

ФІЗИКА ТА АСТРОНОМІЯ

2011

В ШКОЛІ

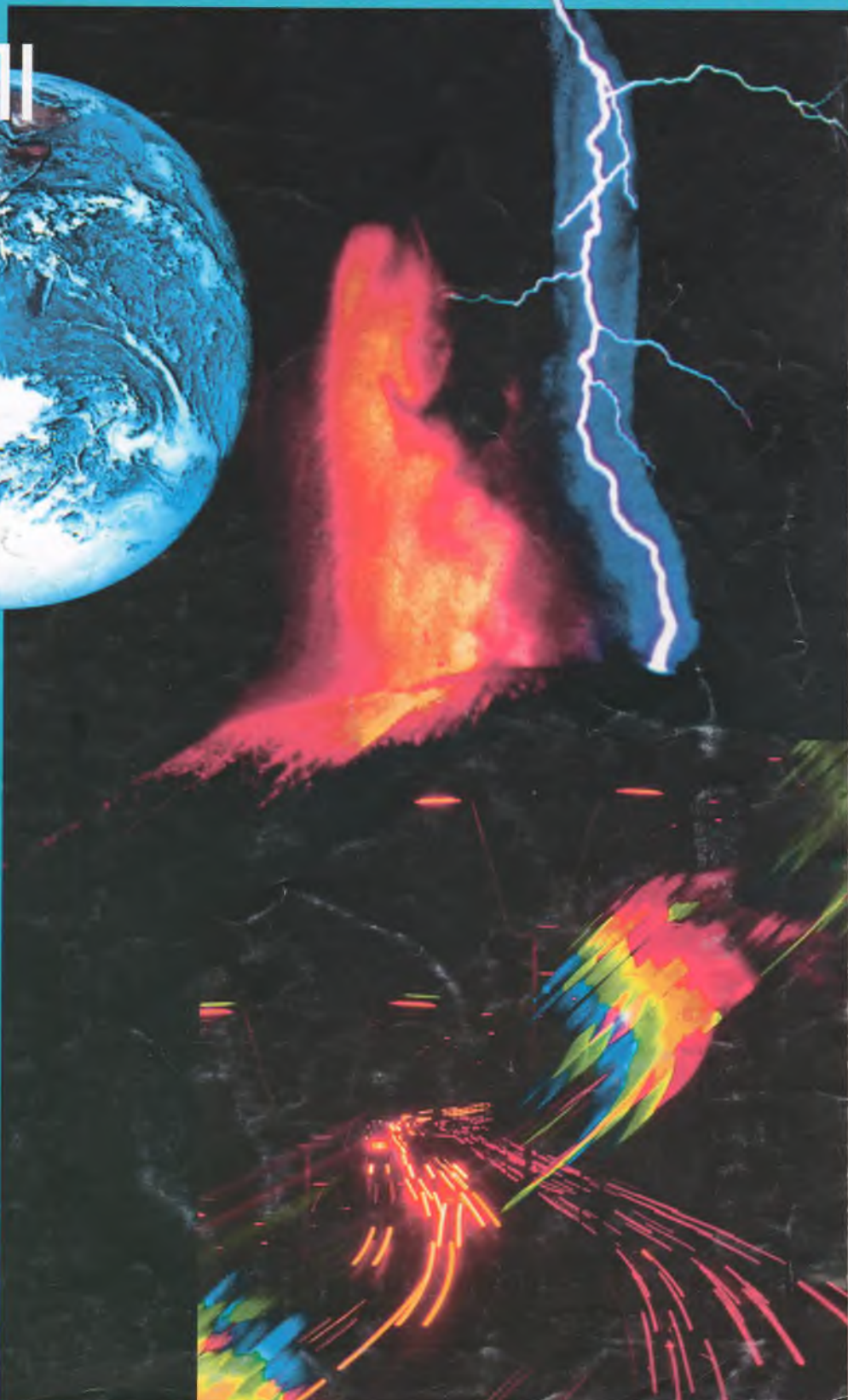
ІНДЕКС 74637

ПРОГРАМА ЗОВНІШНЬОГО
НЕЗАЛЕЖНОГО
ОЦІНЮВАННЯ З ФІЗИКИ

ВИКОРИСТАННЯ ГРАФІКІВ
У ВИВЧЕННІ ЗАКОНІВ
ЗБЕРЕЖЕННЯ В МЕХАНІЦІ

СОНЦЕ І ВПЛИВ ЙОГО
ВИПРОМІНЮВАННЯ
НА ЗЕМЛЮ

УКРАЇНСЬКІ
КОНСТРУКТОРИ
НА ШЛЯХУ ОСВОЄННЯ
КОСМОСУ





Фундаменталізація астрономічної освіти.

