

ФІЗИКА ТА АСТРОНОМІЯ

1|2010

В ШКОЛІ

ІНДЕКС 74637

ПРИНЦИП НАЙМЕНШОЇ ДІЇ –
ФУНДАМЕНТАЛЬНИЙ
ЗАКОН ПРИРОДИ

КОМЕТИ: ДОСЛІДЖЕННЯ,
НАВЧАННЯ, ФОРМУВАННЯ
СВІТОГЛЯДУ

«ФІЗИКА І РОСЛИНИ»:
ІНТЕГРОВАНІЙ УРОК

НАВЧАЛЬНІ ПРОГРАМИ
З ФІЗИКИ ДЛЯ СТАРШОЇ
ШКОЛИ – ГОТУЄМОСЯ
ДО ВПРОВАДЖЕННЯ





Комети: історичний, методологічний, світоглядний та культурологічний аспекти

Клим ЧУРЮМОВ, Сергій КУЗЬМЕНКОВ

Комети — унікальні космічні тіла, які завжди цікавили людство. Ми вже багато чого дізналися про них, але інтерес до цих об'єктів нині 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. Сьогодні на перший план виходять космічні дослідження. Наприклад однією з космічних місій є місія автоматичної станції «Розетта» до комети Чурюмова—Герасименко, яка має завершитися у 2014 р. м'якою посадкою на ядро комети.

Загальна постановка проблеми. Одними 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 природничо-наукової картини світу; знання внеску найвідоміших астрономів у розвиток науки».

З цього погляду історичний підхід до навчання астрономії є, на нашу думку, одним із наукових підходів, що сприяють поставленим цілям, допомагають формуванню астрофізичного мислення, підвищують науковість навчання. Історичний аналіз, тобто з'ясування того, як був відкритий той чи інший закон, як виникла та чи інша теорія, сприяє 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» (вислів А. Ейнштейна стосовно еволюції фізики). До того ж історичний підхід може (і має) бути засобом формування в учнів методологічних знань.

Очевидно, що астрономія як наука містить не тільки систему знань, а й власне процес здобування знань. Тому методологічний аспект астрономічних знань, наприклад методологічні узагальнення під час проведення астрономічних спостережень, теорія та методи теоретичного пізнання в астрономії, зв'язок з фундаментальними фізичними ідеями, закономірності розвитку астрономії, мають бути розкриті такою самою мірою, як і фактологічний (предметний) аспект.

Не можна не погодитися з Г. М. Голіним [3], що під час трансформування наукової системи знань у навчальну багато зв'язків між елементами знань об-

риваються. Відновлення ж цих зв'язків у свідомості учнів під час навчання астрономії є непростою задачею. Без елементів методології астрономічної науки тут не обійтися.

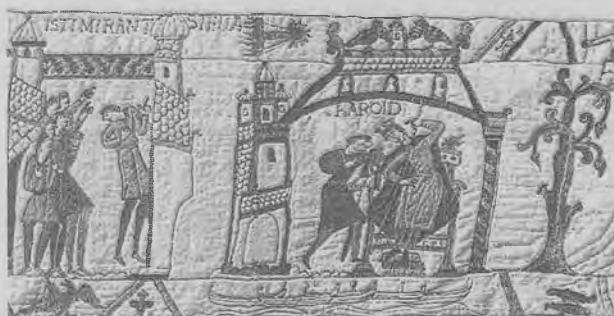
Головну й відмінну рису астрономії як науки, а отже і як навчального предмета, ми, услід за видатним російським астрофізиком І. С. Шкловським, вбачаємо в її світоглядному характері. Під світоглядом нині розуміють (наприклад, [3, 13]) інтегроване бачення та усвідомлення світу, він є результатом синтезу знань, досвіду, поглядів і переконань. Основний внесок курсу астрономії у формування світогляду полягає в утворенні в учнів визначених, системних, філософськи усвідомлених знань про Всесвіт і в процесі пізнання його людиною. При цьому важливими характеристиками світогляду, що формується під час навчання астрономії, є його науковість і гуманістичність. Формуванню ж поглядів та переконань як невід'ємних компонентів світогляду сприяє застосування й історичного, й методологічного підходів у навчанні.

Оскільки сьогодні фактично відбувається заміна старої науково-просвітницької парадигми освіти новою — науково-гуманістичною, то це, як справедливо зазначає автор статті [7], має стосуватися й астрономічної освіти. Новий зміст поняття «освіта» можна трактувати як передачу молодому поколінню досвіду відтворення й удосконалення існуючої культури [7, 10].

Враховуючи вищесказане, наголошуємо, що вчитель астрономії має бути готовим певну увагу приділити історичним, методологічним, світоглядним та культурологічним аспектам астрономічної освіти. Тема «Комети» в розділі «Малі тіла Сонячної системи» надає для цього великі можливості.

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 і боліди). Як приклад можна навести запис у Іпатіївському літопису від 6773 р. (комета 1264 р.): «Явися звезда на востоце хвостатаа, образом страшным, испущающе от себе луче великы, си же звезда наречается власатаа; от видения же сея звезды страх обья вся человеки и ужасть, хитреци же смотревше тако рекоша: «оже мятежь велик будет в земли...» [12]. Перше ж літописне свідчення взагалі про комети є у Лаврентіївському літопису: «В лето 6419. Явися звезда велика на западе, копейным образом» (комета 1912 р. — одна з появ знаменитої комети Галлея) [1, 12, 15].

Наведемо декілька прикладів, коли поява комети пов'язувалася з великим лихом. У 1066 р. під зна-



Мал. 1. Фрагмент гобелена з м. Байо (Франція) з кометою Галлея в 1066 р.

ком комети, появу якої зафіксували в тому числі й багато руських літописів [1, 12] і яку ми ототожнюємо з кометою Галлея, нормани вдерлися в Південну Англію і завоювали її. На мал. 1 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 терміна «зловісна зоря».

Поява знову ж таки комети Галлея у 1456 р. невдовзі після захоплення турками Константинополя (1453 р.) завдала жаху всій Європі. Християни бачили в ній турецьку вигнуту шаблю, а турки — хрест [1, 12].

Такі настрої панували в Європі й у XIX ст. Другий том «Війни і миру» Л. Толстого 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, обсіпана 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 вішувала, як казали, усілякі жахи та кінець світу» [14]. 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 що народився 17 років по тому, але в її яскравому описі віддзеркалилось незабутнє враження дитинства від комети Галлея, яку він спостерігав у 1835 р.

Водночас багато європейців уважали, що комета 1811 р. була, навпаки, шасливою «зорею» і сприяла великому врожаю солодкого винограду в Європі у 1811 р. З цього винограду було виготовлено багато смачного шампанського, пляшки з яким було закорковано корками із зображенням комети. Це шампанське було популярне і в Росії під назвою «Мадам Кліко». Наприклад, у О. С. Пушкіна в поемі «Євгеній Онегін» читаємо (XVI строфа):

... Ввшов: і корок геть летить,
Вина комети струм кипить.

Переклад Максима Рильського

Панічні настрої, підігріті журналістами, деінде були і на початку XX ст. перед появою в 1910 р. комети Галлея. До речі, того року померли Лев Толстой і Марк Твен. Останній колись пошуткував, що оскільки він народився в рік появи комети Галлея (1835), то, мабуть, і піде з життя з її наступним поверненням. Так і сталося.

Наостанок, аби ще раз підкреслити, наскільки комета Галлея вилетіла в культуру, наведемо такий приклад. Один з чотирьох космічних апаратів, які відправили для ближчого дослідження комети під час останньої її появи в 1986 р., називався «Джотто» на честь видатного італійського художника Джотто ді Бондоне. Цей художник під час розпису капели дельї Скровенні (церкви на Арені) у м. Падуї (1302—1306) зобразив у біблійській сцені поклоніння волхвів Вифлеємську зорю як комету (мал. 2; до речі, є така версія явища Вифлеємської зорі). Вважають, що на це його надихнула комета Галлея, яку він спостерігав на небі в 1301 р. Ось такий зв'язок часів і культур.

Історія і методологія. Майже дві тисячі років з часів Аристотеля вважалось, що комети народжуються в земній атмосфері, є результатом займання і згоряння пари, що підіймається із Землі вгору, де володарюють повітря й вогонь (за Аристотелем — дві з чотирьох головних стихій). Ці уявлення існували навіть наприкінці XVII ст. У бібліотеці Королівського астрономічного товариства зберігається книжка «Cometomantia», що видана 1684 р., в якій написано: «Якщо визнати, що комети 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 [6]).



Мал. 2. Фреска Джотто у капелі дельї Скровенні у м. Падуї (Італія) «Поклоніння волхвів» із зображенням комети як Вифлеємської зорі



АСТРОНОМІЯ: З ДАВНИНИ ДО СУЧАСНОСТІ

Тільки вимірювання паралакса комети 1577 р. видатним данським астрономом Тіхо Браге довели, що комети є такими самими небесними тілами, як Місяць і планети. Він писав: «...мені щодо цієї комети... стало ясним, що її місце і шлях є далеко за межами місячної сфери. Арістотелев 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...» [4]. 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 в 1057 р. до н. е. [9]?

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 Йоганн Кеплер, відкривши на початку XVII ст. закони руху планет (тобто закони еліптичного руху — див., наприклад [8]), що стали основою небесної механіки, не спробував застосувати їх до руху комет. Він чомусь вважав (можливо, за аналогією з ракетами у феєрверку [6]), що комети рухаються прямолінійними траєкторіями. У цьому разі усі 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 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). Поява «Основ» — загальноновизнана заслуга Е. Галлея. У цьому, за словами Н. І. Ідельсона [4], «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 [4], 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». Щодо 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 [4]. 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 на 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» [2] (так само, як ракета у феєрверку). Тут ще і згадки немає про лід, проте є «ефір», і взагалі гіпотеза не була науково обгрунтованою.

Цікаво, що 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» [4]. Сьогодні ми знаємо, що такий механізм підтримки світності зір не є ефективним, але комети, в усякому разі на Сонце, падають. Це засвідчив на багатьох фотографіях спеціальний космічний апарат «СОХО» (на мал. 3 — фото, зроблене 23 грудня 1996 р., яскраве Сонце на ньому перекрито спеціальним диском).

У передмові до «Основ» Галлей написав («Ода Ньютоному» [6]):

...Тепер відомі нам
Комет шляхи круті, що вселяли
Усім жах. Ми віднині не тремимо
Під час появи бородатих зір.



Мал. 3. Падіння комети на Сонце, що зареєстровано космічним апаратом «СОХО» 23 грудня 1996 р.

Зверніть увагу на ці «шляхи круті», якими він розпровався з пресловутими прямолінійними траекторіями Кеплера.

Результати, отримані Ньютоном, підштовхнули Галлея розпочати власні дослідження кометних орбіт. У різних публікаціях, рукописних джерелах, історичних хроніках він розшукав обставини спостережень комет, що з'являлися 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 вельми 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» [6, 9].

Зазначимо, що оскільки комети вважалися міжзоряними мандрівниками, то Галлей розраховував *параболічні* орбіти. Але дійсна, тобто еліптична, орбіта комети Галлея має дуже великий ексцентриситет: $e = 0,967$, який наближається до одиниці, а за $e = 1$ еліпс у 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 в підручнику М. П. Прищляка [11]: «...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 мал. 11.9 [11] комета зображена з двома хвостами, але описуються 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 у підручниках, то в іншому [5] теж є дивовижна фраза в 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 Кеплер своїм третім законом (період залежить тільки від великої півосі еліпса) і остаточно підтвердив Ньютон, коли після відкриття заочно всесвітнього тяжіння уточнив третій закон Кеплера, ввівши туди маси, але не ексцентриситети.

Передбачена комета трохі запізнилася. Хоча її

очікували й шукали, у тому числі відомий «ловець комет» і автор першого каталогу туманностей Шарль Месьє, 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 було застосовано числові методи інтегрування. Виявилось, що похибка в моменті проходження перигелію становила 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 уперше науково обґрунтовано передбачив появу комети. Після триумфальної 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 [6], «потонув у сьайві слави своєї комети».

Висновки

1. Величезний світоглядний, філософський, методологічний та культурологічний потенціал астрономії недостатньо реалізується як у середній школі, так і під час підготовки майбутніх учителів астрономії.
2. Темі «Комети» вчитель має приділити особливу увагу, оскільки ці космічні тіла відіграли величезну роль у розвитку наших уявлень про Сонячну систему, у розвитку астрономії та науки взагалі. Історія спостережень яскравих комет є невід'ємною складовою історії нашої цивілізації, нашої культури.
3. 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 прямим лініях, як вважалося до Ньютона, не тільки по параболічних або гіперболічних орбітах, як вважав сам Ньютон, а й по еліптичних траекторіях. 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.
4. 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



АСТРОНОМІЯ: З ДАВНИНИ ДО СУЧАСНОСТІ

полі тяжіння планет для точної і швидшої доставки апарата в певну точку Сонячної системи.

5. Комета Галлея здобула першу перемогу закону всесвітнього тяжіння. Фактично на той час це був єдиний переконливий доказ правильності та універсальності цього закону (наприкінці XVIII ст. навіть виготовили фарфорову медаль, на якій поруч з Ньютоном зображено комету [6]). Це був і триумф науки взагалі. Про це в жолному з підручників астрономії — ні слова.

6. Прикрі помилки стосовно комет, що також мають місце у шкільних підручниках, необхідно виправити в наступних виданнях.

7. Нині ми знаємо, що й еліптичні орбіти комет, і сам закон всесвітнього тяжіння можливі тільки в ізотропному і тривимірному просторі за умови однорідності часу (подробіці див. у [8]). Так окремі елементи знань пов'язуються з фундаментальними властивостями простору і часу, із фундаментальними ідеями фізики (ідеї симетрії та збереження). Це методологічне узагальнення має дуже важливі світоглядні наслідки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Беляев Н. А., Чурюмов К. И. Комета Галлея и ее наблюдение. — М.: Наука, 1985. — 270 с.

2. Всехсвятский С. К. Кометы в Солнечной системе. — М.: Знание, 1974. — 64 с.

3. Голин Г. М. Вопросы методологии физики в курсе средней школы: Кн. для учителя. — М.: Просвещение, 1987. — 127 с.

4. Климишин И. А. История астрономии. — Ивано-Франківськ: Вид-во ІФТКДІ, 2000. — 652 с.

5. Климишин И. А., Крячко И. П. Астрономия: Підруч. для 11 кл. загальноосвіт. навч. закладів. — К.: Знання України, 2004. — 192 с.

6. Колдер Н. Комета надвигается! — М.: Мир, 1984. — 176 с.

7. Крячко И. П. Астрономічна культура — складова загальної культури сучасної людини // Фізика та астрономія в шк. — 2008. — № 5—6. — С. 36—39.

8. Кузьменков С. Г. Иоганн Кеплер і революція в астрономії // Там само. — 2009. — № 3. — С. 3—6.

9. Левин Б. Ю., Симоненко А. Н. Комета Галлея. — М.: Знание, 1984. — 64 с.

10. Оспенникова Е. В. Взаимосвязь системы видов учебного познания, методов обучения и организационных форм построения учебного процесса // Наука и шк. — 2001. — № 4. — С. 20—26.

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

12. Святский Д. О. Астрономия Древней Руси. — М.: НП ИД «Русская панорама», 2007. — 664 с. — (Возвращенное наследие: памятники исторической мысли).

13. Теория и методика обучения физике в школе: Общие вопросы: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. завед. / С. Е. Каменецкий, Н. С. Пурышева, Н. Е. Важеевская и др.; Под ред. С. