, особливе положення нас як спостерігачів у просторі-часу Всесвіту. Особливість нашого положення у часі ми вже з'ясували. Проте ідея, що ми займаємо особливе, нетипове місце у просторі взагалі то суперечить загальній спрямованості революції М. Коперника (принагідно зазначимо, що свою доповідь Б. Картер зробив на симпозіумі, який був присвячений 500-річчю з дня народження М. Коперника). Запереченням виділеного положення Землі у Сонячній системі (на той час – у системі світу) Коперник започаткував традицію, що впливала на наукову думку протягом понад чотирьох століть.

Справді, у більшості аспектів Землю можна розглядати як цілком звичайну і типову планету серед величезної кількості подібних космічних тіл, що обертаються навколо інших зір сонячного типу. Однак на сьогодні потрібно зважати на кілька важливих обставин.

По-перше, серед відкритих семи сотень планет в інших зір (без урахування кандидатів у планети за результатами місії «Кеплер») є лише кілька подібних до Землі. Найменшу масу серед них має одна з чотирьох виявлених планет у зорі Глізе 581. Її маса десь удвічі-утричі перевищує масу Землі (ця невизначеність спричинена невизначеністю кута нахилу площини орбіти планети до променя зору). Маса ще кількох планет становлять від 4-х мас Землі й більше. Астрономи розуміють, що це явний «ефект селекції», пов'язаний з методами виявлення екзопланет. Методи, які застосовували донедавна, давали змогу виявляти лише дуже масивні планети – типу планет-гігантів Сонячної системи. І лише з березня 2009 р. почала працювати спеціальна космічна обсерваторія «Кеплер», призначена для пошуку планет саме земного типу, але час оприлюднення результатів, за думкою керівників проекту, ще не настав. Тому важко зараз говорити про поширеність планет, подібних до Землі, в Галактиці. Серед фахівців панує думка, що їх навряд чи менше, ніж планет-гігантів. У Сонячній системі їх точно половина.

Однак сьогодні вже можна говорити про те, що Сонячна система є не зовсім типовою. Відкрито багато планет, орбіти яких мають великий ексцентриситет. Серед класичних планет нашої системи тільки Меркурій має порівняно значний ексцентриситет

, на другому місці – Марс з , в усіх інших планет він набагато менший. Проте головним є те, що наймасивніша планета – Юпітер має майже колову орбіту. В

іншому разі, якби Юпітер мав помітно ексцентричну орбіту, найближчі внутрішні планети, у тому числі й Земля, з великою ймовірністю були б давно викинуті з Сонячної системи.

Сонячній системі «пощастило» ще й у тому, що Сонце – поодинокa зоря. Подвійні зорі (яких у нашій Галактиці налічується близько 50%) можуть мати планети, проте їх орбіти з великою ймовірністю будуть занадто нестійкими, щоб життя на них могло розвиватися.

По-друге, нині ми чітко усвідомлюємо унікальність Землі навіть серед планет земної групи в нашій Сонячній системі. Вона єдина, на думку багатьох фахівців (див., наприклад, [81]), перебуває у так званій «зоні існування» навколо Сонця (circumstellar habitable zone), де умови сприятливі для життя людини. Ця зона за розрахунками С. Доула [81] простягається від 0,725 а.о. до 1,24 а.о. Ці розрахунки було отримано в припущенні, що хоча б 10% поверхні планети мають середню річну температуру в діапазоні від 0°C до 30°C, найвища середньодобова температура не перевищує 40°C, а найнижча середньодобова температура – вища за – 10°C. Венера перебуває якраз на внутрішній межі цієї зони, а Марс – поза зовнішньою межею (його середня відстань від Сонця становить 1,526 а.о.). І справді, ці сусідні планети на сьогодні повністю не придатні для життя. Проте слід мати на увазі, що Марс ще й істотно (у 9 разів) менший від Землі за масою, тому він інтенсивно втрачає свою атмосферу, що в сучасних умовах унеможливує існування води в рідкому стані на його поверхні.

За масою Земля також перебуває в середині достатньо вузького діапазону мас планет, придатних для життя, оскільки маса має бути більшою, ніж 0,4 маси Землі, щоб могла утворитися і зберегтися придатна для дихання атмосфера, але меншою, ніж 2,35 маси Землі, щоб прискорення вільного падіння на поверхні не перевищувало 1,5g [81]. І за іншими важливими параметрами, як-то осьовий період і нахил осі обертання, ексцентриситет орбіти, Земля займає оптимальну позицію (наприклад, за значенні ексцентриситету еїшнього).

По-третє, є ще одна важлива обставина, яка підкреслює нашу привілейованість у просторі. Сонячна система перебуває близько до так званого коротаційного кола нашої Галактики, де швидкості обертання речовини диска і спіральних рукавів (хвиль густини, що поширюються по галактичному диску) збігаються. Усередині кола коротації зорі й газ диска рухаються по орбітах швидше від спіральної хвилі густини, а ззовні цього кола швидкість обертання спіральних рукавів є вищою. Це створює особливі умови для еволюції Сонячної системи, виникнення і подальшого підтримування життя на Землі. З розрахунків випливає, що «досонячна газопилова хмара» проходила крізь один із рукавів десь 5 млрд років тому, що, можливо, стимулювало формування об'єктів Сонячної системи та визначило особливості її хімічного складу (наприклад, унаслідок близького спалаху наднової зорі, що збагатило цю хмару Карбоном та іншими важкими хімічними елементами, необхідними для життя). Вже достатньо довго Сонячна система перебуває у спокійному місці – між двома спіральними рукавами, які жодним чином не впливають на неї. Водночас у самих рукавах масово народжуються зорі, в тому числі блакитні надгіганти, які швидко (порівняно з віком Сонця) вибухають як наднові. Після виникнення життя близький спалах наднової може його знищити. Оскільки від виникнення життя на Землі до створення цивілізації минуло приблизно 3 млрд. років і цей час можна вважати певним характерним часом для створення технічно розвинутої цивілізації, то і в Галактиці можна ввести «зону існування», подібну до такої в Сонячній системі. Середина такої «галактичної зони існування» припадає якраз на коротаційне коло. Ця зона достатньо вузька порівняно з радіусом коротації, ширина її не більше 2 кпк, (радіус коротації, за різними розрахунками, становить від 8 до 10 кпк, а радіус Галактики, як відомо, – 15 кпк).

Наявність на нашій планеті особливо сприятливих умов для зародження й розвитку життя пояснюють головним чином двома шляхами [80]. Теорія «розумного задуму» стверджує, що Конструктор створив Землю, розмістив її в зону існування і спеціально для

нас підлагодив усі деталі. Науковий підхід дає інше пояснення. Переважна більшість планет не тільки у нашій Галактиці, а й в усьому Всесвіті перебувають поза зон існування своїх зір і не придатні для життя. Якою б малою не була кількість планет із сприятливими для життя умовами, ми точно перебуваємо на одній з них, якщо у цей момент обговорюємо цю проблему.

Сильний антропний принцип. Проте деякі збіги у світі не вдавалося пояснити за допомогою слабкого АП. До таких належить, наприклад, процес утворення Карбону. Як відомо, Карбон у Всесвіті утворився завдяки так званому потрійному α -процесу, який за визначених умов () відбувається в надрах червоних гігантів і надгігантів:

$${}^4\text{He} + {}^4\text{He} + {}^4\text{He} \rightarrow {}^{12}\text{C} + \gamma \quad (4.3.4)$$

Проте ймовірність зустрічі трьох ядер ${}^4\text{He}$ є дуже малою, а тривалість зіткнення двох ядер – лише 10^{-16} с. Як же у Всесвіті утворилася існуюча кількість Карбону? Виявляється, що потрійний α -процес відбувається у два етапи. На першому етапі:

$${}^4\text{He} + {}^4\text{He} \rightarrow {}^8\text{Be} + \gamma \quad (4.3.5)$$

Значення енергії в дужках означає, що без неї ця реакція не відбувається. Отже, для ${}^8\text{Be}$ (час життя нестабільного ядра становить 10^{-16} с) вигідно зазнати розпаду. Якби ядро ${}^8\text{Be}$ було стабільним, то другий етап, що приводить до утворення ${}^{12}\text{C}$, із часом ставав би все менш ймовірним, оскільки ${}^4\text{He}$ вичерпувався б на утворення ${}^8\text{Be}$.

Ядро ${}^8\text{Be}$, що не встигло розпастися, зливається з ядром ${}^4\text{He}$ (другий етап):

$${}^8\text{Be} + {}^4\text{He} \rightarrow {}^{12}\text{C} + \gamma \quad (4.3.6)$$

Ймовірність перебігу реакції в два етапи є набагато більшою, ніж ймовірність реакції (4.3.4), оскільки ядро ${}^8\text{Be}$ «живе» у 10^8 разів довше, ніж триває зіткнення ядер Гелію.

Але це ще не все. Тут має місце ще одна дивна обставина. Справа в тому, що швидкості ядерних реакцій не монотонним чином залежить від енергії частинок, що зіштовхуються. Існують так звані резонансні рівні енергії, за яких швидкості реакцій стрімко зростають. Ці рівні енергії визначаються тільки структурою ядра – продукту реакції. Один з резонансних рівнів ядра ${}^{12}\text{C}$ () лише трохи перевищує суму енергій спокою ядер ${}^4\text{He}$ та ${}^4\text{He}$ (7,3667 MeV) – цей розрив легко долається внаслідок високої температури в надрах зорі. Без цього рівня ефективність утворення Карбону була б набагато меншою, ніж, наприклад, спалювання в реакції

$${}^4\text{He} + {}^4\text{He} \rightarrow {}^8\text{O} + \gamma \quad (4.3.8)$$

Відтак Метагалактика була б настільки бідною на Карбон, що навряд чи виникло б життя у відомому нам вигляді. Саме такого роду міркування привели Фреда Хойла до того, що на початку 1953 р. він передбачив існування рівня 7,65 MeV і приблизно через тиждень виявив його разом з експериментаторами Каліфорнійського технологічного інституту [343]. Відомий російський фізик Л.Б. Окунь якось висловився: «Коли дивишся на діаграму енергетичних рівнів ядра ${}^{12}\text{C}$ (їх більш ніж тридцять в інтервалі приблизно 30 MeV) і бачиш перші три рівні 4,43 MeV, 7,65 MeV та 9,64 MeV, то душу охоплює почуття глибокої вдячності до рівня 7,65 MeV за те, що він не опустився на 0,5 MeV нижче. Який малий запас міцності в усього, що ми так цінуємо!» [224, с. 185].

На відміну від реакції (4.3.6) – злиття ядра Берилію і α -частинки, реакція утворення Оксигену (4.3.8) є нерезонансною й відбувається дуже повільно (резонансна енергія ядра

дорівнює 7,1187 MeV, що менше від суми енергій спокою ядер ${}^9\text{Be}$ та ${}^4\text{He}$ (7,1616 MeV), а висока температура, і, отже, велика кінетична енергія цих ядер тільки збільшує «розлад» резонансу).

Як бачимо, неспроможність слабкого АП пояснити такі збіги наштовхнула Б. Картера на формулювання сильного АП згідно з яким «Всесвіт (і, отже, фундаментальні параметри, від яких він залежить) має бути таким, щоб в ньому на певному етапі еволюції припускалося існування спостерігачів». Для більшої наочності Б. Картер перефразує відоме висловлювання Р. Декарта: «Cogito, ergo sum» («Я мислю, отже, існую») на «Cogito, ergo mundus talis est» («Я мислю, тому світ такий, який він є») [104, с. 373].

Для ілюстрації унікальності нашого Всесвіту і тонкого підстроювання його під існування людини (спостерігача) можна навести ще багато прикладів (на надзвичайну важливість розмірності простору, а саме його тривимірності, ми вже звертали увагу), проте обмежимося лише одним. Стабільність атома Гідрогену забезпечується найсуворішим обмеженням – законом збереження енергії, який забороняє за звичайних умов реакцію

(4.3.9)

Справді, адже маса електрона в енергетичних одиницях (фактично це енергія спокою електрона $m_e c^2$) менша від різниці мас нейтрона $m_n c^2$ і протона $m_p c^2$, яка

становить $\Delta m c^2 = (m_n - m_p) c^2$. Така реакція відбувається тільки під час народження нейтронних зір, коли температура зоряної речовини сягає мільярдів кельвінів і швидкості електронів наближаються до швидкості світла. Легко переконатися, що зі збільшенням

маси електрона, наприклад, утричі (за незмінності різниці Δm) ця реакція відбувалася би за скільки завгодно низьких температур. Стало б енергетично вигіднішим перетворення всіх протонно-електронних пар на нейтрони, а не навпаки, як тепер, розпад вільного нейтрона. Це призвело б до колапсу не тільки атома Гідрогену, а й унеможливило появу інших атомів. Зорі та галактики цілком склалися б з нейтронів, складних форм речовини, в тому числі органічних сполук, не було б. Всесвіт змінився б кардинально.

Більш детальний аналіз показує, що навіть менша зміна маси електрона спричинила б катастрофічні наслідки. Розглянемо першу реакцію протон-протонного циклу, що реалізується на Сонці:

(4.3.10)

Саме ця реакція забезпечує рівне й тривале «горіння» Сонця. Проте для перебігу цієї реакції необхідно, щоб задовольнялась умова

(4.3.11)

де E_{th} – енергія зв'язку дейтрона. З нерівності (4.3.11) випливає

(4.3.12)

де E_{th} . Враховуючи, що $m_e c^2 \ll m_p c^2$ (принагідно зазначимо, що це найменша енергія зв'язку серед існуючих), отримуємо обмеження

«Ансамбль світів». Сильний АП ще сильніше підштовхує нас до теологічного погляду на світ, приводить до ідеї Творця, Конструктора цього світу. Матеріалістичною альтернативою таким поглядам, як вже наголошувалось у підрозділах 1.2 та 2.1 є ідея «ансамблю світів» (останнім часом все частіше використовується назва «мультиверс») –

всесвітів із різними фундаментальними властивостями, в одному з яких умови випадково виявилися сприятливими для виникнення життя й людини. За влучним висловлюванням відомого космолога О.Л. Зельманова ми є свідками саме такого світу та процесів, що в ньому відбуваються, оскільки в інших світах усі процеси відбуваються без свідків [95].

Одним із свідчень на користь гіпотези «ансамблю світів» може бути приклад знову ж таки з електроном. На рис. 4.12 представлений розподіл елементарних частинок за масами [251]. Оскільки розкид за масами перевищує чотири порядки, то розподіл подано у логарифмічному масштабі. По осі ординат відкладено відношення кількості частинок на одиницю маси (у логарифмічному масштабі) і за одиницю маси прийнято масу протона. Пунктирна крива – апроксимація експериментальних даних.

Рис. 4.12. Розподіл частинок за масами.

З рис. 4.12 видно, наскільки електрон є «нетиповою» частинкою. Усі частинки за масою концентруються навколо протона і тільки електрон «вискакує» далеко ліворуч, у бік дуже малих мас. Нагадаємо, що електрон «легший» за протон приблизно у 1840 разів, проте для існування відомого нам Всесвіту його маса не може бути навіть удвічі більшою.

Відомий астрофізик Й.Л. Розенталь, апроксимуючи цей експериментальний розподіл простими степеневими функціями, оцінив ймовірність появи частинки з масою, що дорівнює масі електрона. Ця ймовірність виявилась надзвичайно малою – меншою за [251]. Таке значення цілком можна розглядати як флуктуацію в ряду подібних значень. На підставі цього та інших фактів Й.Л. Розенталь доходить висновку: «Мабуть, наша Метагалактика – гігантська флуктуація (у сенсі числового значення фундаментальних сталих) серед інших всесвітів. Ця флуктуація – основа складної структури Метагалактики» [254, с. 111].

Слід зазначити, що гіпотеза флуктуаційного походження всіх фундаментальних фізичних сталих є давно відомою, її широко обговорювали в науковій літературі. Про це говорив ще Л. Больцман. Символічна назва однієї з книжок, присвячених ролі фундаментальних сталих у спостережуваній структурі Всесвіту, – «Випадковий Всесвіт» [76].

14 листопада 2010 року відомий інтернет-сайт «Астрономічна картинка дня» (створений NASA) представив комп'ютерну ілюстрацію мультиверса (рис. 4.13, автор – Кліффорд Піковер). На цій ілюстрації кожний всесвіт показаний окремим колом або сферою, а людське око символізує думку, що деякі всесвіти можуть реалізовуватися лише в мозку людини.

На думку відомого еволюційного біолога Річарда Докінза саме антропний принцип є альтернативою релігійним поглядам [80]. У такому разі цей принцип є ілюстрацією не тільки ідеї єдності людини і Всесвіту, а й стрижневих ідей матеріальності та раціоналізму. Більш того, антропний принцип перекликається також із стрижневою ідеєю еволюції, наприклад, в інтерпретації слабого антропного принципу (хоча є і сміливіші думки, але про це детальніше див. у книзі Р. Докінза [80]).



Мал. 4.13. Мультиверс: чи існують інші всесвіти? (автор: К. Пиковер).

Антропний принцип висвітлює глибинні, сутнісні зв'язки між мікро, макро і мегасвітом, засади існування спостережуваного Всесвіту і життя в ньому. Ці зв'язки і засади становлять сучасну наукову картину світу, є основою її цілісного сприйняття.

І насамкінець наведемо дві цитати з наукової спадщини А.Д. Сахарова. В одній зі статей він писав: «Деякі автори вважають антропологічний принцип неплідним і навіть таким, що не відповідає науковому методу. Я з цим не згодний. Зазначу, зокрема, що вимога застосовності фундаментальних законів природи в істотно інших, ніж наш Всесвіт, умовах може мати евристичне значення для знаходження цих законів» [265].

А цими словами завершується Нобелівська лекція Андрія Дмитровича Сахарова (1975 р.): «Я захищаю також космологічну гіпотезу, згідно з якою космологічний розвиток Всесвіту повторюється в основних своїх рисах нескінченну кількість разів (А.Д. Сахаров мав на увазі так званий послідовний, а не паралельний варіант мультиверсу, однак у зв'язку з відкриттям прискореного розширення Метагалактики цей варіант нині вважається дуже малоймовірним – прим. автора). При цьому інші цивілізації, у тому числі більш «вдалі», мають існувати нескінченну кількість разів на «попередніх» та «наступних» до нашого світу сторінках книги Всесвіту. Проте все це не повинно применшити нашого священного прагнення саме у цьому світі, де ми, як спалах у темряві, виникли на одну миттєвість із чорного небуття безсвідомого існування матерії, здійснити вимогу Розуму і створити життя, гідне нас самих та Мети, що ледве вгадується нами» [224].

Методика навчання антропного принципу крім статті [135] висвітлена також у монографії [154] автора.

Висновки до четвертого розділу

1. У цьому розділі ми показали, як стрижневі ідеї можуть втілюватись під час навчання астрономії як у середній, так і у вищій школах. Це стосується таких ідей як ідеї: пізнаванності, матеріальності та матеріальної єдності Всесвіту, руху та взаємодії, єдності людини і Всесвіту, еволюції, раціоналізму (останні п'ять, наприклад, об'єднує антропний принцип), нетотожності видимого та істинного, симетрії і збереження. На нашу думку, якщо викладач у ВНЗ, а потім майбутній вчитель будуть планувати кожне заняття, кожний урок таким чином, щоб його зміст було сконцентровано навколо стрижневих ідей, то це буде сприяти формуванню у студентів (учнів) цілісної астрофізичної картини світу, наукового світогляду, підвищить рівень загальної астрономічної освіти.

2. Наш досвід свідчить про те, що застосування методу проблемного викладання навчального матеріалу на теоретично-змістовому етапі вивчення змістового модуля і евристичного методу навчання на адаптивно-перетворювальному етапі (як це показано у підрозділі 4.1) дає кумулятивний ефект і сприяє ефективному засвоєнню змістового модуля. Адаптивно-перетворювальний етап не буде ефективним без практикуму з розв'язування астрономічних задач.

3. У сучасних підручниках з астрономії [10; 91; 111; 120] узагальнені закони Кеплера подаються просто як готовий факт. На нашу думку, виведення узагальнених законів Кеплера за допомогою фундаментальних ідей фізики, а саме фундаментальних властивостей простору і часу (однорідності простору й часу, ізотропності і тривимірності простору), як це зроблене в підрозділі 4.2.1, важливо з методологічного і методичного поглядів. Більше того, демонстрація такого зв'язку геометрії, фізики та астрономії має величезний світоглядний і естетичний ефект (красота й елегантність теорії), закладає основи для цілісного сприйняття світу.

4. Ми пропонуємо методику введення і використання під час підготовки вчителя астрономії: теореми віріала, яка незаслужено мало використовується під час навчання; закону збереження моменту імпульсу; систему формування узагальнених умінь на основі розв'язання широкого спектру задач із застосуванням цієї теореми і цього закону.

5. Антропний принцип, як основа ідеї єдності людини і Всесвіту, справді може бути стрижневою ідеєю фундаменталізації астрономічної освіти, оскільки він пов'язує різні розділи астрономії – від планет до Всесвіту в цілому, об'єднує ядерну фізику, фізику елементарних частинок і космологію. Антропний принцип висвітлює глибинні, сутнісні зв'язки між мікро, макро і мегасвітом, засади існування спостережуваного Всесвіту і життя в ньому. Ці зв'язки і засади становлять сучасну наукову картину світу, є основою її цілісного сприйняття, тому під час підготовки вчителя астрономії антропному принципу слід приділити серйозну увагу.

РОЗДІЛ 5

ШЛЯХИ І ПРИЙОМИ ФУНДАМЕНТАЛІЗАЦІЇ ПРЕДМЕТНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ АСТРОНОМІЇ

5.1. Використання задачного підходу в процесі формування спеціальних знань, пов'язаних з базовим поняттям «час»

Серед найважливіших понять, на яких будується вся система знань людства, одне з перших місць належить поняттю «час». Час – неодмінний атрибут багатьох фізичних теорій і неодмінний атрибут повсякденного життя. Проте дати відповідь на запитання: «Що таке час?» не так просто. Труднощі відчуватиме не тільки пересічний громадянин, а й фізик-професіонал. Чудове висловлювання про час належить одному з патріархів церкви Блаженному Августину: «Що є час? Коли мене питають, я знаю, про що йдеться. Але тільки я починаю пояснювати, то не знаю, що й казати». Цікавим є також погляд на час Аристотеля: «Часу майже немає, адже минулого вже немає, майбутнього ще немає, а сучасне триває мить».

Дати визначення поняття – це означає звести його до інших, відоміших понять. Очевидно, що цей процес визначення має колись закінчитися, а саме, коли він дійде до первинних понять, до яких зводяться всі інші і які вже самі не визначаються, а тільки постулюються. Мабуть, з одного боку, час належить саме цій категорії найпервинніших понять. З іншого боку, за змістовністю його можна прирівняти до таких понять як матерія або Всесвіт.

Певною мірою звести час до просторових уявлень, формально сконструювавши єдиний простір-час з чотирма вимірюваннями, вдалося у спеціальній теорії відносності А. Ейнштейна (безпосередньо це зробив Г. Мінковський у 1908 р.). Але все ж таки час – це не просто четверта додаткова координата. Простір має істотні відмінності від часу. По-перше, це стосується наочності: простір можна бачити. Ми бачимо його відразу і повсюди. Час побачити неможливо, його можна тільки відчувати, але не цілком, як простір, а безпосередньо тільки коротку мить, «лише одну миттєвість «зараз» з усієї послідовності миттєвостей» [321]. По-друге, у просторі ми можемо вільно пересуватися, рухатися у трьох напрямках (трьох вимірах). Вільно ж пересуватися в часі ми не можемо (як же хочеться написати «поки не можемо»). По-третє, в часі є дещо, що ніяк не зводиться до просторових відповідностей, не має аналогів у геометрії. Це його «нестримний біг» [321]. Час плине і причому завжди в одному напрямку – від минулого до майбутнього.

Мабуть, наслідком цих труднощів з визначенням поняття «час» є висвітлення цього поняття у сучасних підручниках з фізики та астрономії для середньої та й вищої ланки освіти. Там відсутнє навіть якесь наближення до стандартних визначень відомих фізичних величин (наприклад, «швидкість – це...», або «тиск – це...», або «освітленість – це...»). Багато з авторів або взагалі уникають жодних визначень часу, або обмежуються таким: «Будь-яке фізичне явище триває протягом певного проміжку часу» [48, с. 21]. Найбільш поширеним є таке висловлювання (див., наприклад, [26, с. 26; 97, с. 23]): «Простір і час є своєрідною ареною, на якій «розігруються» всі явища та процеси, що відбуваються у світі». Підручники для старших класів нічого нового до цього не додають. І.В. Савельєв у своєму відомому тритомнику «Курс загальної фізики», за яким ще навчаються майбутні вчителі, знову ж таки обмежується філософськими категоріями: «Простір і час – невід'ємні форми існування матерії» [258, с. 17], що з фізичного погляду є вразливим визначенням. Спроби дати визначення часу як фізичної величини належать Й.Л. Розенталю (див., наприклад, [252]), але їх не можна вважати вдалими, оскільки вони потребують пояснень (які дає сам автор) майже на сторінку тексту.

Принадно зазначимо, що серед фахівців-методистів існує така думка, що для деяких фундаментальних, достатньо загальних фізичних понять строгі родо-видові означення є недоцільними або навіть неможливими (вони виявляються занадто складними, неконкретними, непродуктивними) [293]. До таких понять, мабуть, і належить «час». До

цього і подібних понять родо-видові означення замінюються описами, характеристиками, тобто переліком того, що відомо про даний фізичний об'єкт, явище, властивість.

Виникає запитання: чи можна в курсі астрономії, який фактично завершує фізико-математичну освіту учня, повідомити щось важливе про час, розширити та поглибити його уявлення про це поняття, яке після вивчення фізики лишається в нього практично на інтуїтивному рівні? На нашу думку, це можливо, але враховуючи обмаль часу, який відводиться на вивчення цієї теми, ми пропонуємо це зробити, за допомогою задачного підходу. Майбутній учитель астрономії має володіти необхідними для цього знаннями та вміннями. Покажемо, як можна застосувати задачний підхід під час вивчення питань, пов'язаних з одним із головних базових понять «час».

На жаль, переважна більшість учнів (та й студентів) не дуже любляє розв'язувати задачі. Проте важко переоцінити те значення, яке має розв'язування задач під час вивчення астрономії, особливо такого короткого, але інтенсивного курсу.

Задачний підхід полягає в тому, що засвоєння навчального матеріалу відбувається в процесі розв'язування задач. При цьому задачі слід підбирати такі, щоб вони розкривали й поглиблювали зміст базових понять теми, розділу, всього курсу. З іншого боку, особливо для учнів у середній школі, задачі мають бути цікавими і спонукати тих, хто навчається, на пошук істини. Проте певний мінімум теоретичних відомостей учитель повинен до учнів довести і обов'язково розв'язати одну-дві задачі в класі, решту задач запропонувати самостійно опрацювати вдома.

Передусім слід наголосити, що у витоків нашого розуміння часу лежить уявлення про повторюваність, циклічність. Наприклад, циклічність змін погоди (зміна сезонів року) є наочним проявом спливання часу. До речі слово погода російською має корінь год (як і чеською), а в деяких європейських мовах одним словом позначаються обидва значення – час і погода (румунська, французька, іспанська, італійська) [321]. Циклічні астрономічні явища: обертання Землі навколо своєї осі і зміна діб, що через це відбувається, обертання Землі навколо Сонця і пов'язана з цим зміна пір року – це неперевершені годинники, що подарувала нам природа. Так виникли природні одиниці часу: сонячна доба та тропічний рік.

Під час визначення сонячної доби існують певні тонкощі, які вчитель повинен мати на увазі. Наприклад, у підручнику М.П. Пришляка як визначення, що його винесене на поля книжки, написано: «Доба – час, за який Земля робить повний оберт навколо своєї осі відносно Сонця. 1 год = 1/24 доби; 1 год = 60 хв = 3600 с.» Далі вже в основному тексті автор пояснює, що «... існують дві системи відліку руху космічних тіл – відносно Сонця та відносно зір. Тому і при визначенні одиниць часу також збереглися дві системи відліку – зоряний час і сонячний час». У наступному реченні повідомляється, що «... у повсякденному житті всі люди застосовують тільки сонячний час» [241, с. 19].

Важко сказати, чи буде після цього чітке розуміння (у тому числі й в учителів, недостатньо обізнаних в астрономії), що ж таке «сонячна доба». Ситуацію погіршує також те, що так би мовити «за кадром» лишається співвідношення між зоряним та сонячним часом. Адже оскільки і зоряна, і сонячна доба поділяються на 24 години, то тоді зоряна секунда становить 0,99726966 с.

На нашу думку, щоб не заплутувати учня, краще застосувати інше – загальноприйняте визначення: сонячна доба – це інтервал часу між двома послідовними проходженнями Сонця через небесний меридіан, або інтервал часу між двома послідовними однойменними кульмінаціями Сонця (від полудня до полудня або, як домовились у повсякденному житті, від півночі до півночі). Адже ми дійсно живемо виключно за Сонцем, а поняття небесного меридіану, кульмінації Сонця розглядаються у шкільних підручниках [112; 241]. І обов'язково треба показати рисунок (рис. 5.1), на якому наочно видно різницю між сонячною та зоряною добами. Оскільки Земля одночасно бере участь у двох рухах: навколо своєї осі та навколо Сонця, то поки вона здійснює оберт навколо осі, вона ще зміщується по своїй орбіті на кут, трохи менший від

1°. Тому для нової появи Сонця на небесному меридіані Землі потрібно додатково повернутися навколо осі на цей кут. Це триває 3 хв 56 с. Оскільки прийнято, що сонячна доба містить 24 год, то виходить, що осьовий період обертання Землі становить 23 год 56 хв 4 с.

Зазначимо також, що в жодному підручнику (і для вищої школи так само) не пояснюється, чому доба ділиться саме на 24 години. Насправді, поділ доби на двічі по 12 годин прийшло до нас із давнього Вавилону, де число 12 вважалося священним [113]. Число 60 також вважалося священним і відгомін 60-річної системи числення ми пожинаємо досі – ділимо годину на 60 хвилин, а хвилину на 60 секунд. До речі, слово секунда походить від латинського вислову *secunda divisio* – друге ділення. Спочатку так ділили градус, а потім вже годину. Градус же (від лат. *gradus* – крок) виник через те, що вавилоняни, визначаючи кут, під яким можна було б побачити два розташованих поряд сонячних диски, як «один крок Сонця», помітили, що на денному небі у дні рівнодень вкладається 180 «сонячних кроків». Тоді шлях Сонця за добу становить 360 «кроків». Коло стали ділити на 360 частин – градусів [70].

Далі, головне, що потрібно з'ясувати з учнями, так це, який час показують наші годинники. Можна починати саме з цього запитання. Відповідь: київський. Що таке київський час? Відповідь: час другого годинного поясу. Що таке поясний час? І так далі.

Потім можна переходити до розв'язування задач. Ми пропонуємо такі.

Задача 1. Час – зупинись! (Поглиблює поняття місцевого сонячного часу, демонструє його відносність) *З якою швидкістю і в якому напрямку має летіти літак біля екватора Землі, щоб місцевий сонячний час на його борту зупинився [166, 284]?*

Розв'язання. Місцевий сонячний час визначається положенням Сонця на небі, яке постійно змінюється внаслідок обертання Землі навколо своєї осі (взагалі й внаслідок обертання Землі навколо Сонця, але це дуже повільне зміщення – менш ніж на 1° за добу, тому цим можна знехтувати). Для того, щоб люди на борту бачили Сонце весь час в одному місці на небі й воно не змінювало свого положення відносно літака, потрібно компенсувати обертання Землі. По-перше, оскільки Земля обертається із заходу на схід (пригадайте, Сонце сходить на сході), то для того, щоб компенсувати її обертання, літак має летіти на захід. По-друге, висоти, на які підіймаються літаки, нехтовно малі порівняно з радіусом Землі R , тому для визначення швидкості застосовуємо очевидну формулу:

$$(5.1.1)$$

де T – період обертання Землі навколо своєї осі відносно Сонця (сонячна доба).

