

Кузьменков, С. Фундаменталізація астрономічної освіти. 1. Стрижневі ідеї [Текст] / Сергій Кузьменков // Фізика та астрономія в школі. – 2010. – № 11–12. – С. 27–31.



Фундаменталізація астрономічної освіти.

1. Стрижневі ідеї

Сергій КУЗЬМЕНКОВ

За оцінками фахівців [4, 11], криза сучасної середньої і вищої освіти в Україні є виявом 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 та застарілими формами управління й функціонування цих шкіл, між інтересами, потребами і можливостями суб'єктів освітнього процесу.

Однією з головних причин кризи «знаннево-просвітницької» освіти є величезний потік нової інформації і велетенська швидкість поширення цієї інформації. Один із найбільших потоків інформації спостерігається в астрономії. За останні 15 років завдяки появі нових великих телескопів (діаметра 8–10 м і більше), новим приладам реєстрації зображень (наприклад, ПЗЗ-матриці), космічним обсерваторіям, що покривають весь діапазон електромагнітного спектра, космічним місіям до тіл Сонячної системи, новим методам обробки інформації астрономія стрімко вирвалася вперед і опинилася в авангарді наук про природу. В нових умовах, що швидко змінюються, постають вічні запитання: *Чого навчати? Як учити?*

Тому в наш час поступово відбувається заміна старої парадигми освіти на нову — науково-гуманістичну. Найважливішим компонентом нової освітньої парадигми є концепція фундаменталізації, яка передбачає істотне підвищення якості освіти. Фундаменталізація є безпосередньою реакцією на зростання потоків інформації в сучасному світі й проблеми адаптації фахівця в умовах, що швидко змінюються.

На переконання багатьох авторів [4, 7, 11], фундаменталізація освіти є не тільки однією з основних вимог часу, а й стратегічним

напрямом розвитку освіти XXI ст., спрямованим на ґрунтовну підготовку тих, хто навчається, розвиток їхніх творчих здібностей, забезпечення оптимальних умов для розвитку наукового мислення, формування внутрішньої потреби саморозвитку й самоосвіти майбутніх фахівців.

За означенням В. Г. Кінельова, фундаменталізація освіти взагалі передбачає «цілісне бачення природи, людини, суспільства в контексті міждисциплінарного діалогу, якісно нові цілі освіти, нові принципи відбору і систематизації знань, нову якість освіченості особистості й суспільства, подолання розмежованості двох культур — природничо-наукової і гуманітарної» [7].

Фундаментальна освіта має спиратися на системотвірні й 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 та базових понять, 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 [4].

Проблемам фундаменталізації освіти присвячено багато праць (С. Гончаренко, Г. Дутка, В. Кінельов, С. Казанцев, А. Субетто, А. Суханов та ін.). Проте не розглядалися проблеми фундаменталізації астрономічної освіти ні в середній, ні у вищій школі. Не обґрунтовано і не розроблено як теорію, так і практику реалізації принципу фундаменталізації в астрономічній освіті.

Фундаменталізація змісту астрономічної освіти. На етапах підготовки майбутніх учителів фізики та астрономії і навчання астрономії в школі фундаменталізація змісту, на нашу думку, полягає у:

- визначенні *стрижневих ідей*, що пронизують усю астрономічну освіту;

- виокремленні головного, базових знань, тобто обмеженої кількості *базових астрономічних понять*, що дають змогу засвоювати значну кількість професійно значущої інформації, не перевантажуючи пам'ять студента (школяра) дрібними фактами і вторинними чинниками;

- *переструктуруванні та новій систематизації* навчальної інформації з метою усунення дріб'язкового, другорядного і архаїчного матеріалу;

- встановленні *оптимальної* для вивчення *послідовності* викладання навчального матеріалу.