3. Периферія поля понять й основний зміст курсу астрономії*

Сергій КУЗЬМЕНКОВ

Змістовний аспект будь-якої навчальної дисципліни відображає система або «поле», або «корпус» понять, що виражається системою термінів конкретної науки, якій відповідає ця дисципліна. Формування такої системи понять передбачає: аналіз відповідного наукового понятійного апарату; відбір понять, що становлять 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.

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.

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.

Ядро поля було означено в попередній статті [6]. Метою цієї статті є означення периферії понятійного поля і остаточне формування змісту середньої астрономічної освіти.

Периферія поля понять курсу астрономії. Нагадаємо, що пери-

ферія 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, в 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 —

$\approx 4 \cdot 10^{13}$ 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 студентів) великий показник степеня n при запису числа у формі $z \cdot 10^n$ не те, що не вражає, а просто нічого не говорить.

Тому на першому занятті, розглядаючи масштаби Всесвіту, потрібно ввести поняття «астрономічна одиниця» та «світловий рік». Причому, на відміну від авторів книжки для вчителя [1], 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 дістатися світлу від Сонця до нас, необхідно приблизно 8 хв, до Нептуна — 4 год, 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 відстаней, незважаючи на їхню логічність, могли б бути іншими.

Небесна сфера. І. П. Крячко [4] відносить це поняття до найголовніших. За його словами, небесна сфера — «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 радіуса» дає змогу формально

*Заклепач. Початок див. «Фізика та астрономія в шк.». — № 12. — 2010; № 1. — 2011.

вести 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 рівнях стандарту та академічному, якому відповідає підручник М. П. Пришляка [9], 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 введеними, «не працюють» у подальшому процесі навчання, і знання яких не є обов'язковим для учнів, є взагалі «зайвими» [8]. До того ж той самий Є. П. Левітан — автор кількох підручників з астрономії, в двох із них повністю обійшовся без поняття «небесна сфера» [8].

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». Те 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 обійтися.

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

Важко зараз 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 год 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 [7]. 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-то місяця 2011 року (астрономічні основи календаря). Календар узагалі 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 належать до категорії тих знань, які, за словами Є. П. Левітана [8], об'єднуються визначенням «чого сьогодні не можна не знати про Всесвіт».

Телескоп. Це головний інструмент астронома. Його поява у 1609 р. (Г. Галілей) спричинила справжню революцію в астрономії та науці взагалі. Без телескопів неможливо було 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 м) 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 і т. д. Телескопи вивчають для того, щоб зрозуміти, як можна спостерігати й досліджувати небесні об'єкти.

Основний зміст курсу астрономії. Аналіз навчальних програм для загальноосвітніх навчальних закладів [2] і останніх публікацій на цю тему [3, 4] виявив низку неузгодженостей і невідповідностей у розподілі змісту матеріалу серед рівнів стандарту, академічного та профільного. Ось деякі приклади.

1. Серед головних понять, що повинен засвоїти учень на рівні стандарту, фігурує лише «григоріанський календар», у той час як він має навчитися на цьому рівні *розрізняти* «типи календарів» [3].

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 [2, 3, 4], не можна дійти однозначного висновку, з якого рівня слід починати вивчати закони Кеплера.

4. Навіщо вимагати від учня вміння *пояснювати* «поділ планет Сонячної системи на нижні та верхні планети» [3], 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 введення поняття «видима зоряна величина» на рівні стандарту [3]. У сучасній астрономії таке введення передбачає зв'язок з освітленістю від



ВИВЧАЄМО АСТРОНОМІЮ

зорі, використання формули Погсона (а ще глибше, й закону Вебера—Фехнера). Якщо без цього обійтися, то це буде ознайомлення з «видимою зоряною величиною» на рівні уявленнь 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 [3], 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 [3], адже гігантів має бути (і спостерігається) набагато більше, ніж надгігантів, через стадію гіганта проходить величезна кількість зір, які потім, скидаючи оболонку (й 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 [3].