Підставляючи значення екваторіального радіусу, знаходимо, що . Це швидкість обертання Землі на екваторі (якщо точно, то відносно Сонця). Якщо пригадати, що швидкість звуку в атмосфері біля поверхні Землі становить 330 м/с, то це має бути надзвуковий літак. Виходить, за допомогою такого літака можна зупинити цей астрономічний годинник і навіть, якщо рухатись зі швидкістю більшою, ніж 0,5 км/с,

повернутися у минуле (машина часу?). Але так повернутися у минуле можна, по-перше, тільки у межах однієї доби, по-друге, тільки в іншу область простору. І, по-третє, фізичний час, біологічний годинник жодним літаком зупинити неможливо.

Задача 2. Сонячна доба і характеристики руху планети. (Поглиблює поняття сонячної доби, поширює його на інші планети, встановлює кількісну залежність її тривалості від осьового та орбітального рухів планети.) Використовуючи поняття кутової частоти, виведіть співвідношення між тривалістю сонячної доби на планеті й періодом обертання її навколо своєї осі.

Розв'язання. Якщо напрямки осьового та орбітального рухів збігаються, то кутову частоту наступності сонячних діб визначаємо як різницю частот:

$$\omega_{\text{доби}} = \omega_{\text{орбітального}} - \omega_{\text{осьового}}, \quad (5.1.2)$$

де $\omega_{\text{орбітального}}$ – частота осьового обертання планети; $\omega_{\text{осьового}}$ – частота її орбітального руху.

Перепишемо цю формулу через відповідні періоди

$$\frac{1}{T_{\text{доби}}} = \frac{1}{T_{\text{орбітального}}} - \frac{1}{T_{\text{осьового}}}. \quad (5.1.3)$$

Для Землі, підставляючи значення $T_{\text{орбітального}} = 365,256$ днів і $T_{\text{осьового}} = 23,934$ годин, отримуємо, що тривалість сонячної доби дійсно становить 24 години.

Слід зазначити, що отримана формула справедлива лише для областей з широтами, що не перевищують $90^\circ - \epsilon$, де ϵ – кут нахилу осі Землі від нормалі до площини її орбіти. В областях Землі з широтами, що перевищують $90^\circ - \epsilon$ – Єрні ночі (дні та ночі, тривалість яких, зокрема, перевищує 24 години).

Зрозуміло, що для розв'язання цієї задачі учні мають активізувати свої знання з фізики щодо поняття «кутова частота», зв'язку частоти та періоду обертання.

Використовуючи розв'язок цієї задачі, можна розрахувати тривалість сонячної доби на будь-якій планеті.

Наступні задачі можна дати додому.

Задача 3. Поглиблюємо розуміння поняття «сонячна доба» – 1. (Творча задача типу «що сталося б, якби...»). Уявіть, що обертання Землі навколо осі відбувається з тим самим періодом, але у зворотному напрямку. Визначте [166]:

а) як зміниться при цьому тривалість сонячної доби;

б) скільки середніх сонячних діб при цьому міститиме тропічний рік.

Розв'язання. а) Оскільки за умовою задачі Земля обертається у зворотному напрямку, то, використовуючи вихідне рівняння із попередньої задачі, отримуємо

$$\frac{1}{T_{\text{доби}}} = \frac{1}{T_{\text{орбітального}}} + \frac{1}{T_{\text{осьового}}}, \quad (5.1.4)$$

де, як і раніше $\omega_{\text{орбітального}}$ і $\omega_{\text{осьового}}$ – частоти відповідно осьового й орбітального обертання планети. Звідси матимемо

$$T_{\text{доби}} = \frac{T_{\text{орбітального}} \cdot T_{\text{осьового}}}{T_{\text{орбітального}} + T_{\text{осьового}}}. \quad (5.1.5)$$

Сонячна доба була б коротшою, ніж тепер, а знак «мінус» означає, що Сонце на небі Землі пересуватиметься в цьому разі у протилежному напрямку: сходитиме на заході та заходитиме на сході.

$$\text{б) } T_{\text{доби}} = \frac{T_{\text{орбітального}} \cdot T_{\text{осьового}}}{T_{\text{орбітального}} - T_{\text{осьового}}}. \quad (5.1.6)$$

Задача 4. Поглиблюємо розуміння поняття «сонячна доба» – 2. (Творча задача такого самого типу.) Чому дорівнюватиме сонячна доба, якщо Земля припинить обертатися навколо своєї осі [166; 284]?

Розв'язання. Якщо _____, то (див. задачі 1 і 3) _____, або _____. Отже, сонячна доба дорівнювала б тропічному року (!), і Сонце сходило б на заході.

Задача 5. Тривалість доби на інших планетах. (Учні ознайомлюються з цікавими випадками, коли тривалість сонячної доби істотно відрізняється від осьового періоду обертання планети, що розширює межі їхнього розуміння поняття «сонячна доба».) Визначте тривалість сонячної доби на: а) Меркурії; б) Венері [166].

Розв'язання. Використовуючи розв'язок задачі 1 і табличні дані у кінці підручника [112; 241], знаходимо: а) 176 діб; б) – 117 діб.

Виявляється, що сонячна доба на Меркурії дорівнює двом його рокам! Така величезна відмінність від осьового періоду обертання, який становить 58,65 діб (у три рази!), зумовлена якраз таким дуже повільним обертанням планети і близькістю до Сонця.

Для Венери слід підставляти Тосься навколо своєї осі в протилежному напрямку, ніж _____, наприклад, Земля (дивовижний випадок зворотного обертання!). Знак «мінус» у відповіді знову ж таки означає, що Сонце там сходить на заході.

Задачі 3, 4, 5 демонструють також, що формальний математичний підхід дає змогу зробити правильні астрономічні висновки, тобто наочно ілюструють міжпредметні зв'язки астрономії з математикою і фізикою.

Задача 6. Світ без сходу Сонця. (Творча задача, що розвиває уяву, в тому числі й просторову.) Визначте, за яких умов на планеті не відбуватимуться зміни дня й ночі [166; 284].

Розв'язання. Оскільки у цьому разі _____, то ця умова виконуватиметься, якщо _____

_____, або інакше _____, тобто осьовий період обертання планети має збігатися з орбітальним. Для наочності можна запропонувати учням походити навколо стільця, який символізуватиме Сонце.

Задача №7. Втрачена доба. (Задача з історичним змістом, закріплює поняття лінії зміни дати, демонструє відносність часу на планеті.) Відомо, що супутники Магеллана, що повернулись з навколосвітньої подорожі, втратили в підрахунку днів один день. Чим це пояснюється? Як запобігають цій «неприємності» у теперішній час [284]?

Розв'язання. В основі цієї задачі лежить відомий історичний факт. У 1522 р., після трьох років першої в історії цивілізації навколосвітньої подорожі 18 учасників експедиції, які залишилися живими, досягають островів Зеленого Мису, де Антоніо Пігафетта (літописець плавання) виявляє таємниче «зникнення» однієї доби. «Рік за роком він і кормчий Альво, – описує цю подію О.А. Гурштейн [70, с. 140], – незалежно один від одного здійснювали рахунок днів на кораблі. Але, на «Вікторії» – середа, хоча на суходолі вже четвер. Радощі повернення до рідних берегів були затьмарені раптовою бідою. Вони «помилилися» у підрахунку днів і, відповідно, переплутали всі церковні свята».

Справа в тому, що мандрівники, просуваючись на захід, всюди жили за місцевим сонячним часом (див. задачу 1), який відстає від часу місяця старту експедиції. Тому на кінець навколосвітньої подорожі моряки не дорахувались однієї доби. Якби вони рухались на схід, то одна доба виявилась би зайвою (так мандрували персонажі відомого роману Жуль Верна «Навколо світу за 80 днів»).

Поясного часу тоді ще не існувало, але його введення у 1884 р. принципово ситуацію не змінило. Різниця полягає лише в тому, що у межах одного годинного поясу час вважається однаковим. Для запобігання помилок у рахунку днів на поверхні Землі встановлено лінію зміни дат (вона проходить поблизу меридіана 180°). На захід від цієї лінії число місяця завжди на одиницю більше, ніж на схід від неї. Отже, на Землі завжди одночасно існують дві дати!

Чудові слова з цього приводу знайшов Стефан Цвейг в одній з новел у серії історичних мініатюр «Зоряні години людства»: «...Пігафетта ... перший спостерігає явище, новизна та знаменність якого хвилюватимуть і привертатимуть увагу всього

століття... Ця заново пізнана істина – що в різних частинах світу час і година не збігаються – хвилюють гуманістів шістнадцятого століття приблизно так, як наших сучасників – теорія відносності...».

Ми розглянули тільки формування та застосування поняття «сонячна доба» та пов'язаних з ним питань. Про формування та застосування поняття «тропічний рік», про астрономічні основи календарів (місячного і сонячного) має бути окрема розмова. Під час викладання цих тем, на нашу думку, мають бути обов'язково застосовані історичний та культурологічний підходи.

На завершення можна зробити такі висновки:

1. Загальноприйнятого означення поняття «час» не існує. З визначеннями цього поняття взагалі проблема – їх майже немає. Хоча, з іншого боку, добре відомі такі властивості часу як одновимірність, нестримна течія, незворотність («стріла часу»), відносність, однорідність.

2. Астрономія щонайменше може пояснити «роботу» та використання астрономічних годинників, що тисячоліття були джерелом точного часу, акцентувати увагу на астрономічних основах і одиницях вимірювання часу, шкалах і системах відліку часу.

3. Майбутній учитель астрономії повинен усвідомлювати, що за допомогою спеціально підібраних задач, відповідної організації уроків та позакласної роботи можна істотно поглибити, розширити уяву учнів про час. Ця тема варта того.

4. Учитель астрономії має також усвідомлювати, що астрономія в розмові про час спроможна на більше. Наприклад, можна за допомогою телескопів зазирнути у далеке минуле Всесвіту або побачити уповільнення часу поблизу чорної діри. Про перше можна наголосити вже у «Вступі» під час розповіді про масштаби Всесвіту, а про друге – під час викладання теми «Кінцеві стадії еволюції зір».

Матеріал цього підрозділу висвітлений автором у статті [178] і монографії [154].

5.2. Змістові узагальнення як засіб формування базових астрономічних понять (на прикладі вивчення головного базового поняття «планета»)

Планета (πλανήτης) в перекладі з грецької означає «блукаючий». Стародавні спостерігачі за небом помітили, що деякі світила, які і отримали назву «планети», регулярно зміщуються відносно інших світил, які інакше називалися зорями. Довгий час астрономи вивчали виключно рух планет і тільки з появою понад 400 років тому першого телескопу поступово розпочалися дослідження природи планет. Ці дослідження набули небаченого розквіту з народженням космонавтики. На сьогодні водночас виконується декілька космічних місій до планет Сонячної системи: «Мессенджер» (до Меркурія), «Нові горизонти» (до Плутона), упродовж 9 років апарат «Кассіні» працює в системі Сатурна, а Марс опанували марсоходи. Чи можемо ми на початку другої декади ХХІ століття точно відповісти на запитання: «Що таке планета?»

Дивовижно, але в жодному підручнику з астрономії як для середньої, так і для вищої школи ми не знайдемо жодного формулювання цього поняття на зразок: «Планета – це...». Розуміння цього поняття на інтуїтивному рівні як достатньо великого, але холодного тіла, що світить відбитим сонячним світлом, є розмитим і, строго кажучи, некоректним. Планети мають власне теплове випромінювання, максимум якого розміщується в інфрачервоному діапазоні або в радіодіапазоні. А Юпітер, наприклад, за рахунок власних джерел випромінює енергії майже вдвічі більше, ніж одержує від Сонця [166].

До 1781 р. астрономам було відомо шість планет: Меркурій, Венера, Земля, Марс, Юпітер, Сатурн. Саме в цьому році В. Гершель відкрив нову планету, що згодом отримала назву Уран. У 1801 р. Дж. Піацци виявив Цереру, як з'ясувалось згодом – найбільший астероїд головного поясу. На деякий час планет стало вісім. Але після виявлення ще цілої групи астероїдів (ці космічні тіла не виглядали в телескоп диском як інші планети, звідси й назва «зореподібні») Церера, яка навіть встигла отримати як планета свій символічний знак, була позбавлена цього статусу.

Історія виявлення наступної «на кінчику пера», яке зробили Дж. планету виявив Й. Галле. Якщо Ур передбачили після того, як прийшли ці збурення неможливо пояснити т

За вже опрацьованою схемою Шукали довго, до 1930 р. (відзнач методах небесної механіки, телеско вдосконалення фотографії). Головною площини орбіти Плутона від екліптики Підозра, що нова планета є невеликою вона різнилася з уже відомими планетами класифікація планет Сонячної системи: земної групи, планети-гіганти і (ок

Ситуація дещо змінилася в 1978 році, коли сам же й запропонував назвати Хамаду за законом Кеплера точно визначити місце супутник, але супутник передбача

найменшою серед усіх інших планет Сонячної системи з масою в 17,1 тис. кг. На рис. 5.2 наведено для порівняння цифрове зображення Плутона, що

Деякі астрономи були впевнені в успіху у 2002 р. Цей об'єкт отримав назву «2003 EL61» та інші подібні їм об'єкти в званні пояс Койпера. Його розташу



Найбільші з виявлених об'єктів цього поясу зображено на рис. 5.4.

Виникла проблема: якщо Плутон вважати звичайною планетою, то скільки ж їх тоді в Сонячній системі? І чи варто такі маленькі тіла відносити до звичайних планет? Відповіді на ці питання запропонувала Генеральна асамблея Міжнародної астрономічної спілки, що відбулася в Празі у серпні 2006 р. На ній було прийнято резолюцію щодо означення поняття «планета» і нової класифікації об'єктів у Сонячній системі. Остаточна вона має такий вигляд [225]:

(1) *Класична планета* – це небесне тіло, що (а) обертається навколо Сонця, (б) має достатню масу, для того, щоб самогравітація перевищувала твердотільні сили і тіло могло прийняти гідростатично врівноважену (близьку до сферичної) форму і (в) очищує околиці власної орбіти (тобто поряд з планетою немає інших, порівнянних з нею тіл).

(2) *Карликова планета* – це небесне тіло, що (а) обертається навколо Сонця, (б) має достатню масу, для того, щоб самогравітація перевищувала твердотільні сили і тіло могло прийняти гідростатично врівноважену (близьку до сферичної) форму, (в) не очищує околиці власної орбіти і (г) не є

супутником (планетами) (3) Усі інші є поняттям «малі тіла». Пункт (а) у і пояснимо трохи і на структуру пояса щоб переконатися наприклад, Церера класифікацією, т

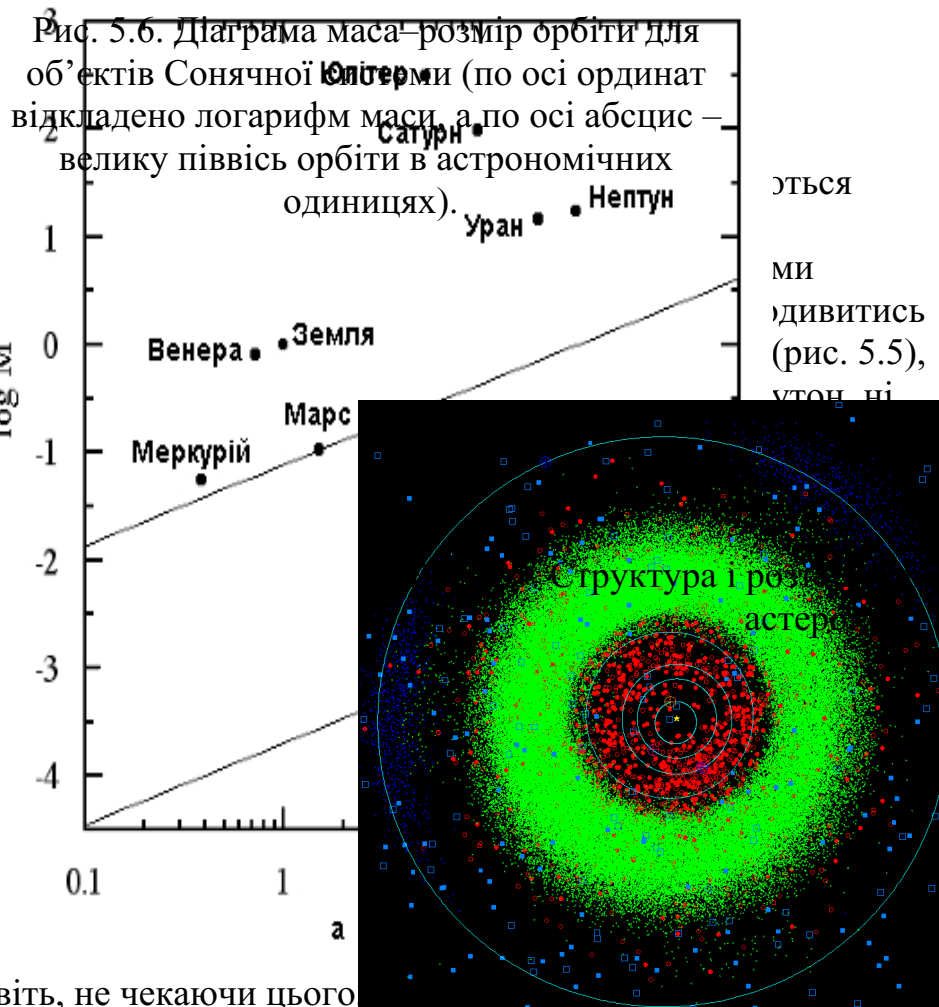
Підтверджен від маси об'єкта є маса і чим кор меншою орбіта), своїх сусідів. З р належать до клас іншу групу.

Постають за повним?», «Чи м астрономії, або, навіть, не чекаючи цього заняття?» На нашу думку, це можна робити з певними обмовками, оскільки означення має два істотних обмеження. По-перше, воно стосується тільки космічних тіл, що належать до Сонячної системи. По-друге, воно не враховує деяких важливих особливостей цього класу об'єктів, притаманних тільки їм. На нашу думку, в цьому означенні втрачено певну фундаментальність цього важливого поняття.

Що це взагалі – дати означення якомусь об'єкту? Це означає вказати до якого класу об'єктів (ширшого) даний об'єкт належить і чим він відрізняється від інших об'єктів цього класу. *Планети*, безумовно, належать до класу космічних тіл (рис. 2.1), як і *зорі*, *субзорі* (інакше – коричневі карлики), і так звані *малі космічні тіла*, наприклад, астероїди, метеороїди, комети (те, що охоплює поняття *малі тіла Сонячної системи*). Чим же відрізняються планети від інших об'єктів даного ряду? З'ясуємо це.

Зорі – це газові кулі, які складаються переважно з Гідрогену та Гелію і всередині яких відбуваються термоядерні реакції. На сьогодні вважають, що мінімальна маса зір становить приблизно 0,1 маси Сонця ($\approx 10^{29}$ кг). Це значення маси зумовлено ефективним початком термоядерних реакцій перетворення Гідрогену в Гелій.

Субзорі – це також газові кулі, але в них так і не розпочався протон-протонний цикл унаслідок їх меншої маси. Діапазон мас, у яких, за сучасними уявленнями, існують коричневі карлики розміщується в межах від



Ком
Бл
аст
Ас
Гол
поя
Кол

0,1M до приблизно 0,01M.

Тіла з іще меншою масою відносять до *планет*. Фізично від коричневих карликів вони відрізняються тим, що переважна частина їх речовини перебуває у конденсованому стані: твердому і рідкому. В нашій Сонячній системі речовина планет, що мають порівняно невеликі розміри і масу (планети земної групи), перебуває здебільшого у твердому стані, а речовина планет-гігантів – у рідкому (вони мають відносно невеликі тверді силікатні або металосилікатні ядра).

Речовина ще менших тіл – *астероїдів* – це також тверде тіло. Тоді, де ж межа між невеликими планетами та астероїдами? Визначити її можна в такий спосіб (водночас це буде і поясненням пункту (б) резолюції щодо планет).

Увесь наш досвід свідчить про те, що планети мають сферичну або дуже близьку до сферичної форму (якщо вже брати до уваги невелике стиснення у полюсів, спричинене їх осьовим обертанням). Астероїди ж – і про це свідчать вже отримані їх фотографії – мають зазвичай неправильну форму. Можна вважати, що космічне тіло перестає бути сферичним тоді, коли максимальна висота гір на ньому наближається до радіуса цього космічного тіла. Отже,

(5.2.1)

де h – максимальна висота гір, R – критичний радіус космічного тіла, за якого воно вже перестає бути сферичним.

Оцінімо h на планетах земної групи. Це можна зробити декількома способами [166]. Наприклад, максимальну висоту гір можна знайти з умови, що потенціальна енергія однієї молекули масою m на вершині гори не може бути більшою за теплоту плавлення речовини в основі гори в розрахунку на одну молекулу, інакше основа розплавиться, і гора просяде. Тоді з рівності

(5.2.2)

де λ – питома теплота плавлення гірських порід, N – кількість молекул, що утворюють гору масою M , отримуємо лаконічну і наочну формулу:

(5.2.3)

Якщо для питомої теплоти плавлення взяти значення, типове для земних базальтів –

[304], і відповідне значення прискорення вільного падіння g , то,

наприклад, для Землі дістаємо $h \approx 10^4$ м, а для Марса – $h \approx 10^3$ м. Те, що значення висот виявилися значно більшими за існуючі, легко пояснити: гори опускатимуться раніше, ще до розплавлення основи через пластичність порід.

Інший спосіб оцінювання максимальної висоти гір на планетах може бути таким: поставимо вимогу, щоб тиск на основу гори був не більшим за межу міцності порід σ , які утворюють цю основу. Якщо гора зі щільністю ρ має конічну форму з площею основи S , то можемо записати таку рівність

(5.2.4)

Звідси знаходимо

(5.2.5)
Зверніть увагу, що і у формулі (5.2.3), і у формулі (5.2.5) визначальним є прискорення вільного падіння або, інакше, напруженість гравітаційного поля на поверхні планети. Чим воно більше, тим рельєф поверхні є гладкішим.

Беручи (також для базальтів) [304] і , отримуємо ті самі результати.

Для спрощення вважатимемо космічне тіло однорідним. Тоді, використовуючи для тіла сферичної форми відомі співвідношення

(5.2.6)
і підставляючи їх, наприклад, у (5.2.3) і (5.2.1), для критичних радіуса і маси космічного тіла маємо:

(5.2.7)

(5.2.8)
Якщо ж скористатися формулою (5.2.5), то для базальтів отримуємо

(5.2.9)

(5.2.10)
Оскільки справжня максимальна висота гір на планетах земної групи приблизно втричі менша за розраховану за допомогою спрощених моделей, то граничні розміри сферичних космічних тіл можна зменшити у рази.

Зазначимо, що розмір сферичної карликової планети Церери () ідеально узгоджується із виконаними розрахунками. Параметри супутників Сатурна Енцелада, Мімаса, з одного боку, (а саме сферичних), і Януса, Епіметея, Гіперіона та юпітеріанської Амальтеї – з іншого, (неправильної форми) також добре узгоджуються з одержаними оцінками.

Отже, межа за масою між планетами і астероїдами становить за порядком величини

. Уперше нижню границю мас планет визначили у 1980 р. харківські астрономи Ю. В. Александров і В.А. Захожай [7]. Вони виходили з інших критеріїв, а критерій

сферичності до уваги не брали. Отримана ними оцінка становить кг, але самі автори [7] наголошували на подальшому уточненні цього значення. Ми ж з вами переконалися, якщо значення маси є меншим за кг, то космічне тіло не зможе набути сферичної форми.

Насправді різниця між планетами та астероїдами не обмежується відмінностями в геометричній формі цих об'єктів. Ця різниця є глибшою. Маси планет достатньо великі, щоб в їх надрах відбувався процес гравітаційної диференціації. Гравітаційної – тому що цей процес спричинений і відбувається під впливом власного гравітаційного поля, диференціації – тому що він приводить до просторового розділення речовини планети на

шари з різною щільністю. Важчі хімічні елементи і сполуки опускаються до центра планети, легші – спливають до поверхні. Для твердої планети це можливо за умови, що власна гравітаційна енергія планети в розрахунку на одиницю маси перевищуватиме енергію кристалічних ґраток (питому енергію зв'язку кристалів).

Наочним прикладом результатів гравітаційної диференціації є внутрішня будова Землі, що докладно досліджена за допомогою сейсмології. Якщо кора Землі містить

переважно силікати і її щільність становить _____, то ядро складається з Феруму і ферум сульфідів і його щільність в центральній частині дорівнює _____

[86]. Взагалі для будь-якої планети характерною має бути така будова, що визначається стрибками щільності речовини: ядро, оболонка (у твердому стані на планетах земної групи, і тоді часто застосовується інша назва – мантія, і в рідкому стані – на планетах-гігантах), кора (для планет, подібних до Землі), атмосфера (якщо планета здатна її утримати).

Можна стверджувати, що всі класичні планети Сонячної системи є диференційованими. За відсутності сейсмічних даних (виключаючи Землю) про це свідчать результати аналізу: гравітаційного та магнітного полів, геометричної фігури, безрозмірного моменту інерції планет, геологічної будови їх поверхонь (для планет з твердою поверхнею) та деякі інші дані [86]. Оскільки серед планет земної групи тільки на Землі спостерігається глобальна тектоніка плит, то процес гравітаційної диференціації на ній ще триває, в той час як на Меркурії, Венері та Марсі він, мабуть, уже закінчився. На планетах-гігантах цей процес, вірогідно, як і на Землі, також триває, про що свідчить значний потік енергії з їх надр.

Наявність процесу гравітаційної диференціації (нині або в минулому) означає, що планети всередині еволюціонують. Причому терміни еволюції зіставні з часом існування Сонячної системи. Саме еволюція принципово відрізняє планети від астероїдів. В астероїдах її зовсім немає. Точніше, ці тіла припиняють еволюціонувати практично відразу після свого утворення. Можна сказати, що астероїди – це «мертве» каміння.

Отже, поняття «планета» наповнюється новим і важливим змістом: це космічні тіла, маси яких лежать у межах від 10²¹ кг до 10²⁸ кг, речовина перебуває переважно в конденсованому стані, і що еволюціонують унаслідок гравітаційної диференціації [7] (див. також [2; 6; 14; 86], але звертаємо увагу на числове значення нижньої межі мас планет).

Зазначимо, що вимога обертання планети навколо своєї зорі, як вона сформульована для планет Сонячної системи, взагалі не є обов'язковою. Адже, за сучасними уявленнями, можливе існування планет окремо від зір – у міжзоряному просторі, оскільки внаслідок гравітаційних збурень, спричинених або сусідніми планетами з ексцентричними орбітами, або близьким прольотом іншої зорі, вони можуть бути викинуті зі своїх планетних систем.

Але це ще не все. Можна стверджувати, що планети – надунікальні об'єкти у Всесвіті. Ми вже звертали увагу на те (підрозділ 2.2.2), що планети грають особливу роль в еволюції матерії у Всесвіті. Поки що тільки на прикладі Землі, але ми бачимо, що саме завдяки існуванню планет у Всесвіті відбувається перехід від фізичної форми руху матерії до хімічної, біологічної, соціальної, цивілізаційної.

У 1995 р. була відкрита перша позасонячна планета (екзопланета) у зорі 51 Пегаса. На сьогодні їх вірогідно відомо вже понад 800. Відкриття планет у інших зір, якого так прагнули астрономи, принесло багато несподіванок і нові запитання. Тому не можна виключати, що сучасне означення поняття «планета» згодом збагатиться новими деталями

Щодо формування поняття «планета», то відомо, що процес формування будь-яких понять, і його цілком можна поширити на астрономічні поняття, зазвичай відбувається двома шляхами.

Перший шлях починається зі спостережень об'єктів і явищ, накопичення емпіричного матеріалу, що врешті рещт приводить до висновку про необхідність введення

нового поняття. Цей шлях можна назвати «сходженням від конкретного до абстрактного» [293].

Другий шлях, що називається «сходженням від абстрактного до конкретного», передбачає первісне введення узагальненого поняття і подальше наповнювання його конкретним змістом [293].

У дійсності обидва шляхи тісно переплітаються, а у низці випадків поступаються місцем такому шляху введення понять, як опора на історико-науковий матеріал.

У цілому процес формування понять, як правило, проходить низку етапів. У багатьох випадках доволі яскраво вираженим буває етап обґрунтування необхідності введення поняття. Цей етап завершується означенням поняття, введенням терміну (слова або словосполучення) для позначення поняття і формулюванням судження або власне означення поняття, що розкриває його зміст, дає змогу відрізнити введене поняття від уже відомих [293].

Не менш відповідальним, ніж етап введення нового поняття, і значно тривалішим є етап застосування поняття для аналізу конкретних ситуацій у таких формах (чим їх буде більше, тим краще), як розв'язування задач, виконання лабораторних робіт, виступи на семінарах, тестування, написання рефератів тощо. На цьому етапі відбувається оволодіння поняттям через встановлення його взаємозв'язків із раніше вивченими і нововведеними поняттями і через отримання за допомогою даного поняття конкретних теоретичних і практичних результатів, які виникають в тій чи іншій початковій або повсякденній ситуації [293].

На етапі застосування поняття відбувається розвиток поняття, збагачення його змісту. В багатьох випадках здійснюється перенесення, поширення поняття, що було введено для певного кола явищ, на інші групи явищ.

Застосування й розвиток поняття зумовлює його засвоєння на нових, вищих рівнях. Якщо спочатку безпосередньо після введення поняття можна говорити тільки про його засвоєння на рівнях упізнавання та відтворення, то далі досягаються рівні застосування в знайомій та новій ситуаціях, а за певних умов і цілеспрямованій праці викладача може бути досягнутий і творчий рівень засвоєння поняття.

Схожих думок про етапи формування, але вже конкретно астрономічних понять дотримується Є.П. Левітан: формування уявлень, проникнення в сутність спостережуваних явищ, виявлення в них головних і другорядних ознак, синтез ознак, класифікація, введення поняття, віднесення даного поняття до певної системи понять, розкриття практичного й філософського значень понять, що формуються [189].

Отже, на нашу думку, формування й розвиток поняття «планета» має відбуватися впродовж усього розділу «Сонячна система». Етапи цього процесу згідно з запропонованим змістом курсу астрономії (підрозділ 3.3) представлено на рис. 5.7. При цьому задіюються такі стрижневі ідеї як ідея пізнаванності, руху та взаємодії, еволюції, ієрархічності, а також такі сучасні освітні підходи як системний, синергетичний, історичний, контекстний, праксеологічний.

Проблемі визначення поняття планета присвячена стаття [177] і підрозділ монографії [154] автора.

5.3. Історико-культурологічний підхід у процесі навчання астрономії (на прикладі теми «Комети»)

Учитель астрономії, на нашу думку (і ми вже звертали на це увагу), має бути готовим серйозну увагу приділити історичним, методологічним, світоглядним та культурологічним аспектам астрономічної освіти. Тема «Комети» в розділі «Малі тіла Сонячної системи» надає для цього великі можливості.