Стрижневі ідеї астрономічної освіти. Оскільки загальноприйнятою є думка про величезний світоглядний потенціал астрономії, то очолювати список мають саме *ідеї світоглядного характеру*. Основне завдання курсу астрономії щодо формування світогляду полягає в утворенні у тих, хто навчається, визначених, системних, філософськи усвідомлених знань про Всесвіт і процес пізнання його людиною. Причому наголошуємо, як і раніше [16], що найважливішими характеристиками світогляду, що формується під час навчання астрономії, мають бути його *науковість і гуманістичність*.

Ідея пізнаваності. Йдеться про пізнаваність світу та його закономірностей. Це найважливіше філософське положення можна проілюструвати численними прикладами з історії астрономії: розвиток уявлень про будову Сонячної системи (становлення геліоцентризму та відкриття законів Кеплера [8]), природу небесних тіл, що входять до її складу (розвиток уявлень про планети і комети [9, 14]), природу зір, галактик, Метагалактики. Яскравий приклад можна навести стосовно зір. У першій половині XIX ст. відомий філософ Огюст Конт стверджував: «Ми нічого не можемо дізнатися про зорі, крім того, що вони існують». 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 осягнути сяючі безодні, де її тіло — це лише темна точка... Так ми доходимо усвідомлення своєї могутності, і це усвідомлення багатого чого варте, бо воно робить нас сильнішими» [12].

Ідея матеріальності та матеріальної єдності Всесвіту. З погляду діалектики [13], 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'ясувалося на початку XXI ст., 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 рівносильне існуванню антигравітації. Природу як темної матерії, так і темної енергії поки не з'ясовано, але немає жодних підстав уважати, що ми зіткнулися з чимось «нематеріальним».

Щодо єдиної для Всесвіту фізики, то не втратило актуальності відоме висловлювання видатних російських астрофізиків Я. Б. Зельдовича та І. Д. Новикова [4]: «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 сумнівів. 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...».

Ідея руху та взаємодії. З курсу філософії відомо [13], що рух — це спосіб існування суцього. Бути — означає рухатися, змінюватися. Немає у світі незмінних речей, властивостей та відношень. Але як пояснити учневі (студентові), 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) та ін.

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». 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» [10]. З цього розпочалася революція в астрономії, це був один з перших кроків у становленні сучасної науки взагалі. Цей принцип може бути ілюстрований іншими прикладами: явище комети («видиме ніщо»), різноманітні ефекти гравітаційних лінз, спіральні візерунки галактик, що не є наслідком розподілу речовини, а є результатом поширення хвиль густини, спостереження «джетів» (викидів), що рухаються нібито з надсвітловими швидкостями, тощо.

Ідея еволюції. Істотною складовою другої революції в астрономії стала зміна в ній статусу еволюційної ідеї. З другої половини ХХ ст. ця ідея увійшла в структуру астрономічного знання як його невід'ємна компонента. «Виявилось, що глибоко зрозуміти природу, характерні властивості й будову небесних тіл та їхніх систем неможливо без з'ясування шляхів їх утворення і подальшої еволюції. ...Астрономія набула наскрізь еволюційного характеру» [1]. Найбільші успіхи продемонструвала теорія будови та еволюції зір. Наприклад, з'ясувалося, що різні ділянки на найвідомішій в астрономії діаграмі Герцшпрунга—Ресселла є не місцями розташування різних типів зір, а відображають перебування одних і тих самих зір на різних етапах їх еволюції, яка передусім залежить від маси зір. А причиною переходу зір з однієї стадії еволюції до наступної є вичерпування одного виду ядерного палива й перехід на інший і т. д.

Характерною рисою розвитку уявлень про еволюцію в космосі стало послідовне застосування принципу системності [1]. 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» [1].

Тому 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 (наприклад, кількістю фундаментальних взаємодій, фундаментальними константами, що їх характеризують) та наявністю в ньому життя (і людини) встановлює антропний принцип (АП). Хоча в сучасному формулюванні він виник завдяки Б. Картеру в 1973 р. [6], думка про те, що людина та її життя тісно пов'язані з космосом, губиться у глибини століть. Але вперше в історії цю ідею висунуто як науково обгрунтоване положення. «У цьому — фундаментальне філософське значення антропного принципу» [1].

Фактично АП виник тому, що космологів та фізиків-теоретиків усе 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 в ньому на певному етапі еволюції могла з'явитися людина* [6]. Але така відповідь підштовхує нас до теологічного погляду на світ, приводить до ідеї Творця цього світу. Матеріалістичною (у межах сучасної науки) альтернативою таким поглядам є ідея «ансамблю світів» — всесвітів з різними фундаментальними властивостями, в одному з яких

умови випадково виявилися сприятливими для виникнення життя й людини.

Поняття про АП нині вивчають у школі в курсі астрономії, і навіть окремим пунктом воно увійшло до Державного стандарту середньої освіти, але досвід спілкування з учителями на курсах підвищення кваліфікації свідчить про те, що переважна більшість з них зовсім не орієнтована в цій проблемі. В той самий час «цей принцип означає новий, глибший рівень пізнання еволюційних зв'язків між різними щаблями організації та руху матерії» [1]. У цьому полягає його величезне загальнонаукове та світоглядне значення. Тому під час викладання астрономії цьому принципу слід віддати належне і приділити серйозну увагу.

Ідея визначення місця людини у Всесвіті. Тільки астрономія була здатна правильно визначити масштаби Всесвіту в просторі й часі й місце Землі, а отже, й людини в ньому. Відомий фахівець Л. М. Гінділіс свою, мабуть, найголовнішу книжку починає так: «Хто ми? Навіщо ми тут, на Землі? Звідки прийшли та куди йдемо? У чому сенс, яка мета нашого існування? Дивні питання... Вічні питання, над якими тисячоліттями б'ється допитлива людська думка» [3]. Відповіді на ці запитання намагалися й намагаються дати крім астрономії 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, де хто відносить її до загальнонаукових, а відомий астрофізик В. Ф. Шварцман переконливо доводив, що вона є безмежно широкою — належить до культури в цілому [3]. Але головну роль у розв'язуванні цієї проблеми, на наш погляд, відіграють все ж такі астрономи як безпосередні дослідники Всесвіту.

Ідея визначення місця людини у Всесвіті може бути дійсно наскрізною для курсу астрономії і може втілюватися, починаючи з визначення розмірів планети Земля, її розташування і статусу в Сонячній системі та закінчуючи сучасними уявленнями про будову і еволюцію Всесвіту, а також темою: «Життя у Всесвіті», що входить як остання до програми середньої школи.

Фундаментальні ідеї фізики. Астрофізика як розділ астрономії вже давно стала найвагомішою її складовою, 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 проблему сонячних нейтрино, під час розв'язування якої було висунуто багато цікавих, слушних нових ідей, побудовано з десяток коштовних нейтринних детекторів принципово різного типу. В результаті майже 40-річних 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, поперше, 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. З іншого боку, це підкреслить фундаментальність астрономії як науки.

У статті про відкриття Й. Кеплером законів, що тепер носять його ім'я, нами показано [8], як ці закони пов'язані з *фундаментальними властивостями простору і часу*. До фундаментальних властивостей відносять: *однорідність та ізотропність простору*, його *розмірність*, *однорідність часу*. 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.

Ці 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*. До речі, в жодному підручнику з астрономії жодного слова про це не написано. На нашу думку, під час вивчення законів Кеплера як у вищій, так і в середній школі недостатньо обмежуватися їх формулюванням, а потрібно звертати серйозну увагу на методологічні й світоглядні аспекти цієї теми (зрозуміло, що на різних рівнях). Це стосується й інших тем. Можна запропонувати багато цікавих задач на застосування законів збереження енергії та моменту імпульсу: стійкість супутникових і планетних систем, космічні польоти, гравітаційне захоплення планетами астероїдів і комет, зіткнення космічних тіл із Землею, теплову рівновагу та енергетику зір та ін.

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 збільшен-

ня маси астрономи виокремлюють: метеороїди, астероїди, карликові планети, класичні планети, коричневі карлики (інакше — субзорі), зорі (про цей ряд детальніше див. у [9]).

По-друге, системи космічних тіл також можна розташувати в порядку збільшення маси, 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 або є частиною системи вищого рівня — система Земля—Місяць і система Іда—Дактиль є частиною Сонячної системи, у 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, в 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



ВИВЧАЄМО АСТРОНОМІЮ

аналізу таких систем і, врешті-решт, сприяє формуванню в учнів (студентів) чіткої астрофізичної картини світу.

Ідея раціоналізму. На нашу думку, вчитель астрономії повинен бути готовим відповідати на будь-які гострі, злободенні запитання 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 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 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 в суспільстві згадуваних акцентів світовідчуття — це зменшення притоку в науку майбутніх Колмогорових та Гамових» [2].

Ще чверть століття тому ідея раціоналізму (як противага ірраціоналізму) в освіті не була актуальною. Позиції науки виглядали непорушними. Нині зовсім інші часи. Все змішалось не тільки для пішохода на вулиці. 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.

Отже, слід зробити такі **висновки:** в умовах переходу в освіті до нової — гуманістичної парадигми особливої актуальності набуває саме концепція фундаменталізації освіти. Фундаменталізацію астрономічної освіти, на нашу думку, слід розпочинати з визначення стрижневих ідей, що є для неї наскрізними. Одинадцять таких ідей ми визначили у цій статті.

Наступним кроком буде виокремлення базових астрономічних понять.

ЛІТЕРАТУРА

1. Александров Ю. В. Астрономия. Историко-методолог. нарис. — К.: Сфера, 1999. — 88 с.
2. Владимирский Б. М. Мысли об иррациональном и рациональном в современной культуре, или Что делать

астрофизикам с астрологией? // Вселенная и Мы. — 2001. — № 4. — С. 29—33.

3. Гиндилис Л. М. SETI: Поиск Внеземного Разума. — М.: Изд-во физ.-мат. лит.-ры, 2004. — 648 с.

4. Гончаренко С. У. Принцип фундаменталізації освіти // Наук. зап. — Кіровоград: КДПУ ім. В. Винниченка, 2004. — Вип. 55. — Сер.: Пед. науки. — С. 4—9.

5. Зельдович Я. Б., Новиков И. Д. Теория тяготения и эволюция звезд. — М.: Наука, 1971. — 484 с.

6. Картер Б. Совпадения больших чисел антропологический принцип в космологии / Космология. Теория и наблюдения. — М.: Мир, 1978. — С. 369—380.

7. Кинелев В. Г. Фундаментализация университетского образования // Высш. образ. в России. — 1994. — № 4. — С. 6—12.

8. Кузьменков С. Г. Йоганн Кеплер і революція в астрономії // Фізика та астрономія в шк. — 2009. — № 3. — С. 3—6.

9. Кузьменков С. Г. Що таке планети? // Там само. — 2010. — № 3. — С. 24—28.

10. Левитан Е. П. Дидактика астрономії. — М.: Едиториал УРСС, 2004. — 296 с.

11. Оришин Ю. М. До питання про особливості розв'язування окремих проблем освіти з погляду сучасної гуманістичної парадигми // 36. наук. праць К-ПДПУ: Сер. пед. — Кам'янець-Подільський: К-ПДПУ, ред.-вид. від., 2007. — Вип. 13. — С. 96—99.

12. Пуанкаре А. О науке. — М.: Наука, 1990. — 736 с.

13. Спиркин А. Г. Философия: Учебник. — М.: Гардарики, 1999. — 816 с.

14. Чурюмов К. І., Кузьменков С. Г. Комети: історичний, методологічний, світоглядний та культурологічний аспекти // Фізика та астрономія в шк. — 2010. — № 1. — С. 3—7.

(Далі буде)