9. Які «наслідки дії закону Габбла» має *описувати* [3] учень на рівні стандарту? Тут явно переплутано місця причини 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» [3, 4]? Адже це певні *стан*, 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» [3, 4]. Однак на сьогоднішній день такої теорії не існує.

12. Не зовсім логічним є включення до теорій, що мають розглядатися 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 обійтися. 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 бажаного, адже ці можливості завжди обмежені (наприклад, за часом, психологічними особливостями засвоєння матеріалу, компетентністю вчителя). Тому, на нашу думку, зовсім не обов'язковими є такі поняття, що залишилися вже після генералізації навчального матеріалу, виконаної І. П. Крячком [4]:

- «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 вузь-

кому геліоцентричному секторі, проте це надзвичайно рідкісне явище — за дві тисячі років (!) нашої ери вісім класичних планет лише одного разу вишукувалися в такому секторі з кутом 40° і ще по одному разу цей кут становив відповідно 46° та 57° [10]);

- «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».

Власні результати переструктурування, визначення оптимальної послідовності вивчення матеріалу і виокремлення базових понять курсу астрономії представлено в таблиці. Зазначимо, що до вищого рівня у цій таблиці обов'язково включено зміст навчального матеріалу нижчого рівня.

Висновки. В результаті проведеної фундаменталізації змісту астрономічної освіти для середньої школи (див. також [5, 6]) був визначений необхідний мінімум базових понять, явищ, формул, законів і теорій, що мають вивчатися в курсі астрономії. Запропонований варіант змісту курсу спрямований на цілісне сприйняття сучасної астрономії, формування наукового світогляду, добування природничо-наукової картини світу. У викладанні астрономії завжди були сильними консервативні погляди. Проте ми маємо рухатися уперед, щоб викладання у XXI ст. відповідало авангардному положенню астрономії у природознавстві.

ВИВЧАЄМО АСТРОНОМІЮ

Таблиця

Основний зміст курсу астрономії

Зміст навчального матеріалу	Рівень		
	стандарту	академічний	профільний
Вступ			
Поняття	Астрономія; астрономічна одиниця; Всесвіт; галактика; Сонячна система; світловий рік	Астрофізика	Астрофізика; зоряна астрономія; космологія; космологія; небесна механіка
Розділ 1. Основи практичної астрономії			
Поняття	Високосний рік; всесвітній час; день весняного (осіннього) рівнодення; день літнього (зимового) сонцестояння; зодіак; календар (юліанський, григоріанський); лінія зміни дати; місцевий час; небесна сфера; поясний час; сонячна доба; сузір'я; тропічний рік	Вісь світу; екліптика; ера; зеніт; зоряний час; кульмінація світила; літочислення; математичний горизонт; місячний місяць; місячний календар; небесний екватор; небесний меридіан; полюс світу; прямовисна лінія; сонячний час	Атмосферна рефракція; азимут світила; висота світила; зоряна доба; зоряний рік; небесні координати; північне південне полярні кола; точка весняного (осіннього) рівнодення; пряме сходження; прецесія; шилання; тропіки Рака і Козерога
Явища	Добовий рух небесних світил; зміна сезонів року	Зв'язок між всесвітнім і місцевим сонячним часом	Білі ночі; прецесія земної осі; присмерки
Формули	Зв'язок між всесвітнім і поясним часом		
Теореми			Теорема про висоту полюса світу над горизонтом
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	Атмосфера; внутрішня будова планети (ядро, мантія, кора); геостационарний супутник; друга космічна швидкість; колова швидкість; межа Роша; пояс Кіпера; перша космічна швидкість; припливна взаємодія; хмара Оорта
Явища	Сонячне та місячне затемнення; метеор	Болід; «парад планет»	Припливи; «Тунгуський метеорит»
Формули		Рівняння синодичного руху	Друга космічна швидкість; колова швидкість; перша космічна швидкість
Закони і закономірності		Закони Кеплера	Закономірність Тітуса-Бодена та інші закономірності в Сонячній системі
Розділ 3. Основи практичної астрофізики			
Поняття	Рефлектор; рефрактор; телескоп (оптичний, радіотелескоп)	Зоряна величина; збільшення телескопа; роздільна здатність; спектральний аналіз; спектр випромінювання	Абсолютно чорне тіло; інфрачервоний телескоп; ПЗЗ-матриця; рентгенівський телескоп
Формули		Збільшення телескопа; формула Погсона	Роздільна здатність і промісна сила телескопа
Закони		Ефект Доплера	Закон Віна; Закон Стефана-Больцмана
Розділ 4. Зорі			
Поняття	Білий карлик; зоря; корона; надгігант; наднова зоря; нейтронна зоря;	Гравітаційний колапс; діаграма Герцшпрунга-Ресселла; головна по-	Абсолютна зоряна величина; акреція; гідростатична рівновага; гравітаційний



ВИВЧАЄМО АСТРОНОМІЮ

Закінчення таблиці

Зміст навчального матеріалу	Рівень		
	стандарту	академічний	профільний
	протуберанець; сонячна пляма; туманність; червоний гігант; чорна діра	слідовність; ефективна температура; змінна зоря; зона променистого перенесення; конвективна зона; паралакс; парсек; протозоря; пульсар; світність; сингулярність; сонячний вітер; спектральний клас; фотосфера; ядро зорі	радіус; нова зоря; карбоново-кисневий цикл; клас світності; коричневий карлик; крива блиску; кутовий діаметр зорі; межа Чандрасекара; протон-протонний цикл; подвійна зоря (візуально-, затемнювано-, спектрально-); сонячна стала; цефеїда
Явища	Сонячна активність; спалах надповерхової	Спалах на Сонці; фотосферна грануляція	Явище нової зорі
Формули		Формула для визначення відстані до зорі	Власна гравітаційна енергія зорі; гравітаційний радіус; перехід від видимої до абсолютної зоряної величини; світність зорі; сонячна стала
Закономірності			Залежність період–світність для цефеїд
Теорії		Теорія будови та еволюції зір	Теорія походження хімічних елементів
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	Гало, диск і корона Галактики; взаємодії галактики; власний рух зорі; обертання Галактики; променева та просторова швидкості зорі
Формули			Формули для визначення променевої та просторової швидкостей зорі
Теорії			Теорія хвиль густини
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	Астросоціологічний парадокс; баріонна асиметрія; ера випромінювання; ера речовини; інфляційна стадія розширення Метагалактики; критична густина Метагалактики; модель Метагалактики (Ейнштейна, Фрідмана, інфляційна)
Явища	Розширення Метагалактики	Прискорення розширення Метагалактики	
Формули			Формула для визначення критичної густини
Закони	Закон Габбла	Антропний принцип	
Теорії	Великого Вибуху		

ЛІТЕРАТУРА

1. Александров Ю. В. Астрономія, 11 кл.: Книга для вчителя / Ю. В. Александров, А. М. Грецький, М. П. Пришляк. — Харків: Веста: Ранок, 2005. — 256 с.
2. Збірник програм з профільного навчання для загальноосвітніх навчальних закладів Фізика та астрономія, 10–12 кл. — Харків: Основа, 2010. — 112 с.
3. Крячко І. Поняттійне ядро та зміст курсу астрономії // Фізика та аст-

рономія в шк. — 2010. — № 7–8. — С. 25–34.

4. Крячко І. Генералізація навчального матеріалу курсу астрономії // Там само. — 2010. — № 9. — С. 29–31.

5. Кузьменков С. Фундаменталізація астрономічної освіти. 1. Стриженів ідеї // Там само. — 2010. — № 11–12. — С. 27–31.

6. Кузьменков С. Фундаменталізація астрономічної освіти. 2. Головні базові поняття // Там само. — 2011. — № 1. — С. 24–28.

7. Кузьменков С. Що таке час? Задачний підхід в астрономії // Там само. — 2009. — № 6. — С. 17–20.

8. Левитан Е. П. Дидактика астрономії. — М.: Едиторіал УРСС, 2004. — 296 с.

9. Пришляк М. П. Астрономія: Підруч. для 11 кл. загальноосвіт. навч. закладів. — Харків: Веста: Ранок, 2003. — 144 с.

10. Сурдин В. Г. Астрологія і наука. — Фрязино: Век 2, 2007. — 96 с.