Розгляд цієї теми доречно розпочати строфою з вірша К. Бальмонта (як приклад поетичного опису астрономічного явища):

По яйцевидному пути

Летит могучая комета.
 О чем хлопочет пляской света?
 Что нужно в мире ей найти?

Комети – унікальні космічні тіла, які завжди цікавили людство. Ми вже багато дізнались про них, але інтерес до цих об'єктів в наш час навіть підсилюється. Це зумовлено тим, що комети – своєрідні індикатори фізичних умов у міжпланетному середовищі, засіб діагностики міжпланетної плазми, сонячного вітру та спалахів сонячних космічних променів, це природні космічні лабораторії, в яких відбуваються унікальні фізичні процеси, неможливі в лабораторіях земних. За сучасними уявленнями, кометні ядра є реліктовими «цеглинками», з яких утворилася Сонячна система. І останнє, за порядком але не за важливістю, – існує ймовірність зіткнень кометних ядер із Землею.

Нині на передній план виходять космічні дослідження. Наприклад, однією з космічних місій є місія автоматичної станції «Розетта» до комети Чурюмова-Герасименко, яка має завершитись у 2014 р. м'якою посадкою на ядро комети.

Історія і культура. Якщо дата відкриття астероїдів добре відома – 1 січня 1801 р. (Дж. Піацці виявив найбільший астероїд – Цереру), то відкриття іншого класу космічних об'єктів, які ми відносимо до малих тіл Сонячної системи, а саме комет, губиться у глибині тисячоліть. Це не дивно, оскільки після затемнень Сонця й Місяця комети – найефектніші об'єкти на небі (до цього списку можна додати ще спалахи наднових зір та боліди). Як приклад можна навести запис у Іпатіївському літопису під 6773 р. (комета 1264 р.): «Явися звезда на востоце хвостатаа, образом страшным, испущающе от себе луче великы, си же звезда наречается власатая; от видения же сея звезды страх обья вся человеки и ужась, хитреци же смотревше тако рекоша: «оже мятежь велик будет в земли»...» [268, с. 190]. Перше ж літописне свідчення взагалі про комети є у Лаврентіївському літопису: «В лето 6419. Явися звезда велика на западе, копейным образом» [268, с. 178] (комета 912 р. – одна з появ знаменитої комети Галлея [17; 268; 322]).

Наведемо кілька прикладів, коли поява комети пов'язувалася з великим лихом. У 1066 р. під знаком комети, появу якої зафіксували у тому числі й багато руських літописів [17, 268], і яку ми сьогодні ототожнюємо з кометою Галлея, нормани вдерлися у Південну Англію і завоювали її. На рис. 5.8 наведено фрагмент гобелена з м. Байо (витканий між 1067 та 1077 рр., тобто очевидцями комети). Він зберігається у Франції, і на ньому зображено, як останньому англійському королю Гарольду (він загинув у знаменитій битві з норманами під містечком Гастінгсом) повідомляють, що ця комета є лихим передвісником. Цікаво, що англійське слово *disaster* («лихо») сходить до латинського астрологічного терміну «зловісна зоря».

Поява знову ж таки комети Галлея у 1456 р. невдовзі після захоплення турками Константинополя (1453 р.) навело жах на всю Європу. Християни бачили в неї турецьку вигнуту шаблю, а турки – хрест [17; 268].

Такі настрої панували в Європі й у XIX столітті. Другий том «Війни і миру» закінчується описом знаменитої комети 1811 р. (рік проходження перигелію): «При в'їзді на Арбатську площу величезний простір зоряного темного неба відкрився очам П'єра. Майже у середині цього неба над Пречистенським бульваром, оточена, обсипана з усіх боків зорями, але відрізняючись від усіх близькістю до землі, білим світлом та довгим, піднятим доверху хвостом, стояла величезна яскрава комета 1812-го року, та сама комета, яка віщувала, як казали, усілякі жахи та кінець світу» [298, с. 713].



Рис. 5.8. Фрагмент гобелену із Байо (Франція) з кометою Галлея у 1066 р.

Ця комета пройшла перигелій 12 вересня 1811 р., але кращі умови її видимості були перед самим початком 1812 р. (взагалі її можна було спостерігати до 20 січня), тому Л.М. Толстой мав підстави так її назвати. До того ж у Росії цю комету заднім числом стали вважати передвісницею Вітчизняної війни 1812 р. Сам Лев Миколайович не міг бачити цю комету, тому й не забув її згадати.

«зоре
виног
закор
назво
XVI с

появо
Остан
то, ма
навед
ближ
честь
розпи
біблі
версі
він сп

комет
підій
чотир
всяко
«Сот



забруднюють та запалюють повітря, а також виснажують сукус (сік – Авт.) Землі, то звідси логічно випливає, що вони є причиною безпліддя ґрунту, псування та висихання його плодів, а це, природно, веде до смерті, голоду та нестатку» (див. подробиці у [116]).



Рис. 5.9. Фреска Джотто у капелі дельї Скровенї у м. Падуї (Італія) «Поклоніння волхвів» із зображенням комети як Віфлеємської зорі.

Тільки вимірювання паралакса комети 1577 р. видатним данським астрономом Тіхо Браге довели, що комети є такими ж небесними тілами, як Місяць і планети. Він писав: «...мені щодо цієї комети... стало зрозумілим, що її місце і шлях є далеко за межами місячної сфери. Аристотелів погляд, що комети підіймаються із Землі в повітря, є, отже, цілком фальшивим... Я... підтвердив, що її горизонтальний паралакс не більший за 15'..., тож цілком чітко видно і зрозуміло, що ця комета перебуває далеко за Місяцем, у сфері Венери...» [113, с. 260]. Можна було б ще довго мати старі погляди і багато міркувати на цю тему, але вистачило достатньо точних вимірювань, щоб зняти всі питання – це ознака справжньої науки, що тільки народжувалась (згадаємо Д.І. Менделєєва, який говорив, що справжня наука починається там, де вимірюють).

Найвідоміша і найзнаменитіша комета в історії людства – це, безумовно, комета Галлея. Чому вона носить це ім'я, адже цю комету спостерігали під час кожного її повернення до Сонця, починаючи з 240 р. до н. е., і цілком можливо, що її бачили китайські спостерігачі небес ще у 1057 р. до н. е. [188]?

Цю історію, мабуть, слід розпочати з 1680 р., коли на небі з'являється яскрава комета. Зовсім молодий (24 роки) англійський астроном Едмонд Галлей (насправді Хеллі – Halley) намагається підігнати її шлях під пряму лінію – згідно з великим Кеплером. Дивовижно, але Й. Кеплер, відкривши на початку XVII ст. закони руху планет (тобто закони еліптичного руху – див. підрозділ 4.1), що стали основою небесної механіки, не

спробував застосувати їх до руху комет. Він чомусь вважав (можливо, за аналогією з ракетами у феєрверку [116]), що комети рухаються прямолінійними траєкторіями. У цьому разі всі комети, що спостерігалися до того часу, логічно було вважати різними – такими собі міжзоряними мандрівниками. Належність їх до Сонячної системи не спадала на думку.

Зі спроб Галлея нічого не виходить. Настає 1682 р., і на небі знову яскрава комета! І знову тяжкі й безплідні пошуки її істинного шляху. Нарешті в серпні 1684 р. Галлей вирішує проконсультуватися в Кембриджі з відомим вже на той час Ісааком Ньютоном. З цього моменту починається їх плідна співпраця і навіть дружба. Спочатку Галлей переконує Ньютона в необхідності оприлюднення результатів його багаторічних досліджень, потім власноруч редагує і видає власним коштом(!) славнозвісну працю І. Ньютона «Математичні основи натуральної філософії» (1687 р.). Поява «Основ» – загально визнана заслуга Е. Галлея. У цьому за словами Н.І. Ідельсона [113] «вічному джерелі гордості всього мислячого людства» Ньютон, по-перше, на основі законів Кеплера виводить закон всесвітнього тяжіння. По-друге, застосовуючи цей закон, він розв'язує задачу двох тіл (Кеплерову задачу), визначає форми їх орбіт. І, по-третє, Ньютон чимало уваги приділяє безпосередньо кометам. Спочатку він доводить [113], що «комети розташовані далі від Місяця і бувають в ділянці планет», і «мають опускатися далеко всередину сфери Сатурна, що й доведено за їх паралаксами». Далі він стверджує, що як і планети, «комети рухаються по конічних перерізах, що мають свій фокус у центрі Сонця та описують радіусами, проведеними до Сонця, площі, пропорційні [відрізкам] часу». Що ж стосується природи комет, то вони «сяють відбитим від них сонячним світлом», а «хвіст є не чим іншим, як найтоншою парою, яку виділяє голова або ядро комети» внаслідок нагрівання Сонцем [113]. Ньютон запропонував також метод обчислення параметрів орбіт комет за декількома їх положеннями у просторі. Безумовно, «Основи» всім цим не обмежуються, але все інше не є предметом нашого розгляду.

Зазначимо, що першу більш-менш слушну гіпотезу щодо природи комет висунув ще Йоганн Кеплер (1619 р.): «Брудна матерія скупчується, утворюючи голову комети. Сонячні промені, падаючи на неї та проникаючи крізь її товщу, знову перетворюють її у найтоншу речовину ефіру і, виходячи з неї, створюють на іншому боці світлу смугу, яку ми називаємо кометним хвостом. Отже, комета, викидаючи із себе хвіст, тим самим руйнує себе і знищується» [45, с. 3] (так само, як ракета у феєрверку). Тут ще і згадки немає про лід, проте є «ефір», і взагалі гіпотеза не була науково обґрунтованою.

Цікаво, що І. Ньютон думав, що комети виконують дуже важливу роль у космосі. Наприкінці «Основ» він пише: «Отже, нерухомі зорі, які поступово витратилися на світло й випаровування, можуть відновлюватися падаючими на них кометами і, одержавши новий запас пального, можуть бути сприйняті за нові зорі» [113, с. 335]. На сьогодні ми знаємо, що такий механізм підтримки світності зір не є ефективним (див. підрозділ 4.2.2), але комети, в усякому разі на Сонце, падають. Це засвідчив на багатьох фотографіях спеціальний космічний апарат «СОХО» (рис. 5.10).

У передмові до «Основ» Е. Галлей написав («Ода Ньютону» [116]):

... Тепер відомі нам
 Комет шляхи круті, що вселяли
 Усім жах. Ми віднині не тремтимо
 Під час появи бородатих зір.

Зверніть увагу на ці «шляхи круті», якими він розпрощався з пресловутими прямолінійними траєкторіями Кеплера.

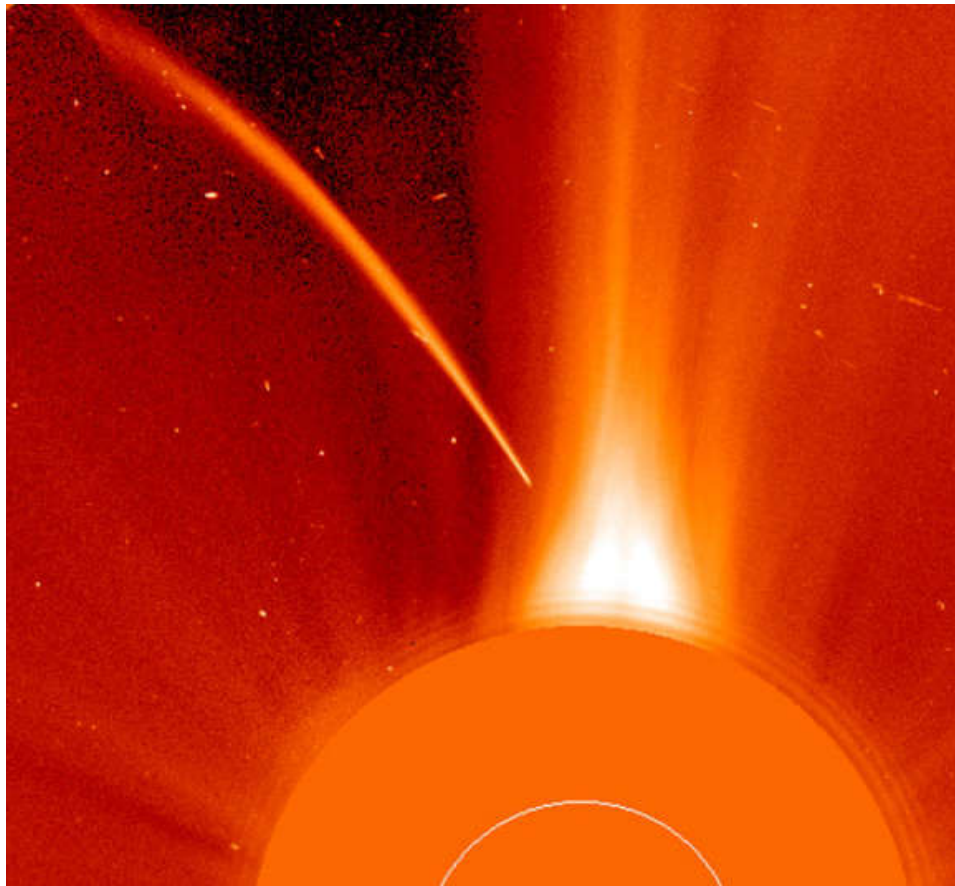


Рис. 5.10. Падіння комети на Сонце, що зареєстроване космічним апаратом «СОХО» 23 грудня 1996 р. Яскраве Сонце на фотографії перекрито спеціальним диском.

Результати, отримані І. Ньютоном, підштовхнули Е. Галлея розпочати власні дослідження кометних орбіт. У різних публікаціях, рукописних джерелах, історичних хроніках він розшукав обставини спостережень комет, що з'явилися після 1337 р., і, закінчивши трудомісткі розрахунки (а труднощі які виникали під час обчислень за відсутності будь-якої обчислювальної техніки були такими ж величезними, як і труднощі теоретичні), у 1705 р. публікує «Нариси кометної астрономії». У цій книжці викладено результати обчислень орбіт 24 комет – фактично перший каталог кометних орбітальних елементів. Галлей помітив, що орбіти трьох комет, що спостерігалися в 1531, 1607 (цю комету описав Кеплер) та 1682 роках, дуже схожі між собою. У «Нарисах» він писав: «...схожість елементів трьох комет... була б дуже дивною, якщо це були б три різні комети або якщо це не було б повернення однієї й тієї комети з еліптичною (курсив наш – Авт.) орбітою, що проходить біля Сонця і Землі. Отже, якщо згідно з нашим передбаченням вона з'явиться поблизу 1758 року, то чесні й неупереджені нащадки не відмовляться визнати, що першим це відкрив англієць» [116, с. 51; 188, с. 10].

Зазначимо, що оскільки комети вважалися міжзоряними мандрівниками, то Галлей розраховував параболічні орбіти. Але дійсна, тобто еліптична орбіта комети Галлея має дуже великий ексцентриситет: еається до одиниці, а за ев афелії розривається і стає параболою. Тому, зважаючи на не дуже точні спостереження, це припущення Галлея не внесло великих похибок у визначення перигелійної відстані, нахилу орбіти та інших елементів. Тільки велика піввісь, афелійна відстань та період обертання лишилися невизначеними.

З цього погляду дивує опис відкриття Галлея у підручнику М.П. Пришляка [241, с. 82]: «...він вивчив стародавні літописи і звернув увагу на те, що одна з комет з'являлася на небі з постійним періодом 76 років. За допомогою третього закону Кеплера Галлей визначив велику піввісь орбіти та передбачив її появу у 1758 р.» У цьому разі спрощення

викладення матеріалу призвело до його викривлення.

До недоліків цього розділу підручника слід віднести також те, що на рис. 11.9 [241] комета зображена з двома хвостами (так само на фотографії на рис. 11.8), але описується тільки пиловий хвіст і дія на нього сонячного вітру, і нічого не говориться про другий хвіст – газовий, та дію на нього тиску сонячного світла.

Якщо вже торкнулися недоліків підручників, то в іншому [112, с. 98] також є дивовижна фраза у аналогічному розділі: «Від ступеня витягнутості еліпса залежить і період обертання комети навколо Сонця». Насправді період обертання комети, планети, астероїда, будь-якого космічного тіла жодним чином від ексцентриситету не залежить! Це довів відносно планет ще Й. Кеплер своїм третім законом (період залежить тільки від великої півосі еліпса) і остаточно підтвердив І. Ньютон, коли після відкриття закону всесвітнього тяжіння уточнив третій закон Кеплера, ввівши туди маси, але не ексцентриситети.

Передбачена комета трохи запізнилася. Хоча її очікували й шукали, у тому числі відомий «ловець комет» і автор першого каталогу туманностей Шарль Мессьє, але вперше виявили аж на Різдво (25 грудня) 1758 р. (німецький аматор астрономії Й.Г. Палич, який за це пізніше отримав титул барона), а перигелій вона пройшла 13 березня 1759 р., тому формально її вважають кометою 1759 р. Таке запізнення легко пояснюється збурювальним впливом планет-гігантів, повз які пролягав шлях комети. Середній період її обертання навколо Сонця дійсно становить 76 років, але внаслідок збурень її руху планетами він коливається від 74 до 79 років. Це розуміли вже в ті часи. Саме в очікуванні комети вперше обчислення такого впливу з боку Сатурна і Юпітера здійснив французький математик А.К. Клеро з помічниками, при цьому вперше в історії науки були застосовані числові методи інтегрування. Виявилось, що похибка в моменті проходження перигелію склала всього місяць – дуже непоганий для можливостей того часу результат.

Галлею не судилося дожити до передбаченої ним події. Він, будучи вже впродовж 22 років директором Гринвіцької обсерваторії (Королівським астрономом – до речі, другим після її заснування), помер у своєму кріслі 14 січня 1742 р. у віці 86 років. Але нащадки не забули того, хто вперше науково обґрунтовано передбачив появу комети. Після тріумфальної появи її назвали його ім'ям.

Цікаво, що Е. Галлей був успішним та різнобічним ученим, але хто сьогодні згадує, що він, наприклад, першим виявив власні рухи зір, або є фактично засновником геофізики та метеорології. Галлей за влучним висловлюванням Н. Колдера [116] «потонув у сяйві слави своєї комети».

Насамкінець можна зробити такі висновки:

1. Темі «Комети» вчитель має приділити особливу увагу, оскільки ці космічні тіла відіграли величезну роль у розвитку наших уявлень про Сонячну систему, в розвитку астрономії та науки взагалі. Історія спостережень яскравих комет є невід'ємною складовою історії нашої цивілізації, нашої культури. Викладання цієї теми так, як показано в даному підрозділі, сприятиме подоланню розмежованості двох культур – природничонаукової і гуманітарної.

2. Історичний підхід до викладу цієї теми дає змогу показати особливу роль комети Галлея в історії астрономії, її методологічне, світоглядне та культурологічне значення, і вчитель повинен розставляти відповідні акценти. На прикладі цієї комети Е. Галлей уперше довів, що комети рухаються не по прямих лініях, як вважалося до Ньютона, не тільки по параболічних або гіперболічних орбітах, як вважав сам Ньютон, а й по еліптичних траєкторіях. А це означало, що комети є повноправними членами Сонячної системи, вони, як і планети, обертаються навколо Сонця. Це була перша комета, наступну появу якої вдалося передбачити.

3. Дослідження гравітаційної взаємодії комет з планетами, поблизу яких вони пролітали, виявили значні зміни орбіт комет, і ці знання зараз ефективно використовуються в космонавтиці для здійснення пертурбаційних маневрів космічних апаратів у полі тяжіння планет для точної і швидшої доставки апарата в певну точку

Сонячної системи.

4. Комета Галлея здобула першу перемогу закону всесвітнього тяжіння. Фактично на той час це було єдиним переконливим доведенням правильності та універсальності цього закону (наприкінці XVIII ст. навіть виготовили фарфорову медаль, на якій поруч з Ньютоном зображено комету – рис. 5.11). Це був і тріумф науки взагалі. Про це у жодному з підручників астрономії – ні слова.

5. Прикрі помилки стосовно комет, що мають місце у шкільних підручниках, необхідно виправити в наступних перевиданнях.

Рис. 5.11. Ісаак Ньютон, увіковічений на медаль XVIII ст.

6. Нині ми знаємо, що й еліптичні орбіти тяжіння можливі тільки в ізотропному і тотожному просторі з однорідності часу (підрозділ 4.2.1). Так оскільки це пов'язано з фундаментальними властивостями простору та часу, ідеями фізики (ідеї симетрії та збереження енергії) має дуже важливі світоглядні наслідки і є основою формування єдиної астрофізичної картини Всесвіту.

Матеріал цього підрозділу викладений у співавторстві з видатним українським астрономом у монографії [154].

5.4. Посилення ролі доведень під час викладу на прикладі теми: «Внутрішня будова Сонця»

Астрономія – частина сучасної науки, яка вимагає віри. Цим принципом слід керуватися.

Досвід роботи автора зі студентами старших курсів і вчителями на курсах підвищення кваліфікації свідчить про те, що переважна більшість з них часто не спроможна відокремити істину від псевдонауки. Для них характерне некритичне ставлення до змісту надрукованого в пресі або побаченого по телевізору (і ми вже звертали на це увагу). На жаль, сучасна система освіти не прищеплює критичного, вдумливого ставлення до інформації, особливо до друкованого слова. Звідси й значне поширення, у тому числі й серед осіб з вищою педагогічною освітою, різноманітних езотеричних, містичних та астрологічних теорій.

Можна погодитися з авторами [249], що навчальне пізнання стерильне від багатьох форм розумових операцій, що властиві науковому пізнанню. Воно зводиться в основному до запам'ятовування готових істин.

Учнів і студентів не вчать задавати собі запитань: «Чому?», «Чому так, а не інакше?», «Що сталося б, якби?» і доказово, з розрахунками та оцінками відповідати на них.

«Для організації навчального процесу існує така дилема. Або процес навчання є науковим, і учень розуміє, усвідомлює що є що: де вихідні факти, у чому суть моделі-гіпотези, як із прийнятих постулатів здобувають теоретичні висновки, які експериментальні доведення того, що побудована



теорія – істинна. Або учень не відрізняє категорій здобутої інформації, не розуміє їх значення у процесі пізнання — тоді він приречений на механічне заучування навчального матеріалу... Таке навчання викликає огиду до предмета, що, на жаль, буває дуже часто» [234].

Ми вже вказували на таку особливість навчального предмету «астрономія», як складність доведень деяких положень астрономічної науки (підрозділ 1.2). Водночас астрономічна освіта майбутнього вчителя астрономії має бути побудована так, щоб усі теоретичні міркування, висновки були аргументованими, переконливими. Тому особливої актуальності під час підготовки вчителя набуває діяльнісний підхід. Безумовно, цей підхід реалізується, головним чином, через практикум із розв'язування астрономічних задач, лабораторний практикум і семінари (підрозділ 3.4). Проте деякі можливості застосування діялісного підходу є й на лекціях, де можна відкривати істини разом із студентами в результаті активної розумової діяльності.

Схема діяльності викладача на лекції може бути такою: студентам пропонується дати своє пояснення, свою модель якогось явища, що починають вивчати. Далі за допомогою викладача потрібно знайти в цій моделі сильні та слабкі сторони, і лише потім звернутися до пояснення, яке дає наука. Адже іноді достатньо зробити елементарний розрахунок, щоб переконатися в помилковості або вірності запропонованої гіпотези.

Покажемо, як це можна зробити на прикладі з'ясування внутрішньої будови зір. Як же разом із студентами дізнатися, що робиться в надрах зір? Оскільки астрофізика, як і фізика, має справу з моделями, які з певним наближенням описують астрономічні явища і об'єкти, відкидаючи менш важливі деталі, то це дає змогу аналізувати ці явища і об'єкти за допомогою сучасної фізики і математики.

Отже, спочатку доводимо, що зорі – газові кулі. Щодо зовнішніх шарів, то це можна зробити, посилаючись на результати спектрального аналізу. Щодо внутрішніх шарів це твердження не є очевидним, тому що середня густина, наприклад, Сонця більша, ніж густина води, а саме . Переконатися в тому, що і внутрішні шари перебувають у газоподібному стані, можна, якщо оцінити температуру зоряних надр, виходячи з умов механічної рівноваги зорі. Але цю рівновагу треба пояснити. Розглянемо дві гіпотези : гравітація повністю відсутня і є тільки гравітація [179].

Гіпотеза перша: відсутність гравітації. Аналізуємо, які наслідки випливають з такого припущення. Зоря, напевно, буде розширюватися, розпливатися у просторі. Можна оцінити час розпливання зорі, прийнявши, що воно відбувається з тепловою швидкістю атомів Гідрогену за температури зовнішніх шарів зорі. Якщо як характерну швидкість розпливання зорі взяти середньоквадратичну швидкість атомів газу фотосфери Сонця з

, то

(5.4.1)

де m – маса атома Гідрогену (наявністю Гелію та інших хімічних елементів нехтуємо), і тоді

$$(5.4.2)$$

Отже, за відсутності гравітації Сонце збільшило б свої розміри в 10 разів приблизно за тиждень. Що протидіє цьому процесу розпливання? Власна гравітація.

Гіпотеза друга: є лише гравітація. У цьому разі можливо оцінити час колапсу зорі (час вільного падіння зовнішніх шарів усередину – так званий гідродинамічний час). Це можна зробити кількома способами [143]. Дуже просто оцінити гідродинамічний час припускаючи, що прискорення вільного падіння зовнішніх шарів зорі до центру є сталим і таким, яким воно є, наприклад, на видимій поверхні Сонця:

$$(5.4.3)$$

Використовуючи відому кінематичну формулу і зважаючи на те, що зовнішні шари починають падати із стану спокою,

$$(5.4.4)$$

отримуємо

$$(5.4.5)$$

Отже, для Сонця гідродинамічний час, обчислений у такий спосіб, становить трохи більше, ніж півгодини (точніші розрахунки можна зробити на практичному занятті – різні способи наведено, наприклад, у навчальному посібнику автора [143]). Сонце існує вже 5 млрд років. Це означає, що зоря перебуває в рівновазі: Сонце не змінює свої розміри і світлість не тільки в нас на очах, але й впродовж всієї історії Землі як планети, про це свідчать геологічні дані. Це можливо тому, що для кожного елемента маси зорі сила гравітації, яка діє в напрямку до центра зорі, врівноважується різницею сил тиску, що діють на той самий елемент «знизу» і «зверху» (так звана гідростатична рівновага).

З'ясувавши умову рівноваги зір, можна обчислити їх середню температуру. Тиск, зумовлений гравітацією, дуже просто розрахувати для однорідної зорі, якщо визначити тиск, що виникає між двома половинками зорі в результаті їх притягання однієї до одної (рис. 5.12). Принагідно зазначимо, що інші способи оцінки тиску і температури всередині зорі наведено у посібнику «Зорі» [143].

Вважаючи, що центри мас половинок зоряної кулі перебувають на відстані R , дістаємо

$$(5.4.6)$$

де враховано, що

$$(5.4.7)$$

і ρ – середня густина речовини зорі, яка передбачається сталою за радіусом.

Для того щоб визначити температуру, слід використати зв'язок між температурою і тиском зоряної речовини, тобто рівняння стану цієї речовини.

Тут також потрібно висувати гіпотезу: *зоряні надра описуються моделлю ідеального газу*. І тоді можна використовувати рівняння Менделєєва-Клапейрона. Оскільки за умовою гідростатичної рівноваги в кожній точці зорі r , де P – тиск газу, то середню температуру зорі знаходимо з рівності

$$(5.4.8)$$

де μ – відносна молекулярна маса зоряної речовини. Тут ми свідомо використали рівняння Менделєєва-Клапейрона зі сталою Больцмана, а не універсальною газовою сталою. З рівності (5.4.8) отримуємо

$$(5.4.9)$$

Розрахуємо середню температуру Сонця. Далі ми покажемо як визначається відносна молекулярна маса зоряної речовини, а тут для розрахунків використаємо відоме значення для Сонця $\mu = 0,6$. Тоді дістаємо

За такої температури речовина може перебувати лише в газоподібному стані, більше того – в іонізованому (відомо, що температура іонізації Гідрогену ~ 105 К). Проте використання рівняння Менделєєва-Клапейрона потрібно обґрунтувати.

Спочатку доведемо, що Сонце (як і інші зорі) – газова куля.

Відомо, що в рідинах молекули майже стикаються одна з одною. В надрах Сонця за густин, значно більших густини води, атоми Гідрогену іонізуються тиском. У результаті розмір частинок зменшується на п'ять порядків (замість атомів з'являються голі ядра та електрони), а об'єм, який займає одна частинка, – на п'ятнадцять порядків (див. далі). Зрозуміло, що ядра будуть стикатися одне з одним лише за ядерної густини ($\rho \sim 10^{10}$ г/см³).

Це дуже далеко від умов, навіть, у центрі Сонця, де густина $\rho \sim 10^5$ г/см³.

Разом із густиною, агрегатний стан зоряної речовини визначається температурою. Щоб частинки плазми рухалися вільно, тобто утворювали газ, необхідно, щоб їх кінетична енергія kT значно перевищувала енергію кулонівської взаємодії

$$(5.4.10)$$

де \bar{r} – середня відстань між частинками.

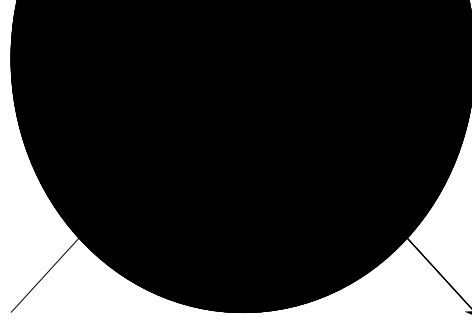
Оскільки концентрація частинок за порядком величини $n \sim 10^{24}$ см⁻³

$$(5.4.11)$$

а з іншого боку

$$(5.4.12)$$

отримуємо умову для температури



(5.4.13)

Для центральної густини Сонця
має бути

Відомо, що у центрі Сонця . Отже, навіть, за такої великої густини речовина у центрі Сонця через високу температуру лишається газом.

Слід зазначити, що ця умова для температури виконується всюди у надрах Сонця, а не тільки в його центрі. Тому Сонце – повністю газова куля.

Тепер згадаємо критерій ідеальності газу і порівняємо середню відстань між частинками сонячної речовини з розмірами самих частинок.

Щоб визначити розміри самих частинок потрібно з'ясувати фізичний стан сонячної речовини. Згідно з сучасною моделлю Сонця температура у центрі досягає . За таких температур газ перебуває у стані повної іонізації. Тому розмірами частинок можна вважати розміри самих ядер (зрозуміло, що переважно це протони). За такий можна взяти радіус дії ядерних сил .

Далі оцінюємо середню відстань між частинками. Знаючи густину Сонця в центрі й масу частинок, які там перебувають, обчислюємо їх концентрацію

(5.4.14)

де відносна молекулярна маса μ враховує хімічний склад сонячної речовини та її повну іонізацію, а m_p – маса протона. Величина, обернена до концентрації, – це об'єм, який припадає на одну частинку

(5.4.15)

Середня відстань між частинками є відстанню між центрами цих об'ємів. Вважаючи ці об'єми сферичними (рис. 5.13), отримуємо (для)

(5.4.16)

Отже, . Очевидно, що саме іонізація в надрах Сонця «врятовує» модель ідеального газу.

В оцінюванні середньої температури Сонця використовувалась сонячна відносна молекулярна маса μ . Щоб викладач не виглядав голослівним, він має вміти її розраховувати. Покажемо, як це робиться.

Відомо, що енергія іонізації Гідрогену дорівнює E_H , що відповідає температурі іонізації T_H . Гелій, з енергією іонізації E_{He} , повністю іонізується за температури T_{He} . Оскільки оцінена нами середня температура Сонця має значення T_{\odot} , то його речовина майже по всій масі є повністю іонізованою. Це дає змогу порівняно просто визначити відносну молекулярну масу сонячної речовини.

Якби речовина складалася лише з атомарного Гідрогену, то $\mu = 1$. Для іонізованого Гідрогену $\mu = 0.5$, оскільки замість одного атома виникає дві частинки – протон і електрон. Аналогічно для нейтрального Гелію $\mu = 4$, а для повністю іонізованого Гелію $\mu = 2$, оскільки в результаті повної іонізації кожен атом Гелію дає три частинки: ядро і два електрони. Для важчих хімічних елементів наближено виконується співвідношення $\mu = A/Z$, де A – атомна маса, Z – атомний номер у таблиці Менделєєва. Проте атом з атомним номером Z в результаті повної іонізації розпадається на Z частинок, тому

$$\mu = \frac{1}{Z} \quad (5.4.17)$$

Так, наприклад, для Карбону ($A=12$, $Z=6$) в результаті повної іонізації $\mu = 2$, для Феруму ($A=56$, $Z=26$) – $\mu \approx 2.15$.

Позначимо масові частки Гідрогену і Гелію у сонячній речовині, як звичайно, через X та Y відповідно. Тоді масова частка всіх інших хімічних елементів буде $1 - X - Y$ і для відносної молекулярної маси даної суміші справедлива формула

$$\mu = X + 4Y + (1 - X - Y)\mu_{\text{other}} \quad (5.4.18)$$

За повної іонізації дістаємо

$$\mu = X + 2Y + (1 - X - Y)\mu_{\text{other}} \quad (5.4.19)$$

Тоді для стандартної моделі Сонця ($X=0.75$, $Y=0.25$) отримуємо $\mu = 0.75 + 0.5 = 1.25$.

Під час з'ясування фізичного стану сонячної речовини ми вважали, що гравітація стримується тільки газовим тиском. Проте за мільйонів кельвінів, можливо, слід ураховувати ще й тиск випромінювання. Щоб переконатися в правильності наших розрахунків, оцінимо внесок тиску випромінювання у гідростатичну рівновагу Сонця.

Відомо, що тиск випромінювання визначається формулою

$$P_{\text{rad}} = \frac{1}{3} a T^4 \quad (5.4.20)$$

де a – стала густини випромінювання чорного тіла, σ – стала Стефана-Больцмана.

Знайдемо відношення тиску випромінювання до газового тиску $P_{\text{rad}}/P_{\text{gas}}$ у деякій середній точці Сонця

(5.4.21)

Для та отримуємо

(5.4.22)

У центрі Сонця температура значно вище середньої, але набагато сильніше зростає густина, тому неважко переконатись, що

(5.4.23)

Отже, для Сонця тиск випромінювання можна не враховувати.

Для Сонця тиск випромінювання зрівнявся б із газовим тиском у деякій середній точці за температури, на порядок вищій, ніж є насправді.

Отже, розглядаючи різні гіпотези і виконуючи нескладні розрахунки (а це є обов'язковим елементом), можна довести, наочно обґрунтувати основні положення сучасної теорії внутрішньої будови зір. Крім того, відомі студентам положення фізики в астрономічних явищах постають в інших ракурсах, глибше розкриваючи свій зміст. Це, наприклад, стосується такої відомої фізичної моделі, як ідеальний газ. Виявляється, що «ідеальним» може бути не лише розріджений газ, а й газ у центрі зір, де його густина досягає $\sim 105 \text{ кг/м}^3$.

Викладання матеріалу, що спирається на доведення, формує у майбутніх учителів науковий стиль мислення, розвиває навички аналізувати явища і давати їм наукові пояснення, сприяє розвитку творчого мислення і здібностей, посилює інтерес до навчального предмета, підвищує врешті-решт ефективність навчання (праксеологічний підхід).

Доведенням під час навчання астрономії присвячена стаття [179] і підрозділ у монографії [154] автора.

Висновки до п'ятого розділу

1. Ілюстрацією втілення аксіологічного, системного, синергетичного, культурологічного, історичного, контекстного, діяльнісного, компетентнісного, задачного, праксеологічного підходів є даний розділ дисертації.

2. Діяльнісний, а саме задачний підхід ми пропонуємо використовувати під час вивчення шкал і систем відліку часу. Відповідні висновки зроблені в кінці підрозділу 5.1.

3. Ми пропонуємо оптимальну, на нашу думку, методику формування одного з головних базових понять «планета», починаючи з його визначення (цей етап досі не висвітлений в існуючих підручниках) і закінчуючи розглядом теми «Екзопланети». При цьому згідно з принципом фундаменталізації здійснюються певні змістові узагальнення, які наповнюють поняття «планета» новим і глибоким змістом.

4. Доречним ми вважаємо застосування історичного і культурологічного підходів під час формування головного базового поняття «комета». При цьому відповідні акценти мають бути зроблені на деяких методологічних аспектах астрономії як науки, формуванні наукового світогляду засобами астрономії. Відповідні висновки також зроблені в кінці підрозділу 5.3.

5. Майбутній учитель має вміти здійснювати доведення тверджень, враховуючи особливості астрономії як науки і як навчальної дисципліни (підрозділ 1.2). Особливо це

стосується природи і еволюції далеких зір. Вивчення матеріалу, яке спирається на доведення, формує у майбутніх учителів науковий стиль мислення, розвиває навички аналізувати явища і давати їм наукові пояснення, формує науковий світогляд.

РОЗДІЛ 6

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНДАМЕНТАЛІЗАЦІЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ АСТРОНОМІЇ

6.1. Критерії ефективності фундаменталізації підготовки

Важливо, щоб реалізація фундаменталізації на практиці приносила бажані результати, відповідала задекларованим цілям. Виникає запитання: як перевіряти ефективність процесу фундаменталізації? Як діагностувати цей процес? Свої варіанти критеріїв ефективності запропонували, наприклад, С.Я. Казанцев [102] і Г.Я. Дутка [82], проте у першому випадку це стосувалося фундаменталізації підготовки майбутніх юристів, а у іншому – математичної підготовки майбутніх економістів. Запропоновані критерії доволі специфічні і не можуть бути механічно перенесені на інші спеціальності або напрями підготовки. Представимо свій погляд на цю проблему.

Розглядаючи фундаменталізацію навчання за загальноприйнятою схемою організації будь-якої діяльності, цілком логічно здійснювати її на трьох рівнях: когнітивному (змістовому, інформаційному), діяльнісному, особистісному. Тому й критерії ефективності фундаменталізації зручно об'єднати у три групи: когнітивних, діяльнісних і особистісних критеріїв.

Когнітивну складову, наприклад, можна перевіряти, аналізуючи, наскільки студенти усвідомлюють стрижневі ідеї, що пронизують астрономічну освіту, їхні знання методів астрономії, спроможність відтворювати і пояснювати структурно-логічні схеми і причинно-наслідкові зв'язки між поняттями, законами і теоріями, між властивостями об'єктів і спостережуваними явищами на предметному та міжпредметному рівнях (це все можна розглядати як показники методологічної культури).

Проте серед можливих критеріїв ми обрали такі, показники яких без особливих зусиль піддаються діагностуванню, або для оцінки яких існують добре розроблені методики. Обрані критерії, їх показники і методи діагностики представлені у табл. 6.1.

На нашу думку, фундаменталізація навчання має призводити до підвищення якості знань, а саме таких її показників як системність, глибина, гнучкість, узагальненість і міцність. Під системністю знань ми розуміємо, як зазвичай, усвідомлення структури знань, їх ієрархії і послідовності (усвідомлення одних знань як базових для інших); під глибиною – усвідомленість існуючих зв'язків між знаннями (їх елементами, структурами) та шляхами їх отримання; під гнучкістю – вміння застосовувати набуті знання у стандартних і нестандартних ситуаціях; під узагальненістю – здатність підвести конкретні знання під загальні; під міцністю – тривалість збереження знань у пам'яті, відтворення їх в необхідних ситуаціях. Для оцінювання якості знань за цими показниками нами розроблені спеціальні тести [167] і діагностичні контрольні роботи.

Використання тестів у навчальному процесі є доцільним, а часом і необхідним, оскільки має ряд переваг. Тестова перевірка дає змогу ефективно використати час, висуває до всіх студентів однакові вимоги, усуває суб'єктивізм. Тестування також є зручним для статистичної обробки результатів перевірки.

Тестові завдання, розміщені у посібнику [167], повністю охоплюють загальний курс астрономії і поділені на п'ять розділів: основи практичної астрономії (70 завдань), Сонячна система (97), методи та засоби астрономічних досліджень (45), зорі (91), Галактика та Метагалактика (68).

Для різносторонньої перевірки основних показників якості підготовки майбутніх фахівців тести представлені у вигляді різних типів завдань:

- завдання з вибором однієї правильної відповіді;
- завдання множинного вибору правильних відповідей;
- завдання на встановлення відповідності;

- завдання на встановлення правильної послідовності.

Таблиця 6.1

Методика оцінки ефективності фундаменталізації підготовки
майбутнього вчителя астрономії

Критерії ефективності фундаменталізації	Показники	Методи діагностики
1	2	3
Когнітивні		
Якість знань	Системність, глибина, гнучкість, узагальненість, міцність знань	Тестування. Діагностичні контрольні роботи (поточні, підсумкові). Узагальнена та покомпонентна оцінка показників якості за різними видами навчальної роботи студента. Результати семестрових іспитів
Діяльнісні		
Рівень професійної культури майбутнього вчителя астрономії	Ступінь сформованості вмінь: пояснювати астрономічні явища, організовувати та проводити навчальні астрономічні спостереження, розв'язувати астрономічні задачі	Узагальнений аналіз успішності студентів через вивчення продуктів їх діяльності, академічних журналів, екзаменаційних відомостей тощо
Наявність у студентів певного досвіду творчої діяльності	Уміння комбінувати новий спосіб діяльності із вже відомих; уміння виявляти проблеми та розв'язувати їх, формулювати гіпотези та перевіряти їх; уміння розв'язувати творчі задачі	Тестування, діагностичні контрольні роботи
Особистісні		
Сформованість цілісної астрофізичної картини світу (як частини наукової картини світу), наукового світогляду	Застосування знань з формулюванням філософських положень і за наявності перешкод; високий рівень діалектичного мислення (робота з суперечностями «і-і», «ні-ні» водночас) [294]	Тестування, діагностичні контрольні роботи, оцінка успішності виступів на семінарах

Продовження таблиці 6.1

1	2	3
Мотивація діяльності	Рівень і характер мотивів студентів у вивченні астрономії для майбутньої професійної діяльності, у неперервній освіті та саморозвитку	Анкетування
Рефлексія діяльності	Компетентнісна самооцінка результатів й перебігу вирішення навчально-пізнавальних завдань	Анкетування

Серед тестів є завдання на перевірку теоретичної підготовки студентів, завдання, які потребують для відповіді проведення елементарних розрахунків чи логічних міркувань, а також графічні завдання. Кожне завдання складається з запитання та чотирьох варіантів відповіді. Кожен варіант відповіді необхідно аналізувати окремо, незалежно від інших відповідей. Отже, правильних варіантів відповіді може бути один, два, три або чотири. Завдання без жодної правильної відповіді у посібнику відсутні.

Тестування зазвичай проводиться у наступній формі. Кожне твердження у відповідях студент оцінює одним із трьох варіантів: «так» (якщо він згоден із запропонованим твердженням), «ні» (якщо не згоден, тобто вважає його помилковим) і «не знаю» (якщо вагається з відповіддю).

Оцінювання правильності виконання тестових завдань викладач виконує так. За правильний варіант відповіді студент отримує «+1» бал, за неправильне «-1» бал, а за відповідь «не знаю» – «0» балів. Отже, за одне завдання можна набрати від -4 до +4 балів. Критерії оцінювання роботи загалом такі (табл. 6.2):

Така форма оцінювання дає змогу максимально об'єктивно оцінити рівень підготовки студента з загального курсу астрономії та зменшує ймовірність вгадування відповідей.

Тести можуть бути застосовані для проведення поточного, тематичного та підсумкового (атестації із змістовних модулів) контролю знань і певних спеціальних компетенцій студентів.

Таблиця 6.2

Критерії оцінювання за результатами тестування

% від максимальної кількості балів	Оцінка
90 і вище	5 (A)
80 – 89	4,5 (B)
70 – 79	4 (C)
60 – 69	3,5 (D)
50 – 59	3 (E)
нижче 50	2 (FX)

Рівень професійної культури майбутнього вчителя астрономії можна оцінювати за багатьма показниками. Проте, щоб не ускладнювати моніторинг начальної діяльності, вважаємо за достатнє обмежитись тільки тими, що наведені у табл. 6.1.

Розвиток творчого (критичного, гнучкого, конструктивного) мислення, можна контролювати за допомогою розвинених методик під час розв'язування творчих задач і виступів на семінарах. При цьому оцінюються уміння розв'язувати спеціально підібрані творчі задачі та завдання, які розвивають такі показники творчого мислення як оригінальність, гнучкість, точність (точність дій у неоднозначній ситуації), швидкість. Таких задач багато є у підготовлених нами навчальних посібниках [143; 166]. Найбільш об'єктивним і технологічним методом виявлення рівня творчого мислення і діяльності є спеціальне (дидактичне) тестування. При цьому тестові завдання можуть бути як у відкритій, так і у закритій формі, але в останньому разі перелік відповідей (тверджень) має містити більше однієї правильної відповіді (хоч усі).

Сформованість астрономічної картини світу, наукового світогляду можна контролювати, на нашу думку, окрім спеціального тестування і діагностичних контрольних робіт ще й на семінарських заняттях.

Що стосується рівня мотивації до пізнавальної діяльності, то нами були розроблені спеціальні анкети для виявлення ставлення студентів до астрономії, які ми пропонуємо на початку і наприкінці її вивчення (додаток Б). Спеціальна анкета була розроблена також для виявлення співвідношення між зовнішніми та внутрішніми мотивами до навчання (

додаток В).

Рефлексію навчальної діяльності можна досліджувати за допомогою анкети, розробленої для виявлення рівня сформованості навичок самоконтролю у студентів, а також їх критичності та самокритичності (додаток Г).

Критерії ефективності фундаменталізації підготовки вчителя астрономії було обґрунтовано у статті автора [147].

6.2. Організація педагогічного експерименту з перевірки ефективності фундаменталізації підготовки вчителя астрономії

Планування педагогічного експерименту здійснювалось з урахуванням теоретичних засад проведення експериментальних досліджень в педагогіці і психології, викладених у працях М.І. Грабарь, К.А. Краснянської [65], Є.В. Сидоренко [270] та загальноприйнятих методів статистичних досліджень (наприклад, В.Є. Гмурман [58]).

Очевидно, що для об'єктивності і чистоти експерименту взаємодія студентів в астрономічному ОС має здійснюватись з одним й тим самим викладачем, що дає змогу уникнути впливу на результати навчання майстерності (або її недостатньої наявності) інших викладачів. До того ж створити абсолютно ідентичні умови для проведення експерименту в різних навчальних закладах (наприклад, за кількістю годин, за формами організації занять тощо) практично нереально. Тому більша частина результатів була отримана в Херсонському державному університеті. На жаль з 2000 р. Херсонський державний університет (тоді ще педагогічний університет) став набирати одну групу фізиків, яких саме і готують до викладання астрономії. Тому експеримент довелося розтягнути в часі.

У експерименті брали участь студенти-фізики Херсонського державного університету і Миколаївського національного університету ім. В.О. Сухомлинського. Вибір МНУ зумовлений тим, що напрями підготовки у даному разі співпадають і кількості навчальних годин із загального курсу астрономії і курсу методики навчання астрономії майже не відрізняються. До того ж близькість розташування сприяла оперативній співпраці під час тестування і анкетування.

Педагогічний експеримент з реалізації нової моделі підготовки вчителя астрономії проводився у два етапи. На першому етапі (2003–2007 роки навчання), який можна назвати констатувальним, студенти навчались у створеному астрономічному освітньому середовищі, але без застосування принципу фундаменталізації.

На цьому етапі вирішувались такі завдання:

- вивчення нормативних документів та матеріалів з організації навчально-виховного процесу у загальноосвітніх і вищих навчальних закладах з метою виявлення відповідності задекларованих цілей астрономічної освіти і рівня її якості як у середній, так і у вищій школі;
- аналіз наявного методичного забезпечення навчального процесу у вищих педагогічних навчальних закладах з метою виявлення його відповідності моделі підготовки вчителя астрономії та умов, за яких вона може дати позитивний результат;
- дослідження стану готовності випускників вищих педагогічних навчальних закладів відповідного напрямку підготовки до викладацької діяльності з астрономії у загальноосвітніх навчальних закладах;
- моніторинг навчального процесу за показниками відповідних критеріїв, наведених у табл. 6.1.

Для розв'язання цих завдань використовувались такі методи дослідження як: аналіз нормативних документів та ОКХ і ОПП підготовки вчителів фізики та астрономії, навчальних планів і робочих програм з астрономії; аналіз змісту екзаменаційних білетів; анкетування студентів і вчителів; кількісний аналіз результатів виконання контрольних і самостійних робіт та результатів складання екзаменів, тестування та анкетування.

На формувальному етапі педагогічного експерименту (2007–2011 роки), нами проектувалась нова модель підготовки вчителя астрономії та обґрунтовувалися педагогічні умови її реалізації, в контексті фундаменталізації уточнювалися структура і зміст компонентів моделі, сучасного астрономічного ОС, призначеного для підготовки вчителя астрономії, розроблялася методика реалізації педагогічних умов і сучасних освітніх підходів, необхідних для ефективного функціонування даного астрономічного ОС, здійснювалась підготовка комплексу необхідних педагогічних засобів, аналізувався хід та результати експерименту.

Мета формувального експерименту полягала в перевірці ефективності розробленої методичної системи, яка була створена в контексті фундаменталізації освіти.

На цьому етапі експерименту ставились такі завдання:

- забезпечити реалізацію педагогічних умов, дотримання яких робить розроблену модель підготовки вчителя астрономії результативною;
- здійснювати моніторинг навчального процесу за критеріями, представленими в табл. 6.1;
- провести обробку результатів педагогічного експерименту у вигляді: кількісного та якісного аналізу результатів контрольних зрізів якості підготовки майбутніх учителів, результатів тестування і анкетування, статистичного обґрунтування достовірності змін у показниках обраних критеріїв ефективності фундаменталізації.

Загалом у експерименті брали участь 170 студентів ХДУ і 79 студентів МНУ ім. В.О. Сухомлинського. Контрольна вибірка становила 122. а експериментальна – 127 студентів.

Для проведення експерименту були застосовані такі методи: теоретичні (аналіз, порівняння, узагальнення, систематизація); емпіричні (спостереження, опитування, тестування, анкетування), а також методи математичної статистики та комп'ютерна обробка отриманих результатів діагностування.

На завершальному етапі педагогічного експерименту (2011 р.) оформлялися результати експериментальної роботи, аналізувалися та узагальнювалися підсумки теоретико-експериментального дослідження, формулювалися теоретичні й практичні висновки.

За результатами дисертаційного дослідження були підготовлені й упроваджені у практику навчально-методичні матеріали [143, 166, 167].

6.3. Результати педагогічного експерименту

Для чистоти експерименту успішність у контрольній (КВ) і експериментальній (ЕВ) вибірках до початку навчання астрономії мала бути приблизно однаковою. Щоб це перевірити, були обрані дві професійно-орієнтовані дисципліни, які студенти вивчають на третьому курсі: одна з загального курсу фізики, а саме «Квантова фізика», інша – з теоретичного курсу, а саме «Класична електродинаміка».

Порівняння успішності студентів КВ і ЕВ дає підстави для висновку, що їх розподіли за рівнями досягнень з цих дисциплін можна вважати приблизно однаковими. Це наочно ілюструє гістограма на рис. 6.1.

Для статистичного підтвердження відсутності відмінностей між КВ і ЕВ був використаний критерій Пірсона (χ^2). Цей критерій є ефективним для виявлення відмінностей у двох вибірках навіть різного об'єму, не потребує знання закону розподілу випадкової величини, параметрів розподілу, і достатньо простий і наочний в розрахунках. Єдине, за чим потрібно слідкувати, так це щоб кількість об'єктів, що потрапляють у певну групу, не була дуже малою (зазвичай, не менше 7 [58; 65; 270]).

Розрахунки значення критерію χ^2 здійснювалися за формулою [65], яка застосовується у разі вибірок різного об'єму:

(6.3.1)

де n_1 і n_2 – об'єми контрольної і експериментальної вибірок, Q_{1i} та Q_{2i} – кількість об'єктів КВ та ЕВ, які потрапили до категорії відповідного стану досліджуваної властивості ($i = 1, 2, 3, 4, 5$, що відповідає оцінкам: 3, 3,5, 4, 4, 5 і 5).

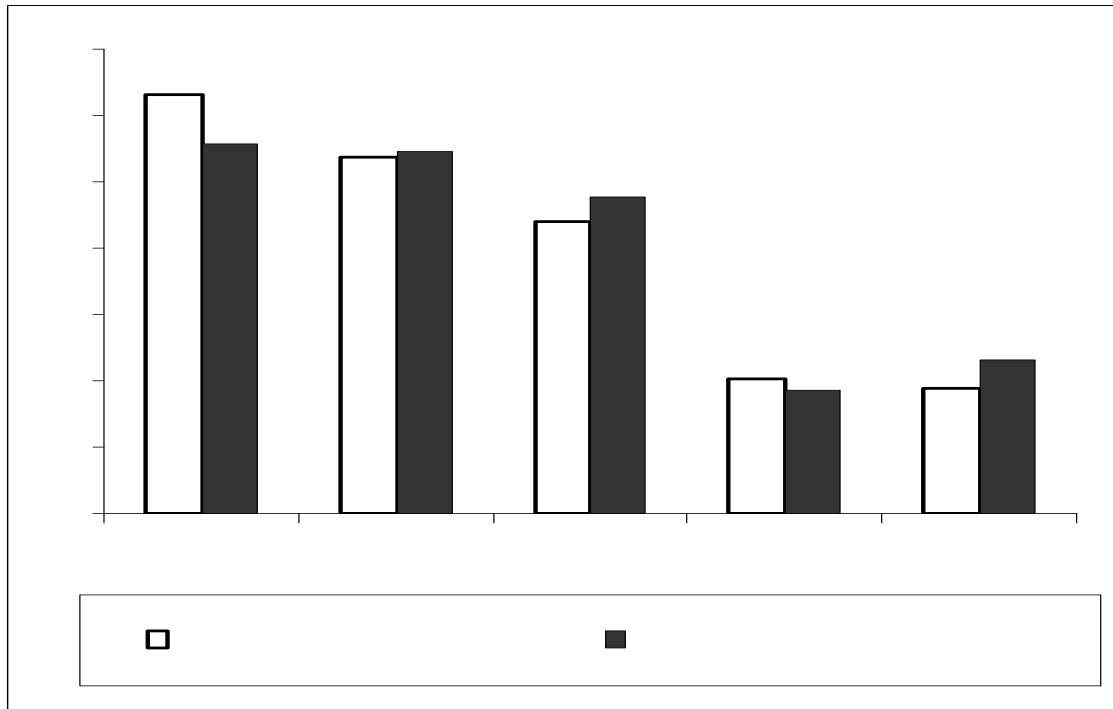


Рис. 6.1. Гістограма розподілу студентів за рівнями досягнень з дисципліни «Квантова фізика» і «Класична електродинаміка».

За розрахунками $\chi^2 = 0,9$. Для рівня значущості $\alpha = 0,05$ і числа ступенів

вільності, яке у нашому випадку дорівнює $\nu = 5 - 1 = 4$, $\chi^2_{0,05} = 9,5$ [58, 65, 270]. Оскільки

$\chi^2 < \chi^2_{0,05}$, то це означає, що відмінності у розподілах студентів КВ і ЕВ за оцінками з «Квантової фізики» і «Класичної електродинаміки» статистично не достовірні. Отже, успішність студентів КВ і ЕВ практично однакова (однорідність вибірок).

На рис.6.2 представлено розподіл студентів за рівнями досягнень з дисципліни «Астрономія» за когнітивним критерієм ефективності фундаменталізації підготовки. З рис . 6.2 видно, що обвідна гістограма для КВ є монотонно спадною функцією (яка, до речі, корелює з гістограмою для КВ на рис. 6.1), і вона помітно вирівнюється для ЕВ із сплеском на оцінці «4» (що нагадує нормальний розподіл з модою на оцінці «4» тільки з повільно спадними крилами). Кількість студентів з найнижчою результуючою оцінкою 3 (E) зменшилась в ЕВ порівняно з КВ на 13,6%, з оцінкою 3,5 (D) – на 11,1%, водночас кількість студентів з оцінкою 4 (C) в ЕВ збільшилась на 9,9%, з оцінкою 4,5 (B) – на 8% і з оцінкою 5 (A) – на 6,8%.

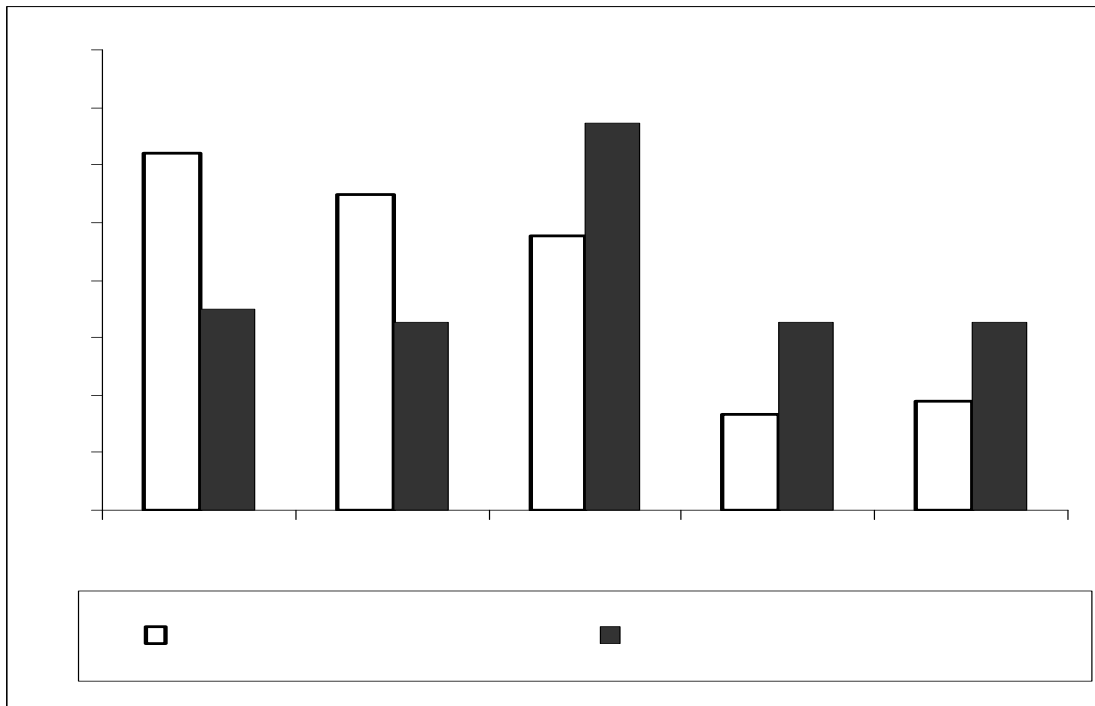


Рис. 6.2. Гістограма розподілу студентів за рівнями досягнень з астрономії за когнітивним критерієм.

Чи є ці зміни в такому показникові як «якість знань» статистично значущими з'ясовано за допомогою критерію Пірсона. Скориставшись формулою (6.3.1), отримуємо

$$= 10,7. \text{ Оскільки для рівня значущості } \alpha = 0,05 \text{ і чотирьох ступенів вільності } = 9,$$

5, то $>$. Отже, фундаменталізація підготовки вчителя астрономії на когнітивному рівні виявилась достатньо ефективною.

Розподіл студентів за рівнями професійної культури майбутнього вчителя астрономії (діяльнісний аспект) для KV і EB представлено гістограмою на рис. 6.3. Оскільки визначення рівня професійної культури майбутнього вчителя здійснювалось за багатьма показниками (результати аудиторної роботи на практичних заняттях, виконання і захист лабораторних робіт, виступи на семінарах з астрономії і методики навчання астрономії, якість уроків з астрономії під час педагогічної практики), то доцільно було залишити тільки три рівні: низький, який відповідає переважній більшості оцінок у студента 3 (E) і 3,5 (D) (середнє значення не перевищує 3,5), середній, де переважна більшість оцінок 4 (C) і 4,5 (B) (середнє значення не перевищує 4,5), і високий (з середнім значенням більше 4,5).

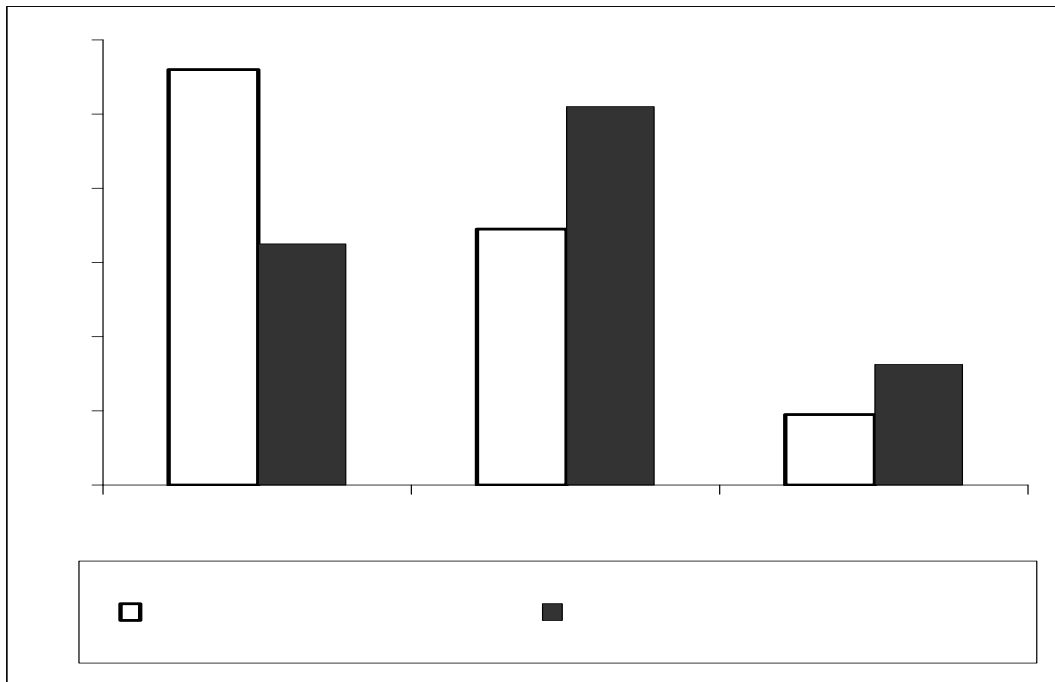


Рис. 6.3. Гістограма розподілу студентів за рівнями професійної культури майбутнього вчителя астрономії (діяльнісний аспект).

Як видно з рис. 6.3 фундаменталізація навчання призвела до помітного підвищення професійної культури (порівняно з контрольною групою, де фундаменталізації не було), особливо на середньому рівні – на 16,6%. Ці зміни є статистично значущими, оскільки за підрахунками , а критичне значення статистичного критерію для $\alpha = 0,05$ і $\nu =$

2 дорівнює $= 6,0$ [58; 65; 270]. Більше того, навіть для рівня значущості $\alpha = 0,01$, де

$$= 9,2, \quad > .$$

На рис. 6.4 представлено результати дослідження впливу фундаменталізації на креативну культуру майбутніх учителів астрономії.

Аналіз цих результатів показує, що хоча розподіл студентів за рівнями креативності і корелює з розподілами за когнітивним критерієм і рівнями професійної культури, проте показники креативності є помітно нижчими за інші. Рис. 6.4 демонструє позитивні зрушення у рівнях креативності студентів внаслідок фундаменталізації навчання, проте за

розрахунками $= 3,5$, що менше критичного значення $= 6,0$ для рівня значущості $\alpha = 0,05$.

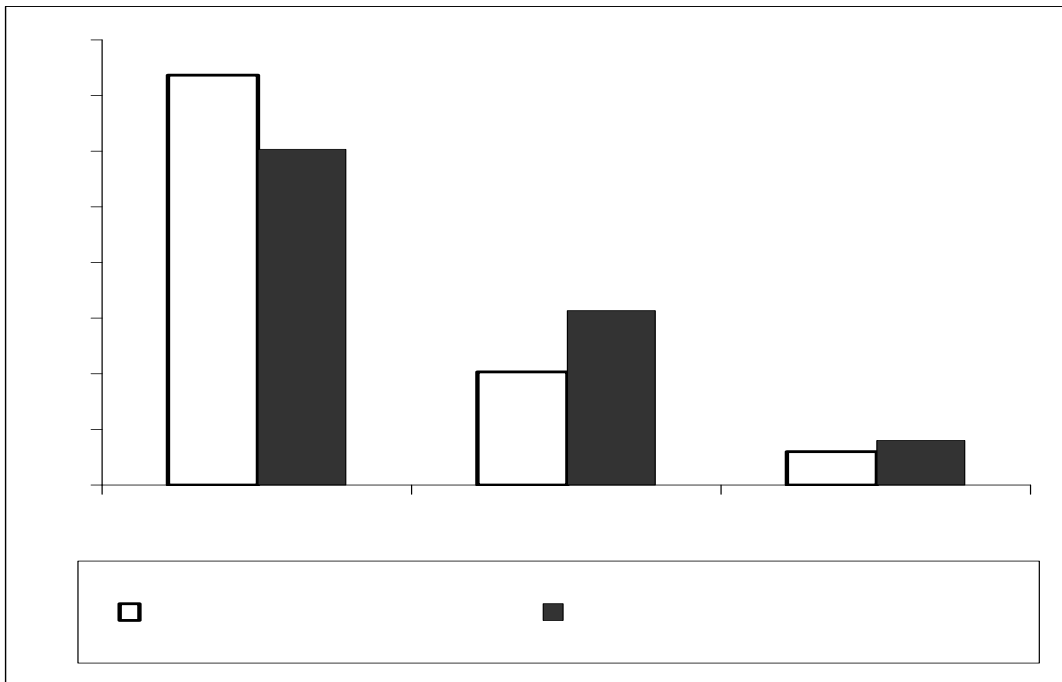


Рис. 6.4. Гістограма розподілу студентів за рівнями креативної культури майбутнього вчителя астрономії (діяльнісний аспект).

Отже, ці зміни в рівнях креативності майбутніх учителів астрономії не можна вважати статистично значущими. Креативність, мабуть, більш глибока характеристика особистості, ніж рівень освіченості або рівень професійних умінь. Її важко істотно змінити за кілька семестрів і тільки під час навчання астрономії.

Результати аналізу сформованості цілісної астрофізичної картини світу, наукового світогляду представлено гістограмою на рис. 6.5. Позитивні зрушення у рівнях сформованості цілісної астрофізичної картини світу, наукового світогляду виявились найбільш істотними. Так, кількість студентів з високим рівнем сформованості в EB збільшилась порівняно з KV на 8,0%, а з середнім рівнем – на 16,6%. Ці зміни є

статистично значущими на рівні $\alpha = 0,05$, оскільки $t = 10,7 > t_{\text{крит}} = 6,0$. Більше того,

навіть для рівня значущості $\alpha = 0,01$ $t = 10,7 > t_{\text{крит}} = 9,2$. Отже, фундаменталізація підготовки має найбільший вплив на формування саме цілісної картини світу і наукового світогляду.

Аналіз результатів анкетування стосовно мотивації студентів до вивчення астрономії (див. Додаток Б) виявив, наприклад, наступне:

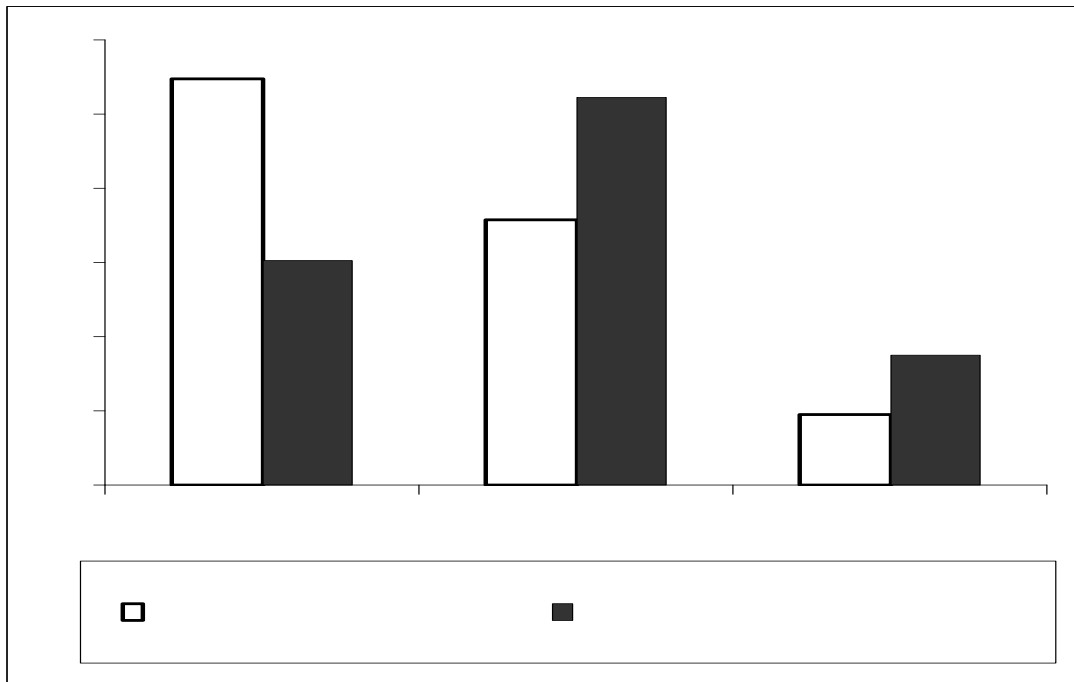


Рис. 6.5. Гістограма розподілу студентів за рівнями сформованості цілісної астрофізичної картини світу, наукового світогляду.

1. Щодо цікавості до предмету, то результати анкетування представлені в табл. 6.3 та 6.4.

Таблиця 6.3

Розподіл студентів за відповідями на запитання про цікавість до астрономії на початку її вивчення

Вид вибірки	Кількість студентів, які обрали відповідний бал					Всього
	1	2	3	4	5	
Контрольна	0	1,2%	7,1%	17,9%	73,8%	100%
Середній бал – 4,64						
Експериментальна	0	0	8,2%	20,9%	70,9%	100%
Середній бал – 4,63						

Таблиця 6.4

Розподіл студентів за відповідями на запитання про цікавість до астрономії наприкінці її вивчення

Вид вибірки	Кількість студентів, які обрали відповідний бал					Всього
	1	2	3	4	5	
Контрольна	0	0	3,6%	13,1%	83,3%	100%
Середній бал – 4,80						
Експериментальна	0	0	2,3%	10,5%	87,2%	100%
Середній бал – 4,85						

Із цих таблиць видно, що цікавість до предмету є початково досить високою і збільшується в процесі його вивчення як для контрольної, так і для експериментальної вибірок, проте це відбувається помітніше для експериментальної вибірки. Якщо зростання середнього за п'ятибальною шкалою значення (див. Додаток Б) для КВ становить 0,16 балів, то для ЕВ – 0,22 балів.

Оскільки розподіли студентів у цих вибірках близькі до нормального (а так і має бути внаслідок центральної граничної теореми), то можна скористатись стандартною перевіркою значущості змін за допомогою критерію [58]:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad (6.3.2)$$

де \bar{x}_1 та \bar{x}_2 – бали, які студенти виставили у середньому відповідно наприкінці та на

початку вивчення астрономії, s_1^2 та s_2^2 – вибіркові дисперсії, n – об'єм вибірки. Дисперсії обчислюються за стандартними формулами:

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 - \bar{x}^2 \quad (6.3.3)$$

де n_i – кількість студентів, які виставили відповідний бал $x_i = 1, 2, 3, 4, 5$;

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 - \bar{x}^2 \quad (6.3.4)$$

де n_i – кількість студентів, які виставили відповідний бал $x_i = 1, 2, 3, 4, 5$.

Оскільки як конкуруючу гіпотезу H_1 ми обираємо: $\mu_1 \neq \mu_2$, де μ_1 і μ_2

– математичні сподівання випадкових величин X та Y відповідно (генеральні середні), а нульова гіпотеза, як звичайно, $H_0: \mu_1 = \mu_2$, то значення t потрібно порівняти з критичним значенням $t_{\alpha/2}$, яке знаходять із таблиці функції Лапласа за допомогою рівності [58] (односторонній критерій):

$$|t| > t_{\alpha/2} \quad (6.3.5)$$

де, як звичайно, α – рівень значущості.

Якщо $|t| > t_{\alpha/2}$, то зміни вважають статистично значущими (відкидають нульову гіпотезу про рівність генеральних середніх).

Для контрольної групи $\bar{x}_1 = 1,78$, а для експериментальної – $\bar{x}_2 = 2,68$. За $\alpha = 0,05$

[58], отже, і в першому, і в другому випадках $t > t_{\alpha/2}$, тобто зміни в обох групах можна вважати статистично значущими. Проте для експериментальної групи, на відміну від контрольної, цей висновок справедливий навіть для рівня значущості $\alpha = 0,01$, за якого $t > t_{\alpha/2}$ [58].

2. Фундаменталізація навчання призводить до збільшення частки студентів, які вважають, що астрономія дає відповіді на фундаментальні питання. Усвідомлення того, що астрономія дає на сучасному рівні розвитку науки відповіді на питання про будову світу на мегарівні, про його походження та еволюцію як в цілому, так і його складових, про місце людини у Всесвіті стимулює студентів до подальшого вивчення цієї дисципліни. З табл. 6.5 видно, що середнє значення для KB становить 3,76 бала, а для EB – 4,16 балів.

Таблиця 6.5

Розподіл студентів за відповідями на запитання про фундаментальність астрономії

Вид вибірки	Кількість студентів, які обрали відповідний бал					
	1	2	3	4	5	Всього
KB	1	1	1	1	1	5
EB	1	1	1	1	1	5

Контрольна	0	3,6%	36,9%	39,3%	20,2%	100%
Середній бал – 3,76						
Експериментальна	0	0	18,6%	46,5%	34,9%	100%
Середній бал – 4,16						

Для перевірки статистичної значущості цих відмінностей скористаємось формулою (6.3.2), тільки виправленою з урахуванням різного об'єму вибірок:

$$(6.3.6)$$

За розрахунками $t = 3,39$. Оскільки t не тільки для рівня значущості $\alpha = 0,05$, а й для $\alpha = 0,01$, то маємо визнати статистичну значущість нерівності для генеральних середніх.

3. Внаслідок фундаменталізації збільшується частка студентів, які вважають, що астрономія має світоглядний характер (з 3,71 балів для КВ до 4,07 балів для ЕВ – згідно з табл. 6.6). Усвідомлення світоглядного характеру астрономії підвищує мотивацію до її вивчення в контексті підготовки до майбутньої вчительської професії.

Таблиця 6.6

Розподіл студентів за відповідями на запитання
про світоглядний характер астрономії

Вид вибірки	Кількість студентів, які обрали відповідний бал					Всього
	1	2	3	4	5	
Контрольна	0	3,6%	38,1%	41,6%	16,7%	100%
Середній бал – 3,71						
Експериментальна	0	1,2%	22,1%	45,3%	31,4%	100%
Середній бал – 4,07						

Обчислюємо t за формулою (6.3.6). За розрахунками $t = 3,03$. І в даному разі навіть для рівня значущості $\alpha = 0,01$. Отже, нерівність $t > t_{\alpha}$, тобто більше значення середнього балу для ЕВ, ніж для КВ є статистично значущим.

4. Фундаменталізація підготовки майбутніх учителів підвищує усвідомлення ними глибокого зв'язку астрономії з загальнолюдською культурою (з 3,55 балів для КВ до 3,77 балів для ЕВ – згідно з табл. 6.7). Усвідомлення цього зв'язку підвищує інтерес до навчання, надає йому нових смислів.

Таблиця 6.7

Розподіл студентів за відповідями на запитання
про зв'язок астрономії з загальнолюдською культурою

Вид вибірки	Кількість студентів, які обрали відповідний бал					Всього
	1	2	3	4	5	
Контрольна	0	7,1%	40,5%	42,9%	9,5%	100%
Середній бал – 3,55						
Експериментальна	0	2,3%	36,0%	44,2%	17,5%	100%
Середній бал – 3,77						

Розраховуючи за формулою (6.3.6), отримуємо $t = 1,88$. Для рівня значущості $\alpha = 0,05$ $t_{\text{крит}} = 1,65$ і перевищення середнього балу для ЕВ над середнім балом для КВ у 0,22 бала можна вважати статистично значущим, проте для рівня значущості $\alpha = 0,01$ $t_{\text{крит}} = 2,33$ це вже не так.

Отже, зрушення в експериментальній групі у культурологічному аспекті, що викликані фундаменталізацією, не можна вважати переконливими і це є сигналом для роздумів на цю тему.

5. Внаслідок фундаменталізації зменшується частка студентів, які вважають астрономію складним предметом (з 3,46 балів для КВ до 2,95 балів для ЕВ – див. табл. 6.8). Відчуття того, що предмет є занадто складним, у переважній більшості студентів знижує мотивацію до його вивчення («я мало що розумію, тому навіщо витрачати зусилля і час»).

Таблиця 6.8

Розподіл студентів за відповідями на запитання про складність предмета «Астрономія»

Вид вибірки	Кількість студентів, які обрали відповідний бал					Всього
	1	2	3	4	5	
Контрольна	8,4%	10,7%	27,4%	33,3%	20,2%	100%
Середній бал – 3,46						
Експериментальна	12,8%	20,9%	36,1%	18,6%	11,6%	100%
Середній бал – 2,95						

Результати анкетування, розміщені в таблиці 6.8, свідчать про помітну міграцію студентів в ЕВ з відчуттям величезної складності предмета «Астрономія» у бік відчуттів меншої складності порівняно з КВ. Обчислюючи t за формулою (6.3.6), дістаємо $t = 2,83$. І в даному разі $t_{\text{крит}} = 2,33$ навіть для рівня значущості $\alpha = 0,01$. Отже, нерівність $t > t_{\text{крит}}$, тобто більше значення середнього балу для ЕВ, ніж для КВ, є статистично значущим.

Оскільки кількість студентів у кожній комірці табл. 6.8 не менше 7, то статистичну значущість можна проконтролювати за допомогою критерію Пірсона для 4 ступенів вільності. Скориставшись формулою (6.3.1), отримуємо $\chi^2 = 10,1$. Оскільки для рівня значущості $\alpha = 0,05$ $\chi^2_{\text{крит}} = 9,5$ [58; 65], то $\chi^2 > \chi^2_{\text{крит}}$. Отже, відмінності у вибірках є статистично значущими.

На рис. 6.6 та 6.7 представлені підсумкові результати анкетування з виявлення рівнів мотивації навчально-пізнавальної діяльності на початку і наприкінці вивчення астрономії (див. Додаток В).

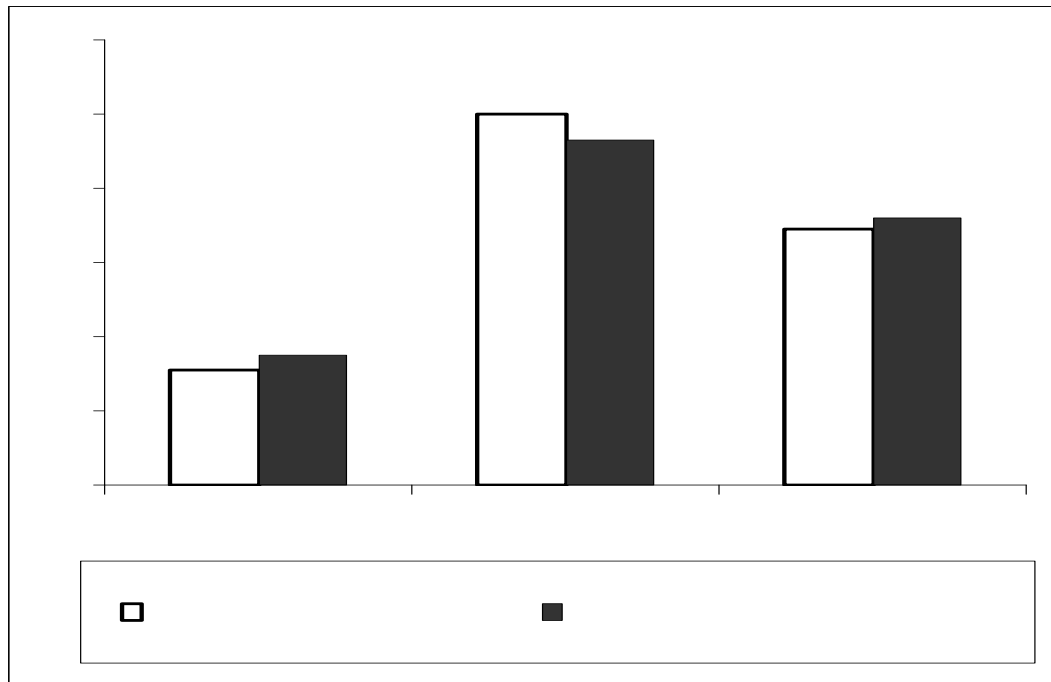


Рис. 6.6. Розподіл студентів за рівнями мотивації навчально-пізнавальної діяльності на початку вивчення астрономії.

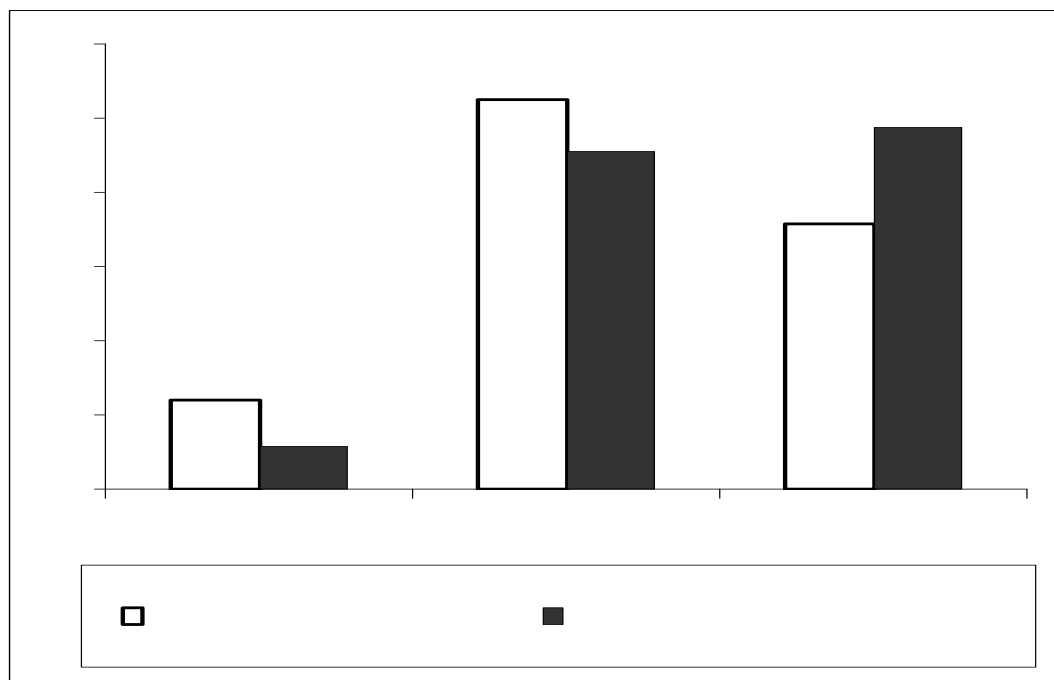


Рис. 6.7. Розподіл студентів за рівнями мотивації навчально-пізнавальної діяльності наприкінці вивчення астрономії.

Низькому рівню мотивації відповідає навчання без будь-якого бажання, середньому – переважання зовнішніх мотивів, відсутність ініціативи, обмежена самостійність, високому – переважання внутрішньої мотивації, глибокий інтерес до предмету, ініціатива, навчання із задоволенням.

З рис. 6.6 та 6.7 видно, що в процесі навчання рівень мотивації зростає як у контрольній, так і в експериментальній вибірках. Проте якщо в KV зі зміни становлять лише кілька відсотків, то в EB кількість студентів з низьким рівнем мотивації зменшується на 11,6%, а з високим рівнем – збільшується на 12,7%.

За критерієм Пірсона, використовуючи формулу (6.3.1) для $i = 3$ і для $j = 1$, матимемо $\chi^2 = 10,3$ для КВ і $\chi^2 = 7,9$ для ЕВ. Оскільки критичне значення статистичного критерію для $\alpha = 0,05$ і $v = 2$ дорівнює $\chi^2_{кр} = 6,0$ [58; 65], то ці зміни є статистично значущими тільки для експериментальної вибірки.

Наостанок проаналізуємо вплив фундаменталізації на рівень рефлексії майбутнього вчителя астрономії, а саме на рівень сформованості його критичності та самокритичності, його здатності до самоаналізу. Результати анкетування (див. Додаток Г) представлено на рис. 6.8.

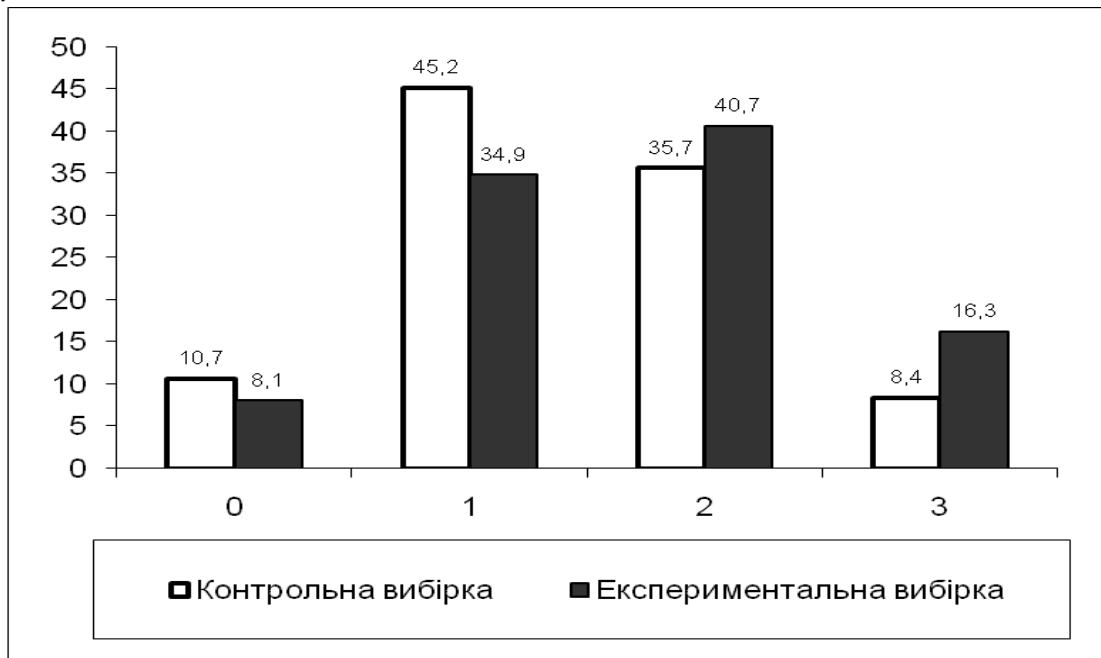


Рис. 6.8. Розподіл студентів за рівнем сформованості критичності та самокритичності студентів, їх здатності до самоаналізу

Рівень рефлексії найбільше відрізняється в ЕВ від КВ на середньому (на 10,3%) і на високому (на 7,9%) рівнях. У результаті обчислень за формулою (6.3.1) для $i = 4$

отримуємо $\chi^2 = 10,3$. Для рівня значущості $\alpha = 0,05$ і трьох ступенів вільності маємо

$\chi^2_{кр} = 7,8$ [58; 65]. Оскільки $10,3 > 7,8$, то не можна вважати ці зміни статистично значущими. Мабуть, таку якість особистості як рефлексія, що закладається і формується довгий час в середній школі, важко істотно змінити на старших курсах вищого навчального закладу.

Організацію та проведення педагогічного експерименту описано у статті [153] автора

Висновки до шостого розділу

1. У результаті аналізу впливу процесу фундаменталізації на підготовку майбутнього вчителя астрономії нами визначені і пропонуються критерії ефективності цього процесу на когнітивному, діяльнісному й особистісному рівнях, показники ефективності і методи діагностики. Їхнє використання дає змогу контролювати процес, оцінювати його успішність, вносити корективи, отже керувати навчальним процесом взагалі.

2. Результати педагогічного експерименту свідчать про те, що фундаменталізація підготовки вчителя астрономії на когнітивному рівні виявилась достатньо ефективною. Якість знань студентів в експериментальній вибірці порівняно з контрольною збільшилась на 24,7% і ці зміни є статистично значущими.

3. За діяльнісними критеріями фундаменталізація навчання призвела до помітного підвищення професійної культури майбутнього вчителя астрономії, особливо на середньому рівні – на 16,6% і ці зрушення є також статистично значущими. Водночас позитивні зрушення у рівнях креативності студентів внаслідок фундаменталізації навчання на рівні значущості $\alpha = 0,05$ не можна вважати статистично значущими. Креативність, очевидно, більш глибока характеристика особистості, ніж рівень освіченості або рівень професійних умінь. Її важко істотно змінити за три семестри і тільки під час навчання астрономії.

4. Серед особистісних критеріїв позитивні зміни у рівнях сформованості цілісної астрофізичної картини світу, наукового світогляду виявились найбільш істотними. Так, кількість студентів з високим рівнем сформованості в ЕВ збільшилась порівняно з КВ на 8,0%, а з середнім рівнем – на 16,6% і ці зміни є статистично значущими навіть на рівні значущості $\alpha = 0,01$. Отже, фундаменталізація підготовки має найбільший вплив на формування саме цілісної астрофізичної картини світу і наукового світогляду.

За результатами експерименту у процесі навчання рівень мотивації студентів зростає як у КВ, так і в ЕВ. Проте якщо в КВ зі зміни становлять лише кілька відсотків, то в ЕВ кількість студентів з низьким рівнем мотивації зменшується на 11,6%, а з високим рівнем – збільшується на 12,7%, і ці зміни є статистично значущими для експериментальної вибірки.

Рівень рефлексії найбільше відрізняється в ЕВ від КВ на середньому (на 10,3%) і на високому (на 7,9%) рівнях. Проте на рівні значущості $\alpha = 0,05$ ці зміни не можна вважати статистично значущими. Мабуть, таку якість особистості як рефлексія, що закладається і формується довгий час в середній школі, важко істотно змінити на старших курсах вищого навчального закладу.

5. В результаті дослідження можна сформулювати чинники, що ускладнюють здійснення фундаменталізації навчання, знижують її ефективність:

5.1. Невідповідність рівня професійної культури педагога (передусім її предметної, методологічної, креативної, та інформаційної складових) стратегії фундаменталізації навчання у сучасній вищій школі.

5.2. Стереотипність і переважно репродуктивний характер мислення і діяльності студента.

5.3. Слабке застосування діяльнісного підходу (наприклад, відсутність практичних занять, де б розв'язувались спеціально підібрані задачі, відсутність семінарів).

5.4. Низький рівень мотивації студента до навчання взагалі.

5.5. Нездатність студента до об'єктивної оцінки якості власної навчально-пізнавальної діяльності, відсутність самооцінки і самоаналізу, необхідної рефлексії у розвитку власної особистості.

ВИСНОВКИ

У дисертації здійснено теоретичне обґрунтування фундаменталізації підготовки майбутніх учителів астрономії, розкрито шляхи її практичної реалізації, отримано нові науково обґрунтовані результати в галузі теорії та методики навчання астрономії. Результати проведеного у відповідності до поставлених завдань теоретичного й експериментального етапів дослідження дали змогу сформулювати рекомендації щодо педагогічної доцільності та необхідності впровадження розробленої методичної системи підготовки вчителя астрономії у навчально-виховний процес. Узагальнюючи одержані в ході дослідження результати, сформулюємо висновки:

1. У результаті аналізу стану астрономічної освіти в Україні визначено сучасні проблеми в цій галузі знань, що зумовлюють її низьку якість. До них ми віднесли: шкільний статус другорядного предмету; формальну необов'язковість астрономічних знань (на рівнях випуску зі школи і вступу до ВНЗ); відсутність належної мотивації в учнів (як внутрішньої, так і зовнішньої); малу кількість годин, що відводиться на предмет (як у школі, так і у ВНЗ для підготовки вчителя астрономії); недостатню відповідність структури й змісту курсу астрономії сучасному стану розвитку астрономічної науки і сучасній освітній парадигмі; викладання у школі у другому семестрі на рівні стандарту; викладання вчителями й викладачами невідповідного напрямку підготовки; неналежну підготовку вчителя астрономії у ВНЗ; відсутність засобів наочності (як системи) і астрономічного обладнання; майже повну відсутність міських планетаріїв; відсутність відповідного науково-популярного середовища; ігнорування нової інформаційної культури.

У нашому дослідженні ми зосередили увагу на недостатній відповідності структури й змісту курсу астрономії, як у школі, так і у ВНЗ, сучасному рівню розвитку астрономічної науки і сучасній освітній парадигмі, а також неналежній підготовці учителів астрономії.

2. Для того, щоб вибудувати нову модель підготовки вчителя астрономії, адекватну сучасним вимогам, ми визначили 16 особливостей астрономії як навчальної дисципліни у вищих педагогічних навчальних закладах і обґрунтували їх концептуальний характер. До цих особливостей ми відносимо: «авангардність» сучасної астрономії у природознавстві; майже виключно й досі спостережуваний характер астрономії; незвичність масштабів об'єктів і явищ, умов, за яких відбуваються ці явища; численні міжпредметні зв'язки і передусім із фізикою; величезний світоглядний і гуманістичний потенціал астрономії; глибокий зв'язок із загальнолюдською культурою; особливості методології астрономії і системи доведень в ній; еволюційний характер сучасної астрономії; глибокий позитивний зворотний зв'язок із космонавтикою; оголеність, як у жодній з інших наук, зв'язків людини і Всесвіту; безперечне лідерство у розв'язанні проблеми SETI; особливі стосунки з релігією; наявність такої собі «тіні», сумнівного двійника астрономії – астрології; інтенсивна міфотворчість навколо астрономічних об'єктів, подій і явищ; специфічність і нетривіальність величезного понятійного поля.

