

# ФІЗИКА ТА АСТРОНОМІЯ

12011

## В ШКОЛІ

ІНДЕКС 74637

КОМПЕТЕНТІСНИЙ  
ПІДХІД ДО НАВЧАННЯ  
ФІЗИКИ

ВИМІРЮВАННЯ  
ТА ЕКСПЕРИМЕНТ  
У НАВЧАННІ ФІЗИКИ

ФУНДАМЕНТАЛІЗАЦІЯ  
АСТРОНОМІЧНОЇ ОСВІТИ

ОЛІМПІАДНІ ЗАВДАННЯ  
З ФІЗИКИ

НАВЧАННЯ ФІЗИКИ  
ТА АСТРОНОМІЇ  
В СЕРЕДНІЙ ШКОЛІ





# Фундаменталізація астрономічної освіти.

## 2. Головні базові поняття\*

Сергій КУЗЬМЕНКОВ

**В**ідомий астроном П. В. Щеглов у передмові до однієї зі своїх книжок пише: «На жаль, доволі широко (навіть в академічних й університетських колах) поширена думка, що астрономія проста й доступна, що особливо вчити її не потрібно і що нею може без зусиль займатися людина, яка отримала підготовку в зовсім іншій галузі. Це, звичайно, не так» [12].

З досвіду багатьох викладачів [10], у тому числі й автора, вивчення астрономії є достатньо складним процесом, який потребує від учня максимальної мобілізації його інтелектуальних здібностей. Це зумовлене особливостями астрономії як науки і, отже, як навчального предмета. Серед них такі: «авангардність» сучасної астрономії у природознавстві, майже виключно й досі спостережувальний характер астрономії, нетотожність видимого та істинного, незвичність масштабів об'єктів і явищ, умов, за яких відбуваються ці явища, численні міжпредметні зв'язки, особливості системи доведень, специфічність і нетривіальність системи астрономічних понять і т. ін.

Оскільки астрономія — найдавніша з наук, то вона акумулювала в собі величезну кількість понять і спеціальних термінів. Частина з них стала надбанням загальнолюдської культури, наприклад *секунда, година, доба, місяць, рік, градус, зоря, планета, комета* тощо. Але більшість астрономічних термінів є новими для учня. Проблема полягає в тому, що на відміну, наприклад, від фізики, яку вивчають тривалий час і на яку відводиться більша кількість годин, на вивчення астрономії відводиться дуже мало часу,

отже, потік нової для учня інформації — надпотужний. Тому особливої актуальності набуває фундаменталізація навчання. Фундаменталізація практично означає перехід від екстенсивної інформаційно-репродуктивної моделі навчання до інтенсивної фундаментально-креативної. На думку багатьох авторів [6], вона передбачає:

- створення системи освіти, що спрямована на формування й засвоєння інваріантних, методологічно важливих, системних, довготривалих знань;
- орієнтацію на висвітлення глибинних, сутнісних зв'язків і засад, що становить сучасну наукову картину світу, її цілісне сприйняття;
- перехід на системне, цілісне пізнання й самопізнання, розвиток і саморозвиток;
- взаємозбагачення і взаємозв'язок між гуманітарними і природничо-математичними дисциплінами;
- забезпечення основ для розвитку загальної культури, творчої самореалізації та інтелектуального зростання особистості учня;
- розвиток наукового стилю мислення й діяльності;
- формування потреби в неперервній самоосвіті та саморозвитку («освіта впродовж усього життя»);

Розглядаючи фундаменталізацію як стратегічний напрям розвитку освіти, реалізацію цієї стратегії ми бачимо в інтеграції

з дидактичним принципом системності й методичними принципами цілісності, генералізації, проблемності.

Принцип *системності*, по-перше, спрямований на виявлення структурних і функціональних компонентів астрономічного освітнього середовища, їхніх зв'язків та відношень. По-друге, принцип системності знань передбачає формування в свідомості учня структурних зв'язків, адекватних зв'язкам між знаннями всередині наукових теорій.

Визначальним для системи є її *цілісність*. Очевидно, що фундаменталізація не може бути ефективною, якщо задіяний один з компонентів процесу навчання (цілі, зміст або форми тощо). Необхідний цілісний підхід, що охоплює та інтегрує всі елементи. Тільки тоді можна очікувати істотного підвищення якості навчання. До того ж принцип цілісності має забезпечити цілісність астрономії як навчального предмета, цілісність астрономічної картини світу.

Принцип *генералізації* належить до відбору змісту навчального курсу, його структурування і передбачає виділення стрижневих ідей, об'єднання навколо них навчального матеріалу і виокремлення основних елементів знань: головних понять, явищ, законів, теорій.

Принцип *проблемності* завдяки виділенню і формулюванню проблем, створенню проблемних ситуацій, їх подальшому розв'язуванню (разом із учнями) сприяє ефективному розвитку їхніх інтелектуальних, пізнавальних, творчих здібностей.

Одним з перших кроків у процесі вдосконалення (а, можливо, й реформування) астрономічної освіти є, на нашу думку, визначення стрижневих ідей, що її пронизують. Такі стрижневі ідеї й були нами визначені [8]. Наступним кроком є виокремлення головного, базових знань, тобто обмеженої кількості *базо-*

\*Продовження. Початок див.: «Фізика та астрономія в шк.». — 2010. — № 11—12. — С. 27—31.



## ВИВЧАЄМО АСТРОНОМІЮ

вих астрономічних понять, що уможливають засвоєння значного обсягу важливої інформації без перевантаження пам'яті школяра (студента) великою кількістю дрібних фактів і вторинних чинників.

Зазначимо, що аналогічних поглядів про обмеження кількості найважливіших астрономічних понять додержується і відомий фахівець з методики навчання астрономії у середній школі Є. П. Левітан [10]. Проте підвищення ефективності й якості навчального процесу в умовах швидкого зростання обсягу астрономічної інформації та дефіциту часу, що відводиться на її вивчення, він пов'язує з оптимізацією навчання. Одним із шляхів оптимізації є, на думку Є. П. Левітана, «генералізація навчального матеріалу на основі виокремлення основних астрономічних понять, теорій, законів, а також аналізу спостережуваних астрономічних явищ» [10]. До головних понять він відносить такі: «зоря», «планета», «комета», «астероїд», «метеорит», «Сонячна система», «фаза Місяця», «затемнення», «Галактика», «галактики», «астрономія», «маса небесного тіла», «телескоп».

Нещодавно варіант генералізації навчального матеріалу курсу астрономії для середньої школи (для трьох рівнів: стандарту, академічного та профільного) запропонував один з авторів першого підручника з астрономії для ЗНЗ І. П. Крячко [7]. Ми пропонуємо власний варіант визначення головних базових понять (за Крячком, інваріантів, або вузлових точок [7]) курсу астрономії.

Викладання астрономії, як і будь-якої навчальної дисципліни, нерозривно пов'язане з введенням і розвитком понять, система яких утворює каркас курсу. Така система, або інакше *поле понять*, відображає змістовний аспект навчальної дисципліни.

Поле понять зазвичай структурують за принципом «ядро —

периферія» [4]. Ядро утворюють головні поняття, які несуть максимальне функціональне навантаження, демонструють високу частоту функціонування, зосередженість зв'язків і відношень. Периферію становить група понять допоміжного, службового характеру.

Відомо, що розкрити зміст поняття — це значить перелічити ті його ознаки, кожна з яких необхідна, а всі разом достатні для його означення. Тому множина істотних ознак поняття становить його зміст, а множина об'єктів, до яких воно застосовне, — його об'єм [10]. У процесі формування поняття вчитель розкриває його зміст і об'єм.

Предметом цієї статті є головні базові поняття, що 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, планета, зоря, галактика, Метагалактика*.

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

### Мале космічне тіло

1. Космічні тіла утворюють неперервний ряд за масою, де кількість переходить у нову якість. Відкривають цей ряд, якщо розглядати його в порядку зростання маси, саме малі космічні тіла (*комети, метеороїди, астероїди*) — те, що для нас охоплює поняття *малі тіла Сонячної системи*. Вони мають порівняно невелику масу ( $< 10^{21}$  кг), далі йдуть *планети, субзорі* (інакше *коричневі карлики*), *зорі*. Через невелику масу малих космічних тіл їх самогравітація не перевищує твердотільні сили і, отже, по-перше, ці тіла не в змозі прийняти гідростатично рівноважену (близьку

до сферичної) форму, по-друге, вони, за винятком комет, не еволюціонують (наприклад, усередині внаслідок гравітаційної диференціації речовини [9], 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 боліда), і освічена людина повинна знати, який об'єкт вона іноді спостерігає на небі.

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 в 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.

4. За сучасними уявленнями, кометні ядра та астероїди є тим будівельним матеріалом («будівельним сміттям»), що залишився після утворення планет Сонячної системи. Але це «сміття» уможливує 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 ст. (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. Після Сонця й Місяця найяскравішими об'єктами на небі є планети: Венера, Юпітер, Марс, Меркурій (у порядку спадання блиску; і лише після деяких найяскравіших зір йде Сатурн).

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. Здоровий глузд підказує, що потрібно знати необхідні й достатні умови нашого існування на цій планеті. Адже наші найближчі сусіди по Сонячній системі — Венера і Марс — сьогодні повністю непридатні 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 планет у інших зір (так званих екзопланет, а їх на сьогодні відкрито вже майже 500) стало зрозумілим, що це, мабуть, найчисленніші об'єкти (із достатньо великих) у Всесвіті.

5. Існування в планетах твердої та рідкої фаз речовини в широкому діапазоні температур і тисків зумовлює не тільки величезну різноманітність фізичних явищ та процесів, а й перебіг різнобічних хімічних процесів, таких як, наприклад, утворення природних хімічних сполук — мінералів. На жодних космічних тілах немає такого розмаїття хімічних перетворень, як на планетах. Проте на них можуть відбуватися не тільки фізичні та хімічні процеси, а, як свідчить приклад Землі, й біологічні та соціальні. Тобто 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» [3].

## Зоря

1. Зорі — наймасивніші із відомих космічних тіл. Це газові кулі, що складаються переважно з Гідрогену та Гелію (причому Гідрогену в них 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, що зумовлена ефективним початком термоядерних реакцій перетворення Гідрогену в Гелій (так званий протон-протонний цикл), становить приблизно  $0,1M_{\odot}$  ( $M_{\odot}$  — маса Сонця,  $M_{\odot} \approx 2 \cdot 10^{30}$  кг). Верхня межа за масою приблизно дорівнює  $10^2 M_{\odot}$ .

Видатний астрофізик І. С. Шкловський у передмові до своєї відомої монографії про зорі [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 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» [11]. Нагадаємо, що утворення всіх хімічних елементів, які трапляються у природі, і важчих від Гідрогену і Гелію, відбулося виключно завдяки зо-

рям 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 й блакитні, рентгенівські зорі, барстери, пульсари, нові та наднові зорі, цефеїди і, нарешті, «звичайні», нічим, здавалося 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» [11].

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 нашого світила? Відповіді на ці життєво важливі для нашої цивілізації запитання дає сучасна астрономія.

5. А «зоряне небо над головою» (за І. Кантом)? Воно увійшло 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 [12]).

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  $0,01 M_{\odot} - 0,1 M_{\odot}$  ( $10^{28} \text{ кг} < M < 10^{29} \text{ кг}$ ). 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 і не може бути багато через малий діапазон мас, в якому вони існують) і немає жодних 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. «Ідея ієрархичності» у [8]).

3. На початку 20-х років ХХ ст. 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, Е. Габбл

зробив інше фундаментальне відкриття — Всесвіт розширюється. Згодом був установлений і закон цього розширення, за яким швидкість віддалення будь-якої галактики прямо пропорційна відстані до неї (*закон Габбла*).

5. На сьогодні в доступній спостереження частині Всесвіту налічується  $\sim 10^{11}$  галактик. Це величезний світ — від так званих карликових галактик до велетенських спіральних (як Туманність Андромеди) та еліптичних. Вони містять різну кількість зір і газу, різного віку, мають різну форму та ін. Галактики утворюють групи, скупчення і надскупчення (знову ж таки, ілюстрація ієрархичності Всесвіту [8]), 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 їх набуває матерія в процесі свого розвитку» [5].

2. Метагалактика має певну великомасштабну структуру у вигляді тривимірної сітки, що її утворюють галактики та їх скупчення з характерним розміром комірок у цій сітці  $\sim 100 \text{ Мпк}$ . У більших масштабах наш світ може вважатися однорідним та ізотропним. Нинішні структура і склад Метагалактики мають глибоко еволюційну природу, й різні фрагменти сучасної астрономічної картини світу з'єднуються між собою послідовними генетичними зв'язками [1] (див. «Ідея еволюції» у [8]).

3. Найбільш грандіозним виявом еволюціонізму в су-

часній астрономії є, на думку Ю. В. Александрова та ін. [2], ідея нестационарного, еволюційного (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 15 млрд років тому. І майже до кінця ХХ ст. вважали, що залежно від середньої густини Метагалактики (яка визначає і її геометрію) можливі тільки три сценарії: розширення з таким уповільненням, що призводить до зупинки і подальшого стискання (повернення до вихідного стану — варіант «пульсуючого Всесвіту»); розширення з таким уповільненням, що 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 ст. було зроблено відкриття, значущість якого важко переоцінити. Виявилось, що розширення аж ніяк не уповільнюється, а навпаки — прискорюється! Це може бути тільки за умов 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 лише 4 % від існуючого.



## ВИВЧАЄМО АСТРОНОМІЮ

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, 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) та ін.

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 Метага-

лактики потребує розробки єдиної теорії взаємодії (нездійснена мрія А. Ейнштейна). Водночас ті наслідки фізичних процесів раннього Всесвіту, що нині спостерігаються, — це єдина можливість перевірки цієї теорії. Одержані результати свідчать про те, що найзагальніші 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* [2] (див. «Ідея єдності людини і Всесвіту» у [8]).

Послідовне застосування антропного принципу підводить до висновку, що «наш Всесвіт» може бути не єдиним. Уже декілька десятків років розвивається ідея «ансамблю світів» — всесвітів з різними фундаментальними властивостями, в одному з яких умови випадково виявилися сприятливими для виникнення життя й людини.

Отже, ми визначили головні базові поняття астрономічної освіти в середній школі. У подальшому необхідно виокреми-

ти допоміжні базові поняття, без яких вивчення і усвідомлення головних понять буде неефективним і неповноцінним, переструктурувати і по-новому систематизувати навчальну інформацію та встановити оптимальну послідовність вивчення матеріалу.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Александров Ю. В. Астрономія: Історико-методолог. нарис. — К.: Сфера, 1999. — 88 с.
  2. Александров Ю. В., Грецкий А. М., Пришляк М. П. Астрономія: 11 кл.: Кн. для вчителя. — Харків: Веста: Ранок, 2005. — 256 с.
  3. Александров Ю. В., Захожай В. А. Что такое планеты // Астроном. вестн. — 1980. — Т. XIV. — № 3. — С. 129—132.
  4. Бондарко А. В. Теория морфологических категорий. — Л.: Наука, 1976. — 255 с.
  5. Большой энциклопедический словарь / Под ред. А. М. Прохорова. — М.: Большая Рос. энцикл., 1998. — 1434 с.
  6. Гончаренко С. У. Принцип фундаменталізації освіти // Наук. зап. — Кіровоград: КДПУ ім. В. Винниченка, 2004. — Вип. 55. — Сер.: Пед. науки. — С. 4—9.
  7. Крячко І. П. Генералізація навчального матеріалу курсу астрономії // Фізика та астрономія в шк. — 2010. — № 9. — С. 29—31.
  8. Кузьменков С. Г. Фундаменталізація астрономічної освіти. 1. Стрижневі ідеї // Фізика та астрономія в шк. — 2010. — № 11—12. — С. 27—31.
  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. Шкловский И. С. Звёзды: их рождение, жизнь и смерть. — М.: Наука, 1984. — 384 с.
  12. Шеглов П. В. Отраженные в небемифы Земли. — М.: Наука, 1986. — 112 с.
- (Далі буде)

### ПАМ'ЯТКА ДЛЯ АВТОРІВ ЖУРНАЛУ

1. Автор подає до редакції рукопис українською мовою у двох примірниках, обсягом до 10 сторінок формату А4.
2. Автор підписує другий примірник рукопису, стверджуючи цим достовірність дат, цитат, фактів тощо.
3. Текст рукопису має бути набраний на комп'ютері (друк з одного боку сторінки, півтора інтервала між рядками, розмір шрифту 14). Ілюстрації подаються на окремих аркушах.
4. Поля сторінок рукопису: ліве і нижнє — 25 мм, верхнє — 20 мм, праве — 10 мм.
5. Обов'язковим є електронний варіант (на диску) тексту та ілюстрацій.
6. Бібліографія до рукопису має бути складена з додержанням правил стандартів.
7. До рукопису додаються дані про авторів (прізвище, ім'я, по батькові, місце роботи, посада, адреса, телефон).
8. Статті, які передбачається використати під час подання до захисту дисертаційних робіт, надсилати з рецензією та УДК. До статті додати назву, прізвища авторів, анотацію і ключові слова трьома мовами (українською, російською та англійською).
9. Прохання не надсилати ті самі матеріали водночас до нашого журналу та інших видань.

Бажаємо успіхів!