Врахування цих особливостей дає змогу зробити підготовку вчителя астрономії сучасною, фундаментальною і набагато ефективнішою.

3. Встановлено, що одним із стратегічних напрямів удосконалення підготовки майбутнього вчителя астрономії в сучасних умовах є фундаменталізація освіти на основі інтеграції принципів системності, цілісності, генералізації, проблемності. При цьому під фундаменталізацією освіти ми розуміємо як освіту «вглиб» (поглиблену наукову підготовку в певній галузі знань), так і освіту «вшир» (поєднання різнобічної гуманітарної і природничонаукової освіти на основі фундаментальних знань), де на перший план крім фактологічної складової виходять методологічна, культурологічна і світоглядна складові підготовки фахівця.

На основі аналізу поняття «фундаменталізація освіти» ми дійшли висновку, що фундаменталізацію змісту астрономічної освіти слід вбачати у:

- визначенні стрижневих ідей, що пронизують усю астрономічну освіту;
- виокремленні головного, базових знань, інваріанту курсу астрономії, передусім обмеженої кількості базових астрономічних понять, явищ, законів і теорій, що дають змогу засвоювати значну кількість значущої інформації, не перевантажуючи пам'яті учня, студента великою кількістю дрібних фактів і вторинних чинників;
- переструктуруванні та новій систематизації навчальної інформації з метою усунення дріб'язкового, другорядного і архаїчного матеріалу;
- гармонійному поєднанні фактологічного, світоглядного, методологічного і культурологічного аспектів вивчення астрономії;
- встановленні оптимальної для вивчення послідовності викладання навчального матеріалу.

4. Визначено 12 стрижневих ідей астрономічної освіти, які ми розділили на три групи: світоглядні (ідеї: пізнаванності, матеріальності та матеріальної єдності Всесвіту, руху і взаємодії, нетотожності видимого та істинного, еволюції, єдності людини і Всесвіту, визначення місця людини у Всесвіті, цілісності астрофізичної картини світу), фундаментальні фізичні (ідеї збереження і симетрії) і загальнонаукові (ієрархічності і раціоналізму). Ми вважаємо, що ці ідеї мають бути спільними для астрономічної освіти як учня, так і майбутнього вчителя (принцип конгруентності).

Аналіз понятійного поля курсу астрономії в контексті фундаменталізації дав змогу визначити головні базові поняття, на яких передусім слід зосередитися під час вивчення астрономії як у середній школі, так і під час підготовки майбутнього вчителя астрономії у вищих навчальних закладах. Фундаментальне ядро утворюють такі найголовніші поняття (структурування за об'єктом дослідження-вивчення): мале космічне тіло (комета, астероїд, метеороїд); планета; зоря; галактика; Метагалактика. Усі ці поняття є надзвичайно змістовними, системотвірними, методологічно важливими. Вони позначають найголовніші об'єкти нашого Всесвіту. Периферію макроструктури базового понятійного поля утворюють такі допоміжні (службові) поняття: шкала відстаней; небесна сфера; час; телескоп.

5. Для визначення структури й змісту курсу астрономії з метою підготовки майбутнього вчителя визначено необхідний мінімум базових понять, явищ, формул, законів і теорій, що мають вивчатися в курсі астрономії середньої школи на базовому і профільному рівнях, здійснено переструктурування і визначено оптимальну послідовність вивчення обраного матеріалу, поєднуючи фактологічний, світоглядний, методологічний і культурологічний аспекти вивчення астрономії. Запропоновані в дисертації варіанти відрізняються від традиційних зменшенням астрометричної і збільшенням астрофізичної частин курсу, світоглядною, методологічною та культурологічною спрямованістю, посиленням міжпредметних зв'язків з фізикою. Ці варіанти орієнтовані на цілісне сприйняття сучасної астрономії, формування наукового світогляду, добудову природничонаукової картини світу.

Застосовуючи принцип фундаменталізації освіти, сформовано понятійне поле загального курсу астрономії, призначеного для підготовки вчителя астрономії. На наше переконання фундаментальне ядро і периферія цього поля на макрорівні мають бути такими самими, як і для середньої астрономічної освіти (принцип конгруентності). Проте на мікрорівні поле понять для майбутнього вчителя має бути істотно ширшим і глибшим. Сформоване поле відрізняється від традиційного значно меншою кількістю понять взагалі, меншою часткою астрометричних, проте більшою часткою астрофізичних понять. Сформовано зміст курсу астрономії з визначенням необхідних для майбутнього вчителя знань, умінь і навичок. Він відрізняється від традиційного, зменшенням астрометричної частини курсу, збільшенням таких розділів як «Зорі», «Галактики», «Метагалактика», посиленням міжпредметних зв'язків з фізикою, гармонійним поєднанням фундаментальності та професійної спрямованості.

6. Створено нову методичну систему підготовки вчителя астрономії як сукупність взаємопов'язаних компонентів: цілей навчання, змісту, методів, засобів і форм організації навчання, що утворюють єдину цілісну функціональну структуру, орієнтовану на досягнення мети – підготовку вчителя астрономії, і сформульовано педагогічні умови ефективного функціонування запропонованої системи. В основу цієї системи покладено орієнтацію на сучасні педагогічні технології, інновації в освіті, принцип фундаменталізації освіти у поєднанні з сучасними освітніми підходами. Це дало змогу сформулювати головні концептуальні та методологічні засади побудови освітнього середовища для підготовки сучасного вчителя астрономії. Ці засади були застосовані в процесі створення астрономічного освітнього середовища, яке впродовж 10 років існує у Херсонському державному університеті.

Новою методичною системою астрономічної підготовки майбутнього вчителя крім традиційних лекційного курсу та лабораторних занять вперше запропоновано і впроваджено нові форми організації навчального процесу: практичні заняття, на яких розв'язуються спеціально підібрані задачі, та семінари, де обговорюються актуальні проблеми астрономії в контексті майбутньої професії. Наявність такого комплексу організаційних форм навчання астрономії дає змогу ефективно застосовувати діяльнісний підхід до навчання, керувати процесом підготовки вчителя астрономії, формувати його компетентнісно-світоглядні професійні якості, професійну культуру. Впровадження означеного вище комплексу також дає можливість перетворити систему підготовки на технологію, яку можна використовувати в будь-якому вищому навчальному закладі.

У даній методичній системі запропоновано методику вивчення загального курсу астрономії з розподілом його на змістові модулі і поетапним засвоєнням кожного модулю. Підвищеної уваги, на нашу думку, потребує адаптивно-перетворювальний етап, який в нашій системі забезпечується практичними, лабораторними і семінарськими модулями.

7. З метою реалізації принципу фундаменталізації освіти у підготовці вчителя астрономії, сформовано зміст курсу «Методика навчання астрономії», предметом якого є цілі, зміст та технології навчання астрономії в загальноосвітній школі. Метою цієї дисципліни є формування у студентів відповідної методичної культури навчання астрономії у загальноосвітніх і спеціалізованих середніх навчальних закладах. Зміст цього курсу спрямований на підготовку сучасного вчителя астрономії, здатного до формування в свідомості учня цілісної астрофізичної картини світу, наукового світогляду, достатньої астрономічної культури як складової загальнолюдської культури. Запропоновано включення в систему підготовки магістрів авторських спецкурсів: «Новітні досягнення в астрофізиці» і «Фундаментальні фізичні та математичні константи».

8. Упроваджено в навчальний процес вищих педагогічних навчальних закладів України авторські посібники [143; 166; 167].

9. Для успішного вирішення питань діагностики впливу процесу фундаменталізації на підготовку майбутнього вчителя астрономії нами визначено і запропоновано критерії ефективності цього процесу на когнітивному, діяльнісному й особистісному рівнях, показники ефективності і методи діагностики. Їхнє використання дає змогу контролювати процес, оцінювати його успішність, вносити корективи, отже, керувати навчальним процесом взагалі.

Результати педагогічного експерименту свідчать про те, що фундаменталізація підготовки вчителя астрономії на когнітивному рівні виявилась достатньо ефективною. Якість знань студентів в експериментальній вибірці порівняно з контрольною збільшилась на 24,7% і ці зміни є статистично значущими. За діяльнісними критеріями фундаменталізація навчання призвела до помітного підвищення професійної культури майбутнього вчителя астрономії, особливо на середньому рівні – на 16,6% і ці зрушення є також статистично значущими. Водночас позитивні зрушення у рівнях креативності студентів внаслідок фундаменталізації навчання на рівні значущості $\alpha = 0,05$ не можна вважати статистично значущими. Креативність, очевидно, більш глибока характеристика

особистості, ніж рівень освіченості або рівень професійних умінь. Її важко істотно змінити за три семестри і тільки під час навчання астрономії.

Серед особистісних критеріїв позитивні зміни у рівнях сформованості цілісної астрономічної картини світу, наукового світогляду виявились найбільш істотними. Статистично значущими виявились також позитивні зміни у рівні мотивації студентів до вивчення астрономії. Рівень рефлексії найбільше відрізняється в ЕВ від КВ на середньому (на 10,3%) і на високому (на 7,9%) рівнях. Проте на рівні значущості $\alpha = 0,05$ ці зміни не можна вважати статистично значущими. Мабуть, таку якість особистості як рефлексія, що закладається і формується довгий час в середній школі, важко істотно змінити на старших курсах вищого навчального закладу. Отже, фундаменталізація підготовки має найбільший вплив на формування саме цілісної астрофізичної картини світу і наукового світогляду. У результаті дослідження виявлено чинники, що ускладнюють здійснення фундаменталізації навчання, знижують її ефективність.

Отже, здобуті наукові результати надають підстави вважати дисертаційну роботу теоретичним узагальненням наукових досліджень вітчизняних і зарубіжних учених, досвіду роботи вчителів і викладачів, власних авторських напрацювань у галузі загальної астрономічної освіти. Автором теоретично обґрунтовано і практично реалізовано методичну систему підготовки майбутніх учителів астрономії в контексті фундаменталізації освіти. Аналіз та узагальнення результатів дисертаційної роботи підтверджують, що концепція і вихідна методологія дослідження були обрані правильно, поставлені задачі повністю виконані, мета дослідження досягнута.

Проте виконане дослідження не вичерпує всіх аспектів підготовки майбутніх учителів астрономії. Логічним продовженням нашої роботи була б підготовка і видання нового підручника як для середньої, так і для вищої школи, підготовка і видання збірника задач для школи і збірника задач для вищих педагогічних навчальних закладів з розділів астрономії «Галактика», «Метагалактика», розробка методичного посібника з підготовки учнів до астрономічних олімпіад, дослідження у напрямку створення інтерактивних засобів навчання астрономії із застосуванням Інтернет-технологій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Абасов З.А. Системный подход как методологическое направление исследования инноваций в образовании / З.А. Абасов // Наука и школа. – 2001. – № 6. – С. 48–53.
2. Александров Ю.В. 11 клас: Книга для учителя. / Ю.В. Александров, А.М. Грецький, М.П. Пришляк. – Х.: Веста: Видавництво «Ранок», 2005. – 256 с.
3. Александров Ю.В. Астрономія. Історико-методологічний нарис / Ю.В. Александров. – К.: «Сфера», 1999. – 88 с.
4. Александров Ю.В. Введение в физику планет / Ю.В. Александров. – К.: Вища школа, 1982. – 304 с.
5. Александров Ю.В. Небесна механіка: Підручник / Ю.В. Александров. – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2004. – 236 с.
6. Александров Ю.В. Фізика планет. Ч. I. Фізика планетних тіл: Навч. посіб / Ю.В. Александров. – К.: ІЗМН, 1996. – 424 с.
7. Александров Ю.В. Что такое планеты / Ю.В. Александров, В.А. Захожай // Астрономический вестник. – 1980. – Т. XIV. – № 3. – С. 129–132.
8. Александрова Н.В. История математических терминов, понятий, обозначений: Словарь-справочник / Н.В. Александрова. – [Изд. 2-е, перераб. и доп.]. – М.: Издательство ЛКИ, 2007. – 248 с.
9. Андрієвський С.М. Курс загальної астрономії: Навчальний посібник / С.М. Андрієвський, І.А. Климишин. – Одеса: Астропринт, 2010. – 480 с.
10. Арсеньев А.С. Анализ развивающегося понятия / А.С. Арсеньев, В.С. Библер, Б.М. Кедров. – М.: Наука, 1967. – 439 с.
11. Архангельская И.В. Космология и физический вакуум / И.В. Архангельская, И.Л. Розенталь, А.Д. Чернин. – М.: КомКнига, 2006. – 216 с.
12. Архипов А.В. Правда о SETI / А.В. Архипов // Земля и Вселенная. – 1995. – № 2. – С. 33–37.
13. Астрономия: Учеб. пособие для студентов физ.-мат. фак. пед. ин-тов / [М.М. Дагаев, В.Г. Демин, И.А. Климишин, В.М. Чаругин]. – М.: Просвещение, 1983. – 384 с.
14. Астрономічний енциклопедичний словник / За загальною редакцією І.А. Климишина та А.О.Корсунь. – Львів, 2003. – 548 с.
15. Атаманчук П.С. Моделювання як засіб компетентнісного становлення майбутнього фахівця у методиці навчання фізики / П.С. Атаманчук, О.М. Семерня // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Вип. 89 / Чернігівський національний педагогічний університет імені Т.Г. Шевченка; гол. ред. Носко М.О. – Чернігів: ЧНПУ, 2011. – С. 3–8.
16. Бабанский Ю.К. Взаимосвязь принципов обучения и способов его оптимизации / Ю. К. Бабанский // Советская педагогика. – 1982. – № 11. – С. 30–32.
17. Беляев Н.А. Комета Галлея и ее наблюдение / Н.А. Беляев, К.И. Чурюмов. – М.: «Наука», 1985. – 270 с.
18. Борулава М.П. Принципы гуманизации образования / М.П. Борулава // Инновации в образовании. – 2001. – № 5. – С. 18–36.
19. Бершадский М.Е. Дидактические и психологические основания образовательной технологии / М.Е. Бершадский, В.В. Гузеев. – М.: Центр «Педагогический поиск», 2003. – 256 с.
20. Биков В.Ю. Теоретико-методологічні засади створення і розвитку сучасних засобів та Е-технологій навчання / В.Ю. Биков // Розвиток педагогічної та психологічної наук в Україні 1992-2002. Збірник наукових праць до 10-річчя АПН України. Частина 2. – Харків: ОВС, 2003. – С. 182–200.

21. Благодаренко Л.Ю. Теоретико-методичні засади навчання фізики в основній школі: Монографія / Л.Ю. Благодаренко. – К.: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2011. – 390 с.
22. Блауберг И.В. Становление и сущность системного подхода / И.В. Блауберг, Э.Г. Юдин. – М.: Наука, 1973. – 270 с.
23. Блюх П.В. Гравитационные линзы / П.В. Блюх, А.А. Минаков. – К.: Наукова думка, 1989. – 240 с.
24. Богдан Т.М. Пропедевтика астрономічних знань учнів у курсі фізики загальноосвітньої школи: дис. ... кандидата пед. наук: 13.00.02 / Богдан Тетяна Миколаївна. – Чернігів: ЧНПУ, 2008. – 253 с.
25. Богдан В.В. Формування дослідницьких компетентностей учнів у позакласній роботі з астрономії / В.В. Богдан, Т.М. Богдан, І.С. Палачаніна // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Вип. 89 / Чернігівський національний педагогічний університет імені Т.Г. Шевченка; гол. ред. Носко М.О. – Чернігів: ЧНПУ, 2011. – С. 14–18.
26. Божинова Ф.Я. Фізика. 7 клас: Підручник / Ф.Я. Божинова, М.М. Кірюхін, О.О. Кірюхіна. – Х.: Видавництво «Ранок», 2007. – 192 с.
27. Большой энциклопедический словарь / Под ред. А.М. Прохорова. – М.: Большая Рос. энцикл., 1998. – 1434 с.
28. Бондаревская Е.В. Гуманизация воспитания старшеклассников / Е.В. Бондаревская // Педагогика. – 1991. – № 1. – С. 50–56.
29. Бондаревская Е.В. Образование в поисках человеческих смыслов / Е.В. Бондаревская . – Ростов н/Д, 1995. – 67 с.
30. Бондаревская Е.В. Педагогическая культура как общественная и личная ценность / Е.В. Бондаревская // Педагогика. – 1999. – № 3. – С. 13–18.
31. Бондарко А.В. Теория морфологических категорий / А.В. Бондарко. – Л.: Наука, 1976. – 255 с.
32. Боярченко І.Х. Вивчення астрономії у школі: Посібник для вчителів фізики, математики, географії, астрономії / І.Х. Боярченко. – К.: Рад. школа, 1967. – 224 с.
33. Бугайов О.І. Фізика. Астрономія: Пробн. підручник для 7 кл. серед. шк. / О.І. Бугайов, М.Т. Мартинюк, В.В. Смолянець / За ред.. проф. О.І. Бугайова. – К.: Освіта, 1994. – 304 с.
34. Бугайов О.І. Фізика. Астрономія: Пробн. підручник для 8 кл. серед. шк. / О.І. Бугайов, М.Т. Мартинюк, В.В. Смолянець / За ред.. проф. О.І. Бугайова. – К.: Освіта, 1996. – 367 с.
35. Бугайов О.І. Фізика. Астрономія: Проб. підруч. для 9 кл. серед. загальноосвіт. шк. / О.І. Бугайов, І.А. Климишин, Є.В. Коршак, М.Т. Мартинюк, В.В. Смолянець / За ред .. проф. О.І. Бугайова. – К.: Освіта, 1999. – 367 с.
36. Вадеевская Н.Е. Рефлексия как элемент содержания физического образования / Н.Е. Вадеевская // Наука и школа. – 2000. – № 6. – С. 23–26.
37. Вибе Д. Гравитационные линзы / Д. Вибе // Звездочет. – 1998. – №6. – С. 12–15.
38. Вимірювання кутових діаметрів зір на ВТА / [В.М. Дудінов, В.М. Єрохін, С.Г. Кузьменков, В.С. Рілов, В.С. Цветкова, М.Ф. Шабанов] // Доповіді АН УРСР, серія «А» (фіз.-мат. і техн.. науки). – 1979. – № 7. – С. 550–554.
39. Вихман Э. Берклевский курс физики: В 6 т. Т. 4. Квантовая физика / Э. Вихман; пер . с англ. под ред. А.И. Шальникова и А.О. Вайсенберга. – М.: Наука, 1986. – 392 с.
40. Владимирский Б.М. Археoaстрономия и история культуры / Б.М. Владимирский, Л. Д. Кисловский. – М.: Знание, 1989. – 64с. (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Космонавтика, астрономия»; № 3).

41. Владимирский Б.М. Мысли об иррациональном и рациональном в современной культуре или что делать астрофизикам с астрологией? / Б.М. Владимирский // Вселенная и МЫ. – 2001. – № 4. – С. 29–33.
42. Волкова Н.П. Педагогіка: Посібник для студентів вищих навчальних закладів / Н.П. Волкова. – К.: Видавничий центр «Академія», 2001. – 576 с. (Альма-матер).
43. Воронцов-Вельяминов Б.А. Сборник задач и практических упражнений по астрономии / Б.А. Воронцов-Вельяминов. – М.: Наука, 1974. – 272 с.
44. Вселенная, астрономия, философия / Отв.ред. Д.Я. Мартынов, В.В. Казютинский, Ф. А. Цицин. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 192 с.
45. Всехсвятский С.К. Кометы в Солнечной системе / С.К. Всехсвятский. – М.: «Знание», 1974. – 64 с. (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Космонавтика, астрономия»; № 2).
46. Гаврилов М.Г. Звездный мир: Сборник задач по астрономии и космической физике. Часть IV. Олимпиады ННЦ / М.Г. Гаврилов. – Черноголовка, 1998. – 100 с.
47. Гаврищак Г.Р. Компетентність та ключові компетенції викладача ВНЗ / Г.Р. Гаврищак // Матеріали регіонального науково-практичного семінару «Професійні компетенції та компетентності вчителя», 28–29 листопада 2006 р. – Тернопіль: Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, 2006. – С. 31–32.
48. Генденштейн Л.Э. Физика. 7 кл.: Учебник для средних общеобразовательных школ / Л.Э. Генденштейн. – Х.: Гимназия, 2007. – 208 с.
49. Гиндилис Л.М. SETI в России: последнее десятилетие XX века / Л.М. Гиндилис // Земля и Вселенная. – 2000. – № 5. – С. 39–48.
50. Гиндилис Л.М. SETI в России: последнее десятилетие XX века / Л.М. Гиндилис // Земля и Вселенная. – 2000. – № 6. – С. 64–72.
51. Гиндилис Л.М. SETI: 90-е годы / Л.М. Гиндилис, А.С. Сатаринов // Земля и Вселенная. – 1995. – № 6. – С. 37–46.
52. Гиндилис Л.М. SETI: Поиск Внеземного Разума / Л.М. Гиндилис. – М.: Изд-во физико-математической литературы, 2004. – 648 с.
53. Гиндилис Л.М. Три десятилетия SETI в СССР / Л.М. Гиндилис // Земля и Вселенная. – 1995. – № 3. – С. 34–42.
54. Гиндилис Л.М. Три десятилетия SETI в СССР / Л.М. Гиндилис // Земля и Вселенная. – 1995. – № 4. – С. 59–68.
55. Гинзбург В.Л. Какие проблемы физики и астрофизики представляются сейчас особенно важными и интересными (тридцать лет спустя, причем уже на пороге XXI века)? В.Л. Гинзбург // УФН. – 1999. – Т.169. – № 4. – С. 419 – 439.
56. Гинзбург В.Л. О некоторых успехах физики и астрономии за последние три года / В. Л. Гинзбург // УФН. – 2002. – Т.172. – № 2. – С. 213–219.
57. Гладун А.Д. Роль фундаментального естественнонаучного образования в становлении специалиста / А.Д. Гладун // Высшее образование в России. – 1994. – № 4. – С. 21–23.
58. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: Учеб. Пособие для студентов вузов. Изд. 5, стер. / В.Е. Гмурман. – М.: Высшая шк., 2000. – 400 с.
59. Голдсмит Д. Поиски жизни во Вселенной / Д. Голдсмит, Т. Оуэн; пер. с англ. В.Д. Новикова / Под ред. М.Я. Марова. – М.: Мир, 1983. – 488 с.
60. Голин Г.М. Вопросы методологии физики в курсе средней школы: Кн. для учителя / Г.М. Голин. – М.: Просвещение, 1987. – 127 с.

61. Головань М.С. Компетенція і компетентність: досвід теорії, теорія досвіду / М.С. Головань // Вища освіта України. – 2008. – № 3. – С. 23–30.
62. Гончаренко С.У. Принцип фундаменталізації освіти / С.У. Гончаренко // Наукові записки. – Кіровоград: КДПУ ім. В. Винниченка, 2004. – Вип. 55. – Серія: Педагогічні науки. – С. 3–8.
63. Горелик Г.Е. Почему пространство трехмерно? / Г.Е. Горелик. – М.: Наука, 1982. – 168 с.
64. Горобец Б.С. Мировые константы π и e в Природе / Б.С. Горобец // Земля и Вселенная. – 2003. – № 5. – С. 69–76.
65. Грабарь М.И. Применение математической статистики в педагогических исследованиях. Непараметрические методы. / М.И. Грабарь, К.А. Краснянская. – М.: Педагогика, 1977. – 136 с.
66. Грин Б. Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории / Б. Грин; пер. с англ. / Общ. ред. В.О. Малышенко. – М.: Едиториал УРСС, 2008. – 288 с.
67. Грэй Д. Наблюдения и анализ звёздных фотосфер / Д. Грэй; пер. с англ. под ред. В.Л. Хохловой. – М.: Мир. – 496 с.
68. Гузеев В.В. Технологические парадигмы в мировом образовании / В.В. Гузеев // Химия в школе. – 2003. – № 6. – С. 13–20.
69. Гуревич Л.Э. Введение в космогонию / Л.Э. Гуревич, А.Д. Чернин. – М.: Наука. Гл. ред. физ. мат. лит., 1978. – 384 с.
70. Гурштейн А.А. Извечные тайны неба / А.А. Гурштейн. – М.: Наука, 1991. – 496 с.
71. Гусев Е.Б. Расширяя границы Вселенной: История астрономии в задачах: Учебно-методическое пособие для учителей астрономии и физики и студентов физико-математических факультетов вузов / Е.Б. Гусев, В.Г. Сурдин. – М.: МЦНМО, 2003. – 176 с.
72. Гусев Е.Б. Сборник вопросов и качественных задач по астрономии: Кн. для учащихся / Е.Б. Гусев. – М.: Просвещение, 2002. – 173 с.
73. Давиденко Т.М. Рефлексивное управление образовательным процессом в школе / Т. М. Давиденко // Педагогическое образование и наука. – 2004. – № 5. – С. 42–48.
74. Дагаев М.М. Книга для чтения по астрономии: Астрофизика: Учеб. пособие для учащихся 8–10 кл. / М.М. Дагаев, В.М. Чаругин. – М.: Просвещение, 1988. – 207 с.
75. Дагаев М.М. Сборник задач по астрономии: Учеб. пособие для студентов физ.-мат. фак. пед. ин-тов / М.М. Дагаев. – М.: Просвещение, 1980. – 128 с.
76. Девис П. Случайная Вселенная / П. Девис; пер. с англ. В.Е. Чертопрада / Под ред. А. Г. Дорошкевича. – М.: Мир, 1985. – 160 с.
77. Державний стандарт базової і повної середньої освіти // Управління школою. – 2004. – № 4.
78. Державний стандарт базової і повної загальної середньої освіти // Фізика та астрономія в сучасній школі. – 2012. – № 4. – С. 2–8.
79. Дибай Э.А. Размерности и подобие астрофизических величин / Э.А. Дибай, С.А. Каплан. – М.: Наука, 1976. – 400 с.
80. Докинз Р. Бог как иллюзия / Ричард Докинз; пер. с англ. Н. Смелковой. – М.: Издательство КоЛибри, 2010. – 560 с.
81. Доул С. Планеты для людей / С. Доул; пер. с англ. И.С. Щербиной-Самойловой / Под ред. С.А. Каплина. – М.: Наука, 1974. – 200 с.
82. Дутка Г.Я. Фундаменталізація математичної освіти майбутніх економістів: монографія / Г.Я. Дутка. – К.: УБС НБУ, 2008. – 478 с.

83. Еремеева А.И. *Астрономическая картина мира и научные революции* / А.И. Еремеева // *Вселенная, астрономия, философия*. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – С. 169–180.
84. Ефремов Ю.Н. *Молчание Вселенной как вызов научному знанию* / Ю.Н. Ефремов // *Земля и Вселенная*. – 2003. – № 1. – С. 28–37.
85. Ефремов Ю.Н. *От звездных ассоциаций к звездным комплексам* / Ю.Н. Ефремов // *Земля и Вселенная*. – 1998. – №1. – С. 10–20.
86. Євсюков М.М. *Хімія і геологія планет: Навч. посібник* / М.М. Євсюков, Ю.В. Александров. – Харків, 2000. – 190 с.
87. Жарков В.Н. *Внутреннее строение Земли и планет*. – М.: Наука, 1978. – 191 с.
88. Жуков А.В. *Вездесущее число π* / А.В. Жуков. – М.: Издательство ЛКИ, 2007. – 216 с.
89. Жуков Л.В. *Теоретические основы методики астрономической подготовки учителя физики [Электронный ресурс]: дис. ... доктора пед. наук: 13.00.02* / Жуков Лев Викторович. – М.: РГБ, 2003 – 501 с. (Из фондов Российской Государственной библиотеки).
90. *Загальні критерії оцінювання навчальних досягнень учнів у системі загальної середньої освіти: наказ МОН України № 371 від 05.05.2008 р.* // Інформаційний збірник МОН України. – 2008. – № 13/14/15 – С. 20–92.
91. Засов А.В. *Общая астрофизика* / А.В. Засов, К.А. Постнов. – Фрязино, 2006. – 496 с.
92. *Збірник програм з профільного навчання для загальноосвітніх навчальних закладів: Фізика та астрономія, 10–12 кл.* – Х.: Вид. група «Основа», 2010. – 112 с.
93. Зельдович Я.Б. *Теория тяготения и эволюция звезд* / Я.Б. Зельдович, И.Д. Новиков. – М.: Наука, 1971. – 484 с.
94. Зельдович Я.Б. *Физические основы строения и эволюция звёзд* / Я.Б. Зельдович, С.И. Блинников, Н.И. Шакура. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 150 с.
95. Зельманов А.Л. *Проблема экстраполябельности, антропологический принцип и идея множественности вселенных.* / *Вселенная, астрономия, философия* / А.Л. Зельманов. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – С. 77–79.
96. Зигель Ф.Ю. *Астрономия в ее развитии: Кн. для учащихся 8–10 кл. сред. шк.* / Ф.Ю. Зигель. – М.: Просвещение, 1988. – 159 с.
97. Иванов Б.Н. *Законы физики* / Б.Н. Иванов. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 368 с.
98. Иванов В.В. П.А. *Парадоксальная Вселенная* / В.В. Иванов, А.В. Кривов, П.А. Денисенков. – СПб.: Изд-во Петербургского университета, 1997. – 144 с.
99. Игнатова В.А. *Педагогические аспекты синергетики* / В.А. Игнатова // *Педагогика*. – 2001. – № 8. – С. 26–31.
100. Игнатова В.А. *Синергетика как метод познания природы и общества* / В.А. Игнатова // *Экология и жизнь*. – 1999. – № 2. – С. 14–19.
101. Ильин В.В. *«Астрология – тщетная наука»* / В.В. Ильин // *Земля и Вселенная*. – 1989. – № 6. – С. 24–28.
102. Казанцев С.Я. *Дидактические основы и закономерности фундаментализации обучения студентов в современной высшей школе [Электронный ресурс]: дис. ... доктора пед. наук: 13.00.01* / Казанцев Сергей Яковлевич. – М.: РГБ, 2000. – 296 с. (Из фондов Российской Государственной библиотеки).
103. Каплан С.А. *Физика звёзд* / С.А. Каплан. – М.: Наука, 1977. – 208 с.
104. Картер Б. *Совпадения больших чисел и антропологический принцип в космологии* / Б. Картер / *Космология. Теория и наблюдения* / Под ред. М. Лонгейра; пер. с англ. А. Г. Полнарева и С.Ф. Шандарина / Под ред. Я.Б. Зельдовича и И.Д. Новикова. – М.: Мир, 1978. – С. 369–380.

105. Кинелев В.Г. Фундаментализация университетского образования / В.Г. Кинелев // Высшее образование в России. – 1994. – № 4. – С. 6–12.
106. Кинелев В.Г. Образование и цивилизация / В.Г. Кинелев // Информатика и образование. – 1996. – № 5. – С. 21–28.
107. Киттель Ч. Берклевский курс физики: В 6 т. Т. 1. Механика / Ч. Киттель, У. Найт, М. Рудерман; пер. с англ. под ред. А.И. Шальникова и А.С. Ахматова. – М.: Наука, 1983. – 448 с.
108. Климишин И.А. Астрономия наших дней / И.А. Климишин. – [3-е изд., перераб., и доп.] – М.: Наука. Гл. ред. физ. мат. лит., 1986. – 560 с.
109. Климишин И.А. Релятивистская астрономия / И.А. Климишин. – М.: Наука, 1989. – 288 с.
110. Климишин И.А. Элементарная астрономия / И.А. Климишин. – М.: Наука, 1991. – 464 с.
111. Климишин И.А. Астрономія / І.А. Климишин. – Львів: Світ, 1994. – 384 с.
112. Климишин И.А. Астрономія: Підручник для 11 класу загальноосвітніх навчальних закладів / І.А. Климишин, І.П. Крячко. – К.: Знання України, 2004. – 192 с.
113. Климишин И.А. Історія астрономії / І.А. Климишин. – Івано-Франківськ: видавн. ІФТКДІ, 2000. – 652 с.
114. Князева Е.Н. Синергетика как средство интеграции естественнонаучного и гуманитарного образования / Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов // Высшее образование в России. – 1994. – № 4. – С. 19–24.
115. Колечинцева Т.С. Диференційований підхід до контролю і оцінювання навчальних досягнень з фізики учнів 8-х класів загальноосвітніх шкіл: дис. ... кандидата пед. наук: 13.00.02 / Колечинцева Тетяна Сергіївна. – Київ, 2009. – 272 с.
116. Колдер Н. Комета надвигается! / Н. Колдер; пер. с англ. П.С. Гурова / Под ред. А.А. Гурштейна. – М.: Мир, 1984. – 176 с.
117. Комиссаренко Е.В. Методические аспекты организации внеаудиторной самостоятельной работы студентов по высшей математике / Е.В. Комиссаренко // Вісник Черкаського ун-ту. Серія: Педагогічні науки. – Черкаси: ЧНУ ім. Б. Хмельницького, 2009. – Вип. 150. – С. 138–145.
118. Компетентнісний підхід у сучасній освіті: світовий досвід та українські перспективи: Бібліотека з освітньої політики / За заг. ред. О.В. Овчарук. – К.: «К.І.С.», 2004. – 112 с.
119. Кондратьев В.В. Фундаментализация профессионального образования специалистов на основе непрерывной математической подготовки в условиях технологического университета: дис. ... доктора пед. наук: 13.00.08 / Кондратьев Владимир Владимирович. – Казань, 2000. – 421 с.
120. Кононович Э.В., Мороз В.И. Общий курс астрономии. Учебное пособие / Под ред. В. В. Иванова. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 544 с. (Классический университетский учебник).
121. Костюкевич Д.Я. Методичні засади організації сучасного освітнього середовища з фізики в загальноосвітніх навчальних закладах: Монографія / Д.Я. Костюкевич, А.М. Кух. – Кам'янець-Подільський: ПП Буйницький О.А., 2006. – 228 с.
122. Краевский В.В. Предметное и общепредметное в общеобразовательных стандартах / В.В. Краевский, А.В. Хуторской // Педагогика. – 2003. – № 3. – С. 3–10.
123. Краевский В.В. Чему учить? / В.В. Краевский // Вопросы образования. – 2004. – № 3. – С. 5–23.
124. Крячко І. Астрономічна культура – складова загальної культури сучасної людини / Іван Крячко // Фізика та астрономія в шк. – 2008. – № 5–6. – С. 36–39.

125. Крячко І.П. Астрономія: Орієнтовне поурочне календарно-тематичне планування курсу / І.П. Крячко. – К.: ВЦ Валентини Боровик «Наше небо», 2004. – 72 с.
126. Крячко І. Генералізація навчального матеріалу курсу астрономії / Іван Крячко // Фізика та астрономія в школі. – 2010. – № 9. – С. 29–31.
127. Крячко І. Дидактичні принципи відбору змісту навчального матеріалу курсу астрономії / Іван Крячко // Фізика та астрономія в школі. – 2010. – № 6. – С. 26–29.
128. Крячко І. Понятійне ядро та зміст курсу астрономії / Іван Крячко // Фізика та астрономія в школі. – 2010. – № 7–8. – С. 25–34.
129. Крячко І. Цілі та задачі навчання астрономії в старшій загальноосвітній школі / Іван Крячко // Фізика та астрономія в школі. – 2011. – № 5. – С. 23–26.
130. Ксанфомалити Л.В. SETI – проблема или миф? / Л.В. Ксанфомалити // Земля и Вселенная. – 1996. – № 2. – С. 38–45.
131. Ксанфомалити Л.В. Открытие первых экзопланет / Л.В. Ксанфомалити // Звездочет, 2000, №3. – С. 12–15.
132. Кузин А. Антропный принцип – что это такое? / А. Кузин // Квант. – 1990. – № 7. – С. 9–12.
133. Кузнецова В.А. Теория и практика многоуровневого университетского педагогического образования / В.А. Кузнецова. – Ярославль: Изд-во ЯрГУ, 1995. – 267 с.
134. Кузьменков С. Актуальні проблеми астрономічної освіти / Сергій Кузьменков // Фізика та астрономія в школі. – 2011. – № 7. – С. 27–32.
135. Кузьменков С. Антропний принцип як стрижнева ідея фундаменталізації астрономічної освіти / Сергій Кузьменков // Фізика та астрономія в школі. – 2011. – № 4. – С. 20–24.
136. Кузьменков С.Г. Астрономічна освіта майбутніх вчителів фізики / С.Г. Кузьменков // Зб. матеріалів Всеукраїнської наук.-практ. конференції «Проблеми астрономічної освіти в Україні» (Біла Церква, 18–20 квітня 2001 р.). – Біла Церква, 2001. – С. 20–21.
137. Кузьменков С. Великий ювілей / Сергій Кузьменков // Фізика та астрономія в школі. – 2009. – № 2. – С. 44–48.
138. Кузьменков С.Г. До розрахунку середньої довжини вільного пробігу частинок всередині зір / С.Г. Кузьменков // Вісник Астрономічної школи, 2009. – т. 6. – № 1–2. – С. 158–162.
139. Кузьменков С. Естетичне виховання на уроках астрономії / Марина Римаренко, Сергій Кузьменков // Зб. матеріалів Всеукраїнської студентської наук.-практ. конференції «Шляхи підвищення ефективності природничо-математичної освіти в середніх загальноосвітніх закладах» (Херсон, 6–9 квітня 2000 р.). – Херсон, 2000. – С. 144–146.
140. Кузьменков С.Г. Задачі як спосіб зацікавлення та розвинення пізнавальної діяльності учнів під час вивчення астрономії // Р.Г Дікарев, С.Г. Кузьменков // Зб. матеріалів Всеукраїнської студентської наук.-практ. конференції «Компетентнісний підхід до вивчення природничо-математичних дисциплін в основній і старшій школі» (Херсон, 14–15 квітня 2009 р.). – Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2009. – С. 24–25.
141. Кузьменков С. Застосування закону збереження моменту імпульсу під час навчання астрономії / Сергій Кузьменков // Фізика та астрономія в сучасній школі. – 2012. – № 6. – С. 30–35.
142. Кузьменков С. Застосування нових інформаційних технологій під час вивчення астрономії в середній школі / Сергій Кузьменков, В'ячеслав Кучер // Збірник наукових праць. Педагогічні науки. Вип. XV. – Херсон: Айлант, 2000. – С. 50–52.

143. Кузьменков С.Г. Зорі: Астрофізичні задачі з розв'язаннями: навч. посіб. / С.Г. Кузьменков. – К.: Освіта України, 2010. – 206 с.
144. Кузьменков С.Г. Історичні, методологічні та світоглядні аспекти вивчення законів Кеплера в університетському курсі астрономії / С.Г.Кузьменков // Збірник наукових праць БДПУ (Педагогічні науки). – № 3. – Бердянськ: БДПУ, 2009. – С. 181–190.
145. Кузьменков С. Йоганн Кеплер і революція в астрономії / Сергій Кузьменков // Фізика та астрономія в школі. – 2009. – № 3. – С. 3–6.
146. Кузьменков С. Комети: історичний, методологічний, світоглядний та культурологічний аспекти / Клим Чурюмов, Сергій Кузьменков // Фізика та астрономія в школі. – 2010. – № 1. – С. 3–7.
147. Кузьменков С.Г. Критерії ефективності фундаменталізації астрономічної освіти майбутніх учителів фізики та астрономії / С.Г. Кузьменков // Наукові записки. – Випуск 98 – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2011. – С. 67–71.
148. Кузьменков С.Г. Культурологічний підхід під час вивчення астрономії у загальноосвітніх навчальних закладах / М.І. Чихун, С.Г. Кузьменков // Зб. матеріалів Всеукраїнської студентської наук.-практ. конференції «Компетентнісний підхід до вивчення природничо-математичних дисциплін в основній і старшій школі» (Херсон, 14–15 квітня 2009 р.). – Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2009. – С. 70–71.
149. Кузьменков С.Г. Методологічні засади проектування освітнього середовища з астрономії у вищих педагогічних навчальних закладах / С.Г. Кузьменков // Збірник наукових праць. Педагогічні науки. Вип. 50.– Частина 2. – Херсон: Видавництво ХДУ, 2008. – С. 163–168.
150. Кузьменков С.Г. Освітнє середовище з астрономії у вищих педагогічних навчальних закладах / С.Г. Кузьменков // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Проектування освітніх середовищ як методична проблема» (Херсон, 16–19 вересня 2008 р.). – Херсон: Видавництво ХДУ, 2008. – С. 115–117.
151. Кузьменков С.Г. Основний зміст курсу астрономії в контексті фундаменталізації освіти майбутніх учителів фізики та астрономії / С.Г. Кузьменков // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2011. – Вип.17: Інноваційні технології управління компетентнісно-світоглядним становленням учителя: фізика, технології, астрономія. – С. 278–281.
152. Кузьменков С.Г. Особливості астрономічного освітнього середовища, призначеного для підготовки вчителя астрономії / С.Г. Кузьменков // Збірник наукових праць. Педагогічні науки. Випуск 55. – Херсон: Видавництво ХДУ, 2010. – С. 295–302.
153. Кузьменков С.Г. Педагогічний експеримент з перевірки ефективності фундаменталізації підготовки вчителів астрономії / С.Г. Кузьменков // Педагогічний альманах: Збірник наукових праць / редкол. В. В. Кузьменко (голова) та ін. – Херсон: КВНЗ «Херсонська академія неперервної освіти», 2012. – Випуск 15. – С. 161–169.
154. Кузьменков С.Г. Підготовка сучасного вчителя астрономії: Монографія. – Херсон: ХДУ, 2011. – 332 с.
155. Кузьменков С.Г. Про ефективність підготовки вчителів астрономії у вищих навчальних закладах. / С.Г. Кузьменков // Матеріали Всеукраїнської наук.-практ. конференції «Астрономічна освіта учнівської молоді» (Київ, 13–14 травня 2003 р.) – Київ, 2003. – С. 148–155.
156. Кузьменков С.Г. Про одну маловідому теорему / С.Г. Кузьменков // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка. Вип. 99 / Чернігівський національний педагогічний університет імені Т.Г. Шевченка; гол.

- ред. Носко М.О. – Чернігів: ЧНПУ, 2012. – С. 213–218. (Серія: Педагогічні науки).
157. Кузьменков С.Г. Проблеми формування поля астрономічних понять, призначеного для підготовки вчителя астрономії / С.Г. Кузьменков // Збірник наукових праць. Педагогічні науки. Випуск 56. – Херсон: Видавництво ХДУ, 2010. – С. 329–337.
158. Кузьменков С.Г. Проблеми шкільної і вузівської астрономічної освіти в Україні / С.Г. Кузьменков // Зб. матеріалів II наукової конференції «Вибрані питання астрономії та астрофізики» (Львів, 3–5 листопада 1998 р.). – Львів, 1998. – С. 13.
159. Кузьменков С.Г. Програма для апроксимації форми рукавів спіральних галактик / С.Г. Кузьменков, О.М. Дзись, С.С. Кузьменков, Л.О. Харченко // Географічні інформаційні системи в аграрних університетах (GISAU): Матеріали 2-ої Міжнародної наук.-метод. конференції (Херсон, 21–22 травня 2007 р.). Зб. наук. праць. – Херсон: Айлант, 2007. – С. 213–219.
160. Кузьменков С.Г. Резонансні рухи тіл в Сонячній системі / С.В. Заграй, С.Г. Кузьменков // Зб. матеріалів Всеукраїнської студентської наук.-практ. конференції «Проектування педагогічних середовищ з природничо-математичних дисциплін як методична проблема» (Херсон, 24–25 квітня 2008 р.). – Херсон: Видавництво ХДУ, 2008. – С. 11–13.
161. Кузьменков С. Розвиток творчого мислення студентів на заняттях астрономії / Наталія Чорнобильська, Сергій Кузьменков // Зб. матеріалів Всеукраїнської студентської наук.-практ. конференції «Шляхи підвищення ефективності природничо-математичної освіти в середніх загальноосвітніх закладах» (Херсон, 6–9 квітня 2000 р.). – Херсон, 2000. – С. 46–49.
162. Кузьменков С.Г. Розвиток творчого мислення студентів при вивченні спецкурсу «Фундаментальні константи фізики» / С.Г. Кузьменков // Педагогічні науки. Збірник наукових праць. – Херсон: Айлант – 1999. – Вип. 9. – С. 266–271.
163. Кузьменков С.Г. Розв'язування задач – невід'ємна частина процесу навчання астрономії / С.Г. Кузьменков // Зб. матеріалів Всеукраїнської наук.-практ. конференції «Стратегічні проблеми формування змісту курсів фізики та астрономії в системі загальної середньої освіти». – Львів, 2002. – С. 31–32.
164. Кузьменков С.Г. Розв'язування задач – невід'ємна частина процесу підготовки фахівця з астрономії / С.Г. Кузьменков // Зб. матеріалів Міжнародної наукової конференції «Астрономічна школа молодих вчених» (Чернігів, 29–31 травня 2008 р.). – Чернігів, 2008. – С. 16.
165. Кузьменков С.Г. Розробка системи тестування з астрономії для загальноосвітніх навчальних закладів в рамках компетентнісного підходу / О.С. Андрієць, С.Г. Кузьменков // Пошук молодих. Вип. 4. Зб. матеріалів Всеукраїнської студентської наук.-практ. конференції «Компетентнісний підхід до вивчення природничо-математичних дисциплін у закладах середньої ланки освіти» (Херсон, 21–22 квітня 2005 р.). – Херсон: Видавництво ХДУ, 2005. – С. 48–51.
166. Кузьменков С.Г. Сонячна система: Зб. задач: Навч. посіб. / С.Г. Кузьменков, І.В. Сокол. – К.: Вища шк., 2007. – 168 с.
167. Кузьменков С.Г. Тестові завдання з астрономії: Навчальний посібник / С.Г. Кузьменков, М.О. Бабенко. – Херсон: Видавництво ХДУ, 2008. – 64 с.
168. Кузьменков С.Г. Управління якістю підготовки майбутніх учителів астрономії / С.Г. Кузьменков // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2009. – Вип.15: Управління якістю підготовки майбутніх учителів фізики та трудового навчання. – С. 141–143.
169. Кузьменков С.Г. Уточнення морфологічної класифікації галактик Хаббла / О.М. Дзись, С.Г. Кузьменков // Пошук молодих. Вип. 6. Зб. матеріалів Всеукраїнської

- студентської наук.-практ. конференції «Проектування навчального середовища як методична проблема» (Херсон, 19–20 квітня 2007 р.). – Херсон: Видавництво ХДУ, 2007. – С. 14–16.
170. Кузьменков С.Г. Фундаменталізація астрономічної освіти майбутніх учителів фізики та астрономії / С.Г. Кузьменков // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка. Вип. 77 / Чернігівський державний педагогічний університет імені Т.Г. Шевченка; гол. ред. Носко М.О. – Чернігів: ЧДПУ, 2010. – С. 211–215. (Серія: Педагогічні науки).
 171. Кузьменков С.Г. Фундаменталізація астрономічної освіти майбутніх учителів фізики та астрономії. Діяльнісний підхід / С.Г. Кузьменков // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Вип. 89 / Чернігівський національний педагогічний університет імені Т.Г. Шевченка; гол. ред. Носко М.О. – Чернігів: ЧНПУ, 2011. – С. 293–296. (Серія: Педагогічні науки).
 172. Кузьменков С. Фундаменталізація астрономічної освіти. 1. Стрижневі ідеї / Сергій Кузьменков // Фізика та астрономія в школі. – 2010. – № 11–12. – С. 27–31.
 173. Кузьменков С. Фундаменталізація астрономічної освіти. 2. Головні базові поняття / Сергій Кузьменков // Фізика та астрономія в школі. – 2011. – № 1. – С. 24–28.
 174. Кузьменков С. Фундаменталізація астрономічної освіти. 3. Периферія поля понять й основний зміст курсу астрономії / Сергій Кузьменков // Фізика та астрономія в школі . – 2011. – № 2. – С. 23–27.
 175. Кузьменков С.Г. Шляхи підвищення ефективності навчання астрономії у вищих навчальних закладах / С.Г. Кузьменков // Матеріали міжнародної конференції «Сучасні тенденції розвитку природничо-математичної освіти» (Херсон, 11–14 вересня 2002 р.). – Херсон: Видавництво ХДПУ, 2002. – С. 176–177.
 176. Кузьменков С.Г. Шляхи удосконалення підготовки майбутнього вчителя астрономії / С.Г. Кузьменков // Матеріали Міжнародної науково-методичної конференції «Сучасний стан природничо-математичної та технологічної освіти: тенденції, перспективи» (Херсон, 28–29 жовтня 2010 р.) / Наук. ред. Г.С. Юзбашева. – Херсон: Айлант. – 2010. – Випуск 13. – С. 20–23.
 177. Кузьменков С. Що таке планети? / Сергій Кузьменков // Фізика та астрономія в школі. – 2010. – № 3. – С. 24–28.
 178. Кузьменков С. Що таке час? Задачний підхід в астрономії / Сергій Кузьменков, Ігор Сокол // Фізика та астрономія в школі. – 2009. – № 6. – С. 17–20.
 179. Кузьменков С. Як доказово викладати астрономію / Сергій Кузьменков // Фізика та астрономія в школі. – 1999. – № 2. – С. 34–37.
 180. Куликовский П.Г. Звездная астрономия / П.Г. Куликовский. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985. – 272 с.
 181. Курлаева А. А. Содержание и методика изложения вопросов астрофизического характера в курсе физики: дисс. ... кандидата пед.наук: 13.00.02 / Курлаева Анастасия Алексеевна. – М., 1963. – 267 с.
 182. Курт В.Г. Правильно ли астрономы представляют себе мир? / В.Г. Курт // Земля и Вселенная. – 1996. – № 5. – С. 17–22.
 183. Курышев В.И. Практикум по астрономии: Учеб. пособие для студентов физ. и мат. спец. пед. ин-тов / В.И. Курышев. – М.: Просвещение, 1986. – 144 с.
 184. Кух А.М. Фахові компетентності учителя фізики та їх формування / А.М. Кух // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Вип. 89 / Чернігівський національний педагогічний університет імені Т.Г. Шевченка; гол. ред. Носко М.О. – Чернігів: ЧНПУ, 2011. – С. 304–309.
 185. Ландау Л.Д. Механика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Наука, 1973. – 208 с. – (Серія: «Теоретическая физика», том I).

186. Ландау Л.Д. Статистическая физика. Часть 1 / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – [Изд. 3-е, доп.]. – М.: Наука, 1976. – 584 с. – (Серия: «Теоретическая физика», том V).
187. Ландау Л.Д. Теория поля / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Наука, 1973. – 504 с. (Серия: «Теоретическая физика», том II).
188. Левин Б.Ю. Комета Галлея / Б.Ю. Левин, А.Н. Симоненко. – М.: «Знание», 1984. – 64 с. (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Космонавтика, астрономия»; № 1).
189. Левитан Е.П. Дидактика астрономии / Е.П. Левитан. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 296 с.
190. Левитан Е.П. К обучению астрономии через педагогику SETI / Е.П. Левитан, Л.Н. Филиппова // Земля и Вселенная. – 2000. – № 6. – С. 73–82.
191. Лейзер Д. Создавая картину Вселенной / Д. Лейзер; пер. с англ. С.А. Ламзина / Под ред. Л.П. Грищука. – М.: Мир, 1988. – 324 с.
192. Лем С. Одиноки ли мы в космосе? / С. Лем // Знание – сила. – 1977. – № 7. – С. 40–41.
193. Ленг К. Астрофизические формулы. Руководство для физиков и астрофизиков. Часть 1 / К. Ленг; пер. с англ. под ред. Л.А. Покровского и В.Л. Хохловой – М.: Мир, 1978. – 448 с.
194. Ленг К. Астрофизические формулы. Руководство для физиков и астрофизиков. Часть 2 / К. Ленг; пер. с англ. под ред. Д.К. Надежина и Л.М. Озерного – М.: Мир, 1978. – 384 с.
195. Липунов В.М. Научно открываемый Бог / В.М. Липунов // Земля и Вселенная. – 1995. – № 1. – С. 37–47.
196. Лисина Н. В. Содержание и методика постановки занятий по практической астрономии в педагогическом институте: дисс. ... кандидата пед. наук: 13.00.02 / Лисина Наталья Владимировна. – М., 1967. – 378 с.
197. Ляшенко О.І. Формування фізичного знання в учнів середньої школи: Логіко-дидактичні основи / О.І. Ляшенко. – К.: Генеза, 1996. – 128 с.
198. Максименко Е. В. Вопросы современной астрофизики в учебных курсах педагогического вуза и общеобразовательной школы: дисс. ... кандидата пед. наук: 13.00.02 / Максименко Елена Владимировна. – Брянск, 2000. – 205 с.
199. Максимчук А.П. Психологічні особливості становлення ціннісних орієнтацій майбутнього вчителя у процесі професійної підготовки: дис. канд. псих. наук: 19.00.07 / А.П. Максимчук. – К.: НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2000. – 224 с.
200. Малахова Г.И. Дидактический материал по астрономии: Пособие для учителя / Г.И. Малахова, Е.К. Страут. – [2-е изд., перераб.] – М.: Просвещение, 1984. – 96 с.
201. Малина Я. Природные катастрофы и пришельцы из космоса / Я. Малина, Р. Малинова; пер. с чешского И.И. Попа и Ю.И. Ритчика / Под ред. С.В. Лескова. – М.: Прогресс, 1993. – 352 с.
202. Мартынов Д.Я. Курс общей астрофизики: Учеб. для вузов / Д.Я. Мартынов. – М.: Наука, 1988. – 640 с.
203. Мартынов Д.Я. Сборник задач по астрофизике / Д.Я. Мартынов, В.М. Липунов. – М.: Наука, 1986. – 128 с.
204. Мартинюк М.Т. Вивчення фізики і астрономії в основній школі: /Теорет. і метод. засади / М.Т. Мартинюк. – К.: ТОВ «Міжнар. фін. агенція», 1998. – 274 с.
205. Мартинюк М.Т. Методичні основи використання сучасних засобів навчання з астрономії у підготовці майбутніх учителів фізики і астрономії: Монографія / М.Т. Мартинюк, І А. Ткаченко. – Умань: ПП Жовтий, 2009. – 236 с.
206. Масевич А.Г. Эволюция звёзд: теория и наблюдения / А.Г. Масевич, А.В. Тутуков. – М.: Наука, 1988. – 280 с.

207. Маткин В.В. Ценностно-синергетический подход и его реализация в процессе педагогической подготовки будущих учителей / В.В. Маткин // Наука и школа. – 2001. – № 6. – С. 10–12.
208. Методика преподавания астрономии в средней школе: Пособие для учителя / Б.А. Воронцов-Вельяминов, М.М. Дагаев, А.В. Засов и др. – 2-е изд., перераб. – М.: Просвещение, 1985. – 240 с.
209. Михайлов О.В. Блеск и нищета астрологии / О.В. Михайлов. – М.: КомКнига, 2005. – 240 с.
210. Мирошніченко Ю. Б. Формування астрономічних знань старшокласників засобами інформаційно-комунікаційно технологій: дис. ... кандидата пед. наук: 13.00.02 / Мирошніченко Юрій Борисович. – К., 2011. – 229 с.
211. Місячна одіссея / Під ред. Я.С. Яцківа. – К.: Академперіодика, 2007. – 241 с.
212. Монахов В.М. Аксиоматический подход к проектированию педагогической технологии / В.М. Монахов // Педагогика. – 1997. – № 6. – С. 26–31.
213. Моше Д. Астрономия: Кн. для учащихся / Д. Моше; пер. с англ. / Под ред. А.А. Гурштейна. – М.: Просвещение, 1985. – 255 с.
214. Мурашов Д.А. О подготовке учителей к преподаванию астрономии в средней школе: дисс. ... кандидата пед. наук: 13.00.02 / Мурашов Дмитрий Александрович. – Калинин, 1962. – 193 с.
215. Насипов А.Ж. Этапы становления технологической культуры личности: грамотность, компетентность, культура / А.Ж. Насипов // Наука и школа. – 2010. – № 3. – С. 15–20.
216. Національна доктрина розвитку освіти України у ХХІ ст. // Педагогіка і психологія професійної освіти. – 2002. – № 1. – С. 9–22.
217. Новиков А.М. О предмете и структуре методологии / А.М. Новиков, Д.А. Новиков // Мир образования – образование в мире. – 2008. – № 1. – С. 29–40.
218. Новиков И.Д. Как взорвалась Вселенная / И.Д. Новиков. – М.: Наука, 1988. – 176 с. – (Б-ка «Квант». – Вып. 68).
219. Новиков И.Д. Физика чёрных дыр / И.Д. Новиков, В.П. Фролов. – М.: Наука, 1986. – 328 с.
220. Новиков И.Д. Чёрные дыры во Вселенной. – М.: Знание, 1977. – 64 с. (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Космонавтика, астрономия»; № 7).
221. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования: Учебное пособие для студ. пед. вузов и системы повышения квал. пед. кадров / Е.С. Полат, М. Ю. Бухаркина, М.В. Моисеева, А.Е. Петров; Под ред. Е.С. Полат. – М.: Изд. Центр «Академия», 2000. – С. 157–200.
222. Образование и ХХІ век: Информационные и коммуникационные технологии. – М.: Наука, 1999. – 191 с.
223. Огарев Е.И. Компетентность образования: социальный аспект / Е.И. Огарев. – СПб.: РАО ИОВ, 1995. – 213 с.
224. Окунь Л.Б. Фундаментальные константы физики / Л.Б. Окунь // УФН. – 1991. – Т. 161. – № 9. – С. 177–194.
225. Определение понятия планета II / Российская астрономическая сеть «Астронет» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.astronet.ru/db/msg/1215378>
226. Оптимизация обучения физике и астрономии: Кн. для учителя: Из опыта работы / [В.Д. Борисов, А.Н. Гаваза, Ю.В. Деменьков и др.] Под ред. Д.И. Пеннера. – М.: Просвещение, 1989. – 128 с.

227. Орищин Ю.М. До питання про особливості розв'язання окремих проблем освіти з погляду сучасної гуманістичної парадигми / Ю.М. Орищин // Зб. наук. праць К-ПДПУ: Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський: К-ПДПУ, 2007. – Вип. 13. – С. 96–99.
228. Ослон А.А. Человек – «миноритарный акционер» картины мира / А.А. Ослон // Отечественные записки. – 2002. – № 3. – С. 3–8.
229. Осмоловская И.М. О культурологическом подходе к формированию содержания образования / И.М. Осмоловская, И.В. Шалыгина // Образование и наука. – 2006. – № 2. – С. 120–127.
230. Оспенникова Е.В. Взаимосвязь системы видов учебного познания, методов обучения и организационных форм построения учебного процесса / Е.В. Оспенникова // Наука и шк. – 2001. – № 4. – С. 20–26.
231. Перов Н.И. Проблема поиска внеземных цивилизаций в Метагалактике. Примеры и задачи: Учебное пособие / Н.И. Перов. – Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 1998. – 83 с.
232. Пехота О.М. Освітні технології / О.М. Пехота, А.З. Кіктенко, О.М. Любарська та ін.; за заг. ред. О.М. Пехоти. – [навчально-методичний посібник]. – К.: А.С.К., 2001. – 256 с.
233. Пехота О.М. Особистісно орієнтована освіта і технології / О.М. Пехота // Наукові праці. Серія: Педагогіка. – 2000 – т. 7. – С. 28–29.
234. Пинский А.А. Метод модельных гипотез как метод познания и объект изучения / А.А. Пинский, В.Г. Разумовский // Физика в шк. – 1997. – № 2. – С. 30–35.
235. Платов Ю.В. НЛО и современная наука / Ю.В. Платов, В.В. Рубцов. – М.: Наука, 1991. – 176 с.
236. Подмазін С.І. Особистісно-орієнтований освітній процес. Принципи. Технології / С.І. Подмазін // Педагогіка і психологія – 1997. – № 2. – С. 37–43.
237. Пономарева Е.А. Урок по изучению понятия модели / Е.А. Пономарева // Информатика и образование. – 1999. – № 6. – С. 47–50.
238. Попов С.Б. 10 заповедей астрофизики [Электронный ресурс] / С.Б. Попов // Троицкий вариант – Наука. – 2011. – № 75. – Режим доступа до газети: <http://trv-science.ru/2011/03/29/10-zapovedej-sovremennoj-astrofiziki/>
239. Попов С.Б. Как разложить планеты по полочкам или Астрономии требуются Линнеи / С.Б. Попов // Вселенная. Пространство. Время. – 2006. – № 12. – С. 4–10.
240. Природоведение: Учебник для 5-го класса / [Т.И. Базанова, Е.В. Новак, А.Г. Дербенева, В.И. Садкина]. – Х.: Мир детства, 2005. – 192 с.
241. Пришляк М.П. Астрономія: Підручник для 11 класу загальноосвітніх навчальних закладів / М.П. Пришляк. – Київ: «Академперіодика», 2008. – 148 с.
242. Про вищу освіту: Закон України // Освіта. – 2002. – № 12–13.
243. Програми для фізико-математичних факультетів педагогічних інститутів . Збірник. № 3: Астрономія, астрономічна практика, державний екзамен з астрономії з методикою викладання, електротехніка та радіоелект

- роніка / [під заг. керівництвом М.І. Шкіля та Г.П. Грищенка]. – К.: РУМК, 1992. – 76 с.
244. Прудников А.П. Интегралы и ряды. Элементарные функции / А.П. Прудников, Ю.А. Брычков, О.И. Маричев. – М.: Наука, 1981. – 800 с.
245. Пуанкаре А. О науке / А. Пуанкаре; пер. с франц. под ред. Л.С. Понтрягина. – [2-е изд.] – М.: Наука, 1990. – 736 с.
246. Пупышева Е.Л. Профессиональная компетентность будущего учителя как общее условие формирования профессионально значимых личностных качеств / Е.Л. Пупышева // Наука и школа. – 2003. – № 6. – С. 5–9.
247. Пшеничнер Б.Г. Внеурочная работа по астрономии: Кн. для учителя: Из опыта работы / Б.Г. Пшеничнер, С.С. Войнов. – М.: Просвещение, 1989. – 208 с.
248. Разумовский В.Г. Деятельность преподавания как стратегический ресурс образования. / В.Г. Разумовский, Ю.А. Сауров // Наука и школа. – 2004. – № 6. – С. 2–9.
249. Разумовский В.Г. Обучение школьников и развитие их способностей / В. Г. Разумовский, Р.К. Рабоджийска // Физика в шк. – 1994. – № 2. – С. 52–56.
250. Розгачева И.К. Фракталы в космосе / И.К. Розгачева // Земля и Вселенная. – 1993. – № 1. – С. 10–16.
251. Розенталь И.Л. Вселенная и частицы / И.Л. Розенталь. – М.: Знание, 1990. – 64 с. (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Космонавтика, астрономия»; № 11).
252. Розенталь И.Л. Геометрия, динамика, Вселенная / И.Л. Розенталь, И.В. Архангельская. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 200 с.
253. Розенталь И.Л. Физические закономерности и численные значения фундаментальных постоянных / И.Л. Розенталь // УФН. – 1980. – Т.131. – Вып.2. – С. 239–256.
254. Розенталь И.Л. Элементарные частицы и структура Вселенной / И.Л. Розенталь. – М.: Наука, 1984. – 112 с.
255. Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии / С.Л. Рубинштейн. – СПб.: Питер, 2011. – 713 с. (серия «Мастера психологии»).
256. Румянцев А.Ю. Методика преподавания астрономии в средней школе / А.Ю. Румянцев. – Российская астрономическая сеть «Астронет» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.astronet.ru/db/msg/1177040/>
257. Саакян Г.С. Физика нейтронных звезд / Г.С. Саакян. – Дубна, 1995. – 348 с.
258. Савельев И.В. Курс общей физики: Учеб. пособие: в 3-х т. – Т. 1 Механика. Молекулярная физика / И.В. Савельев. – М.: Наука, 1986. – 432 с.
259. Савченко О. Основні напрямки реформування шкільної освіти / О. Савченко // Шлях освіти. – 1998. – № 1. – С. 2–6.
260. Садовников И. Фундаментализация как стратегическое направление модернизации содержания вузовского образования / И. Садовников // Alma

- mater (Вестник высшей школы). – 2004. – № 10. – С. 29–30.
261. Садовский В.Н. Система / В.Н. Садовский, Э.Г. Юдин // Философская энциклопедия: в 5-ти томах / Гл.ред. Ф.В. Константинов. Т. 5. – М.: Сов. энциклопедия, 1970. – С. 18–21.
262. Сажин М.В. Современная космология в популярном изложении / М.: Едиториал УРСС, 2002. – 240 с.
263. Самойленко П.И. Повышение эффективности учебного процесса по физике на основе прагматологического подхода / П.И. Самойленко, С.В. Семенова // Зб. наук. праць К-ПДПУ: Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський: К-ПДПУ, 2003. – Вип. IX. – С. 65–68.
264. Саморуков Б.Е. Многоуровневое образование: проблемы, сущность, перспективы / Б.Е. Саморуков, С.А. Тихомиров // Актуальные проблемы развития высшей школы. Переход к многоуровневому образованию: Межвуз. сб. науч. трудов. – СПб., 1993. – С. 15–19.
265. Сахаров А.Д. Космологические переходы с изменением сигнатуры метрики / А.Д. Сахаров // ЖЭТФ. – 1984. – Т. 87. – Вып. 2(8). – С. 375–383.
266. Сборник задач по общему курсу физики: Учеб. пособие: Для вузов. В трех частях. Ч.1. Механика. Термодинамика и молекулярная физика / Под ред. В.А. Овчинкина. – М.: Изд-во МФТИ, 1998. – 416 с.
267. Сборник задач по общему курсу физики: Учеб. пособие: Для вузов. В трёх частях. Ч.3. Атомная и ядерная физика. Строение вещества / Под ред. В.А. Овчинкина. – М.: Изд-во МФТИ, 2001. – 432 с.
268. Святский Д.О. Астрономия Древней Руси / Д.О. Святский. – М.: НП ИД «Русская панорама», 2007. – 664 с. – (Возвращенное наследие: памятники исторической мысли).
269. Середюк Н. Астрономічна освіта в школі очима вчителів / Наталія Середюк, Марина Коваленко // Фізика та астрономія в школі. – 2009. – № 5. – С. 8–10.
270. Сидоренко Е.В. Методы математической обработки в психологии / Е.В. Сидоренко. – СПб.: ООО «Речь», 2003. – 350 с.
271. Силк Дж. Большой взрыв / Дж. Силк; пер. с англ. А.Г. Полнарева / Под ред. И.Д. Новикова. – М.: Мир, 1982. – 391 с.
272. Сисоева С.О. Педагогічні технології у сучасному освітньому просторі / С.О. Сисоева // Розвиток педагогічної і психологічної наук в Україні 1992–2002. Збірник наукових праць до 10-річчя АПН України / Академія педагогічних наук України. – Частина 2. – Харків: «ОВС», 2002. – С. 311–325.
273. Слободчиков В.И. О возможных уровнях анализа проблемы рефлексии / В.И. Слободчиков // Проблемы логической организации рефлексивных процессов. – Новосибирск, 1986. – 240 с.
274. Словарь иностранных слов / под ред. А.Г. Спиркина, И.А. Акчурина, Р.С. Карпинской. – М.: Рус. яз., 1986 – 608 с.
275. Соболев В.В. Курс теоретической астрофизики / В.В. Соболев. – М.: Наука, 1975. – 504 с.

276. Соколов И.М. Фракталы / И.М. Соколов // Квант. – 1989. – № 5. – С. 6–13.
277. Спиридонов О.П. Фундаментальные физические постоянные: Учеб. пособие для вузов / О.П. Спиридонов. – М.: Высш. шк., 1991. – 238 с.
278. Спиркин А.Г. Философия: Учебник / А.Г. Спиркин. – М.: Гардарики, 1999. – 816 с.
279. Спусканюк Л.В. Стан проблеми особистісно орієнтованого навчання у психолого-педагогічній літературі / Л.В. Спусканюк, С.Є. Яценко // Науковий часопис НПУ ім. М.П. Драгоманова: зб. наук. праць. – К., 2005 . – Вип. 1. – (Серія 3. «Фізика і математика у вищій школі»). – С. 45–50.
280. Субетто А.И. Компетентностный подход: онтология, эпистемология, системные ограничения, классификация – и его место в системе ноосферного императива в XXI веке / А.И. Субетто. – М.; Уфа: Исслед. центр проблем качества подготовки специалистов, 2007. – 95 с.
281. Сурдин В.Г. Астрология – наука или гадание? / В.Г. Сурдин // Физика в школе. – 1991. – № 3. – С. 60–64.
282. Сурдин В.Г. Астрология – часть массовой культуры / В.Г. Сурдин // Земля и Вселенная. – 1990. – № 3. – С. 80–85.
283. Сурдин В.Г. Астрология и наука / В.Г. Сурдин. – Фрязино: «Век 2», 2007 . – 96 с.
284. Сурдин В.Г. Астрономические олимпиады: Задачи с решениями / В.Г. Сурдин. – М., 1995. – 320 с.
285. Сурдин В.Г. НЛО: записки астронома / В.Г. Сурдин. – Фрязино: «Век 2», 2007. – 64 с.
286. Сурдин В.Г. Рождение звёзд / В.Г. Сурдин. – М.: УРСС, 2001. – 264 с.
287. Сурдин В.Г. Столкновение с НЛО / В.Г. Сурдин // Физика в школе. – 1991. – № 6. – С. 63–69.
288. Сурдин В.Г. Столкновение с НЛО / В.Г. Сурдин // Физика в школе. – 1992. – № 1–2. – С. 29–34.
289. Суханов Е.А. Проблемы реформирования высшего юридического образования в России / Е.А. Суханов // Вестник МГУ. Серия 11. Право. – 1996. – № 5. – С. 3–14.
290. Таланчук Н.М. Системно-синергетическая организация педагогики и учебно-воспитательного процесса / Н.М. Таланчук. – Казань, 1993. – 96 с.
291. Тейлер Р.Дж. Строение и эволюция звёзд / Р.Дж. Тейлер; пер. с англ. под ред. В.С. Имшенника. – М.: Мир, 1973. – 280 с.
292. Теоретические основы содержания общего среднего образования / Под ред. В.В. Краевского и И.Я. Лернера. – М.: Педагогика, 1983. – 352 с.
293. Теория и методика обучения физике в школе: Общие вопросы: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / С.Е. Каменецкий, Н.С. Пурышева, Н.Е. Важеевская и др.; Под ред. С.Е. Каменецкого, Н.С. Пурышевой. – М.: Издательский центр «Академия», 2000. – 368 с.
294. Терещук Г.В. Компетентнісний підхід як фактор зближення освітніх систем / Г.В. Терещук // Матеріали регіонального науково-практичного

- семінару «Професійні компетенції та компетентності вчителя», 28–29 листопада 2006 р. – Тернопіль: Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, 2006. – С. 5–10.
295. Ткаченко І.А. Єдність змістового і процесуального компонента методичної системи у підготовці учителя фізики і астрономії / І.А. Ткаченко // Збірник науково-методичних праць «Теорія та методика вивчення природничо-математичних і технічних дисциплін». Наукові записки Рівненського державного гуманітарного університету. Випуск 14. – Рівне: Волинські обереги, 2010. – С. 77–81.
296. Ткаченко І.А. Методичні основи застосування системи засобів навчання з астрономії у підготовці майбутніх учителів фізики і астрономії: дис. ... кандидата пед. наук: 13.00.02 / Ткаченко Ігор Анатолійович. – Умань, 2005. – 188 с.
297. Ткаченко І.А. Модель змісту методичної підготовки майбутнього вчителя астрономії / І.А. Ткаченко // Наукові записки. – Серія: Педагогічні науки, Випуск 108. – Частина 2. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім . В. Винниченка, 2012. – С. 132–137.
298. Толстой Л.Н. Война и мир. Тома первый и второй / Л.Н. Толстой. – М.: «Художественная литература», 1968. – 736 с. – (Б-ка всемирной лит-ры, том 113).
299. Угольников О.С. Почему жива астрология? / О.С. Угольников // Звездочет. – 1999. – № 2–3. – С. 16–18.
300. Усова А.В. Актуальные проблемы формирования научных понятий у учащихся школ и студентов вузов. / А.В. Усова // Научные понятия в учебно-воспитательном процессе школы и вуза: Тез. докл. XXV Межвуз . научно-практ. сем. – Челябинск: Факел, 1995. Ч. I. – С. 5–7.
301. Усова А.В. Формирование у школьников научных понятий в процессе обучения / А.В.Усова. – М.: Педагогика, 1986. – 176 с.
302. Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике: Задачи и упражнения с ответами и решениями / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс; пер. с англ. / Под общей ред. А.П. Леванюка. – М.: Мир, 1969. – 624 с.
303. Физика космоса: Маленькая энциклопедия/Ред. кол. Р.А.Сюняев (Гл. Ред .) и др. – Сов. энциклопедия, 1986. – 783 с.
304. Физические величины: Справочник / Под. ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.
305. Философский энциклопедический словарь / Гл. ред.: Л.Ф. Ильичев, П.Н. Федосеев, С.М. Ковалев, В.Г. Панов. – М.: Сов. энциклопедия, 1983. – 839 с.
306. Філософський словник / За редакцією В.І. Шинкарука. – К.: Голов. ред. УРЕ, 1986. – 800 с.
307. Фіцула М.М. Педагогіка: Навчальний посібник для студентів вищих педагогічних закладів освіти / М.М. Фіцула. – К.: Видавничий центр «Академія», 2002. – 528 с.
308. Формування загальнолюдських та національних цінностей під час навчання природничо-математичних дисциплін: зб. «Пошук молодих –

- 2» / За ред. В.Д. Шарко. – Херсон: Видавництво ХДУ, 2003. – 178 с.
309. Фундаментальные физические постоянные (1998) // УФН. – 2003. – Т. 173. – № 3. – С. 339–344.
310. Фурман А.В. Психодидактична експертиза модульно-розвивальних підручників: Монографія / А.В. Фурман, А.Н. Гірняк. – Тернопіль: ТНЕУ, «Економічна думка», 2009. – 312 с.
311. Фурман А.В. Теорія освітньої діяльності як метасистема / А.В. Фурман // Психологія і суспільство. – 2001. – № 3. – С. 105–144.
312. Хейфець І. Викладання астрономії в середніх загальноосвітніх навчальних закладах України: проблеми, завдання, перспективи / Ігор Хейфець // Фізика та астрономія в школі. – 2008. – № 5–6. – С. 40–42.
313. Хейфець І. Про стан підготовки вчителів астрономії для загальноосвітніх навчальних закладів / Ігор Хейфець // Фізика та астрономія в школі. – 2010. – № 6. – С. 42–43.
314. Хоменко О. Основні результати Всеукраїнського моніторингу формування в учнів світоглядних і загальнокультурних уявлень про небесні тіла та Всесвіт / Олена Хоменко // Фізика та астрономія в школі. – 2009. – № 5. – С. 3–8.
315. Хоровиц Н. Поиски жизни в Солнечной системе / Н. Хоровиц; пер. с англ. В.А. Отрощенко / Под ред. М.С. Крицкого. – М.: Мир, 1988. – 187 с.
316. Цицин Ф.А. Вселенная фракталов / Ф.А. Цицин // Земля и Вселенная. – 1997. – № 6. – С. 13–25.
317. Цуканов С.А. SETI в каждый дом! / С.А. Цуканов // Звездочет. – 1999. – № 7. – С. 28–29.
318. Чалый А.В. Синергетический подход – необходимая составляющая инновационных процессов в образовании / А.В. Чалый // Розвиток педагогічної і психологічної наук в Україні 1992–2002. Збірник наукових праць до 10-річчя АПН України / Академія педагогічних наук України. – Частина 2. – Харків: «ОВС», 2002. – С. 125–133.
319. Черепашук А.М. Поиски черных дыр / А.М. Черепашук // Вестник Российской Академии наук. – 2004. – Т. 74. – № 6. – С. 488–506.
320. Чернин А.Д. Звёзды и физика / А.Д. Чернин. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 176 с.
321. Чернин А.Д. Физика времени / А.Д. Чернин. – М.: Наука, 1987. – 224 с. – (Б-ка «Квант». – Вып. 59).
322. Чурюмов К.И. Кометы и их наблюдение / К.И. Чурюмов. – М.: «Наука», 1980. – 170 с.
323. Шамова Т.И. Активизация учения школьников / Т.И. Шамова. – М.: Педагогика, 1982. – 209 с.
324. Шарко В.Д. Компетентний вчитель – запорука реалізації компетентнісного підходу до навчання учнів фізики / В.Д. Шарко // Збірник наукових праць. Педагогічні науки. Вип. 38. – Херсон: Видавництво ХДУ, 2005. – С. 127–134.

325. Шарко В.Д. Методична підготовка вчителя фізики в умовах неперервної освіти / В.Д. Шарко. – Херсон: Видавництво ХДУ, 2006. – 400 с.
326. Шарко В.Д. Методологічні засади сучасного уроку: Посібник для студентів, керівників шкіл, вчителів, працівників післядипломної освіти / В.Д. Шарко. – Херсон: Видавництво ХНТУ, 2009. – 120 с.
327. Шарко В.Д. Рефлексивний підхід до навчання як умова впровадження особистісно-орієнтованих технологій / В.Д. Шарко // Збірник наукових праць. Педагогічні науки. Вип. 32. – Частина 2. – Херсон: Видавництво ХДУ, 2002. – С.190–196.
328. Шарко В.Д. Самостійна робота в системі методичної підготовки вчителя фізики / В.Д. Шарко // Зб. матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції «Освітнє середовище як методична проблема» (Херсон, 14–15 вересня 2006 р.). – Херсон: Видавництво ХДУ, 2006. – С. 77–81.
329. Шатковська Г.І. Характеристика фундаменталізації навчання студентів у контексті сучасних стратегій удосконалення навчання у вищій школі / Г.І. Шатковська // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Вип. 89 / Чернігівський національний педагогічний університет імені Т.Г. Шевченка; гол. ред. Носко М.О. – Чернігів: КНПУ, 2011. – С. 437–440 (Серія: Педагогічні науки).
330. Шиллинг Г. Статистическая физика в примерах / Г. Шиллинг; пер. с нем. под ред. Д.Н. Зубарева и Э.Л. Нагаева. – М.: Мир, 1976. – 432 с.
331. Шиянов Е.Н. Идеи гуманизации образования в контексте отечественных теорий личности / Е.Н. Шиянов, И.Б. Котова. – Ростов н/Д, 1995. – 245 с.
332. Шкловский И.С. Вселенная, жизнь, разум / И.С. Шкловский. – М.: Наука, 1987. – 320 с.
333. Шкловский И.С. Звёзды: их рождение, жизнь и смерть / И.С. Шкловский. – М.: Наука, 1984. – 384 с.
334. Шкловский И.С. Одни во Вселенной? / И.С. Шкловский // Знание – сила. – 1977. – № 6. – С. 32–36.
335. Шкловский И.С. Размышления об астрономии, ее взаимосвязи с физикой и технологией и влиянии на современную культуру / И.С. Шкловский // Вопр. философии. – 1969. – № 5. – С. 52–62.
336. Шкловский И.С. Существуют ли внеземные цивилизации? / И.С. Шкловский // Земля и Вселенная. – 1985. – № 3. – С. 76–80.
337. Штофф В.А. Моделирование и философия / В.А. Штофф. – М.: Наука, 1966. – 301 с.
338. Щеглов П.В. Отраженные в небе мифы Земли / П.В. Щеглов. – М.: Наука, 1986. – 112 с.
339. Энциклопедия для детей. Т. 8. Астрономия / Глав. ред. М.Д. Аксёнова. – М.: Аванта+, 1997. – 688 с.
340. Юдин Э.Г. Что такое системный подход? / Э.Г. Юдин // Политическое самообразование. – 1975. – № 4. – С. 12–19.
341. Юргенс Х. Язык фракталов / Х. Юргенс, Х.-О. Пайтген, Д. Заупе // В мире науки. – 1990. – №10. – С. 36–44.

342. Юцявичене П. Теория и практика модульного обучения / П. Юцявичене. – Каунас: Швиеса, 1089. – 272 с.
343. Ядерная астрофизика / Под ред. Ч. Барнса, Д. Клейтона, Д. Шрамма; пер. с англ. под ред. А.Г. Масевич. – М.: Мир, 1986. – 519 с.
344. Язев С.А. Уровень астрономических знаний в обществе / С.А. Язев, С.С. Комарова // Земля и Вселенная. – 2009. – № 5. – С. 74–83.
345. Яковлев Д.Г. Строение нейтронных звезд / Д.Г. Яковлев // Земля и Вселенная. – 1992. – № 3. – С. 14–22.
346. Ясперс К. Идея университета / Карл Ясперс; пер. с нем. Т.В. Тягуновой. – Минск: БГУ, 2006. – 159 с.
347. Яцкин В. Летали ли американцы на Луну? / В. Яцкин, Ю. Красильников [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tonos.ru/articles/moonhoax/>
348. Яцків Я. Астрономія – передовий рубіж природознавства / Ярослав Яцків, Іван Крячко // Фізика та астрономія в школі. – 2010. – № 1. – С. 3 – 9.
349. Beer M.E. How special is the Solar system? / M.E. Beer, A.R. King, M. Livio, J.E. Pringle // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. – 2004. – V. 354. – Issue 3. – pp. 763–768.
350. Belbruno E. Where Did the Moon Come From? / E. Belbruno, J. R. Gott // The Astronomical Journal. – 2005. – V. 129. – Issue 3. – pp. 1724–1745.
351. Byrd Gene G. Cosmology: Foundations and Frontiers / G.G. Byrd, A.D. Chernin, M.J. Valtonen. – М.: KomKniga, 2007. – 488 с.
352. Goldreich P. Final Stages of Planet Formation / P. Goldreich, Y. Lithwick, R. Sari // The Astrophysical Journal. – 2004. – V. 614. – Issue 1. – pp. 497–507.
353. Johnson J.L. The First Stars / J.L. Johnson, T.H. Greif, V. Bromm // Massive Stars as Cosmic Engines, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium. – 2008. – V. 250. – pp. 471–482.
354. McKee C.F. Theory of star formation / C.F. McKee, E.C. Ostriker // Annual Review of Astronomy & Astrophysics. – 2007. – V. 45. – Issue 1. – pp. 565–687.
355. Minniti D. The Galactic bulge: a review / D. Minniti, M. Zoccali // Formation and Evolution of Galaxy Bulges, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium. – 2008 – V. 245. – pp. 323–332.
356. Prantzos N. On the chemical evolution of the Milky Way / N. Prantzos // The Galaxy Disk in Cosmological Context, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium. – 2009. – V. 254. – pp. 381–392.
357. Reid M.J. Is There a Supermassive Black Hole at the Center of the Milky Way? / M.J. Reid // International Journal of Modern Physics D. – 2009. – V. 18. – Issue 06. – pp. 889–910.
358. Schneider J. The Extrasolar Planets Encyclopedia. / J. Schneider [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://exoplanet.eu/>
359. Schroder K.-P. Distant future of the Sun and Earth revisited / K.-P. Schroder, S.R. Cannon // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. – 2008. –

- V. 386. – Issue 1. – pp. 155–163.
360. Soter S. What is a planet? / S. Soter // *Astronomical Journal*. – 2006. – V. 132 . – pp. 2513–2519.
361. Ziolkowski J. Masses of Black Holes in the Universe / J. Ziolkowski // *Chinese Journal of Astronomy & Astrophysics Supplement*. – 2008. – V. 8. – pp. 273–280.

Тести для перевірки засвоєння змістового модулю «Кінематика Сонячної системи» (контрольно-рефлексивний етап) [167]

1. Доказами осьового обертання Землі є:
 - 1) стиснення Землі у полюсів;
 - 2) дослідження променевих швидкостей зір;
 - 3) підмивання у північній півкулі лівих берегів річок;
 - 4) відхилення падаючих тіл на схід.
2. Доказами обертання Землі навколо Сонця є:
 - 1) паралактичне зміщення зір;
 - 2) експеримент з маятником Фуко;
 - 3) абераційне зміщення зір;
 - 4) зміна сезонів року на Землі.
3. Скільки класичних планет обертається навколо Сонця?
 - 1) 4;
 - 2) 8;
 - 3) 9;
 - 4) 10.
4. Внутрішніми по відношенню до Землі є планети:
 - 1) Меркурій;
 - 2) Венера;
 - 3) Марс;
 - 4) Юпітер.
5. Зовнішніми по відношенню до Землі є планети:
 - 1) Меркурій;
 - 2) Венера;
 - 3) Марс;
 - 4) Юпітер.
6. За Марсом найзручніше спостерігати коли він знаходиться у:
 - 1) верхньому сполученні;
 - 2) протистоянні;
 - 3) нижньому сполученні;
 - 4) елонгації.
7. Які планети можуть перебувати у нижньому сполученні з Сонцем?
 - 1) Меркурій;
 - 2) Венера;
 - 3) Марс;
 - 4) Юпітер.
8. Положення планети на кутовій відстані від Сонця називають:
 - 1) квадратурою;
 - 2) елонгацією;
 - 3) сполученням;
 - 4) протистоянням.
9. Яка конфігурація зображена на рис. 1?
 - 1) Нижнє сполучення.

- 2) Верхнє сполучення.
- 3) Протистояння.
- 4) Елонгація.

10. Яка конфігурація зображена на рис. 2?

- 1) Нижнє сполучення.
- 2) Верхнє сполучення.
- 3) Протистояння.
- 4) Елонгація.

11. Рівняння синодичного руху:

- 1) дає можливість розрахувати синодичні періоди інших планет;
- 2) пов'язує синодичні періоди планет з їх сидеричними періодами;
- 3) дає можливість розрахувати сидеричний період Землі;
- 4) дає можливість розрахувати сидеричні періоди інших планет.

12. Перший закон Кеплера формулюють так:

- 1) усі планети рухаються по еліпсах, у центрі яких розташовано Сонце;
- 2) усі планети рухаються по колах, у центрі яких розташовано Сонце;
- 3) усі планети рухаються по еліпсах, в одному з фокусів яких перебуває Сонце;
- 4) планети рухаються по колах або еліпсах, у центрі яких перебуває Сонце.

13. Ексцентриситет еліпса визначається так:

- 1) $e = \frac{c}{a}$, де c – половина відстані між фокусами, a – велика піввісь;
- 2) $e = \frac{c}{b}$, де c – відстань між фокусами, b – велика піввісь;
- 3) $e = \frac{c}{a}$, де c – велика піввісь, b – мала піввісь;
- 4) $e = \frac{c}{b}$, де c – велика піввісь, b – мала піввісь.

14. Найближча до Сонця точка земної орбіти називається:

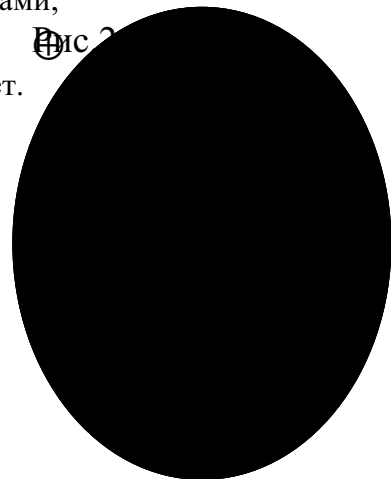
- 1) перигей;
- 2) периастр;
- 3) периселеній;
- 4) перигелій.

15. Найдальша від Землі точка орбіти рентгенівської обсерваторії Чандра – це:

- 1) апогей;
- 2) апоастр;
- 3) апоселеній;
- 4) афелій

16. Як розташовані площини планетних орбіт в Сонячній системі?

- 1) проходять крізь Сонце;



- 2) нахилені під малими кутами до площини орбіти Землі;
- 3) нахилені до площини земної орбіти під різноманітними кутами;
- 4) знаходяться у поясі Зодіаку.

17. Другий закон Кеплера, у його класичній формі, формулюють так:

- 1) радіус-вектор планети за однакові проміжки часу описує однакові площі;
- 2) секторна швидкість планети є величина стала;
- 3) лінійна швидкість планети не однакова у різних точках орбіти;
- 4) швидкість планети відносно Сонця поблизу перигелію найбільша, а поблизу афелію – найменша.

18. Третій закон Кеплера математично записують так:

1) $T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} a^3$;

2) $T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} a^3$;

3) $T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} a^3$, де T вимірюється в земних роках, a – в астрономічних одиницях;

4) $T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} a^3$, де T вимірюється в секундах, a – в метрах, M – в кілограмах;

Анкета № 1. Виявлення ставлення студентів до астрономії

Робота з анкетою. Уважно прочитайте зміст пунктів анкети. Оберіть відповідь на запитання, використовуючи цифри від 1 до 5. Цифра 1 означає дуже низький ступінь прояву даного фактора, 5 – високий ступінь прояву, 3 – нейтральна оцінка фактора.

1. Визначте Ваше ставлення до астрономії як навчального предмету:
 - а) нескладний для сприйняття; 1 2 3 4 5
 - б) цікавий; 1 2 3 4 5
 - в) потрібний для життя; 1 2 3 4 5
 - г) дає відповіді на фундаментальні питання; 1 2 3 4 5
 - д) ставить більше запитань, ніж дає відповідей; 1 2 3 4 5
 - е) має світоглядний характер; 1 2 3 4 5
 - є) пов'язаний з майбутньою професією; 1 2 3 4 5
 - ж) пов'язаний з загальнолюдською культурою; 1 2 3 4 5
2. Що примушує (примушувало) Вас вивчати астрономію?
 - а) те, що вона є у розкладі занять; 1 2 3 4 5
 - б) бажання дізнатися більше про космос; 1 2 3 4 5
 - в) прагнення отримувати високі оцінки; 1 2 3 4 5
 - г) цікавість, інтерес до предмету; 1 2 3 4 5
 - д) бажання бути цікавим для товаришів; 1 2 3 4 5
3. Чи є (було) бажання досягти успіхів у вивченні астрономії? 1 2 3 4 5
4. Що може завадити (завадило) це зробити?
 - а) нездатність організувати себе; 1 2 3 4 5
 - б) нездатність самостійно навчатися; 1 2 3 4 5
 - в) відсутність необхідних знань з математики; 1 2 3 4 5
 - г) відсутність необхідних знань з фізики; 1 2 3 4 5
 - д) відсутність необхідної літератури (сучасних підручників, збірників задач, методичних рекомендацій); 1 2 3 4 5
 - е) складність предмету; 1 2 3 4 5

Анкета № 2. Виявлення зовнішніх та внутрішніх мотивів
до навчання

Робота з анкетой. Уважно прочитайте зміст пунктів анкети. Поставте знак «+», якщо вважаєте, що даний вислів Вас стосується, і знак «-», якщо він Вас не стосується. Не пропускайте жодного пункту анкети.

1. Ви запізнюєтесь на заняття з астрономії рідше за інших.
2. Ніколи не пропускаєте заняття з астрономії без поважної причини.
3. На заняттях не розмовляєте, відволікаєтесь менше за інших.
4. Не займаєтесь на заняттях з астрономії сторонніми справами.
5. На заняттях з астрономії ніколи не готуетесь до занять з інших дисциплін.
6. Крім конспектів лекцій регулярно читаете підручники з астрономії.
7. Завжди готуетесь до практичних, лабораторних і семінарських занять.
8. На заняття приходите непідготовленими рідше за інших.
9. Працюєте на заняттях цілеспрямовано і систематично.
10. Якщо Вам щось не зрозуміло, то намагаєтесь це з'ясувати.
11. Читаєте додаткову літературу або ведете пошук в Інтернеті.
12. Контрольні та самостійні роботи ніколи не списуєте у інших.
13. Порівняно з іншими Ви багато працюєте самостійно з астрономії.
14. Навчанням задоволені більше, ніж переважна частина інших студентів.
15. На заняттях з астрономії ніколи не нудьгуєте.
16. На лекціях з астрономії завжди пишете конспекти.
17. Якщо пропустили лекцію, то обов'язково переписуєте конспект у товаришів.
18. У колі знайомих часто розмовляєте про космос, астрономічні об'єкти та явища.
19. Більш прихильні до астрономії, ніж товариші.
20. Якби астрономія належала до предметів за вибором студента, Ви б обрали її для вивчення.
21. Купуєте книжки з астрономії.

Додаток Г

Анкета № 3. Виявлення рівня сформованості критичності та самокритичності
студентів, їх здатності до самоаналізу (на основі [119])

Робота з анкетой. Виділіть у бланку відповідей ту цифру, яка найбільш вірно відображає прояв тієї чи іншої риси Вашої поведінки: 0 – ніколи, 1 – досить рідко, 2 – досить часто, 3 – практично завжди.

1. У суперечці я піддаю перевірці всі аргументи моїх співрозмовників.
2. Я завжди намагаюсь почути раціональне зерно в аргументах моїх співрозмовників.
3. Я аналізую виконану роботу згідно з власними критеріями.
4. Відмовляюсь від початкових дій, якщо виявляється, що ці дії не відповідають вимогам чи умові розв'язаної задачі.
5. Якщо в результаті розв'язання задачі я отримую невірну відповідь, я обов'язково намагаюсь з'ясувати причину цього і передусім перевіряю власні дії.
6. Оцінки, отримані мною під час навчання, завжди співпадають з моїми власними оцінками.
7. Коли я отримую оцінку нижчу, ніж розраховував, я передусім шукаю причину в собі.
8. Я приймаю істину незалежно від того, наскільки вона співпала чи не співпала з думкою більшості.
9. Я намагаюсь самостійно впевнитись в істинності отриманих знань.

10. Я піддаю сумніву деякі суперечливі, на мою думку, твердження викладача.
11. Я можу об'єктивно і аргументовано оцінити будь-який власний вчинок або дію.
12. Я маю певні критерії оцінювання людей та їх вчинків.
13. Приймаючи рішення, я зважую всі «за» і «проти».
14. Моя думка про власні здібності та вчинки, співпадає з думкою про них оточуючих мене людей.
15. Я можу об'єктивно оцінювати здібності та вчинки інших людей.
16. Я завжди виділяю у своїй діяльності головне і другорядне.
17. Я систематично піддаю аналізу власні вчинки.
18. Я намагаюсь позбавитись, по-можливості, своїх слабких сторін.
19. Мене цікавить, що думають про мене оточуючі люди.
20. Я розмірковую про свої взаємовідносини з іншими людьми.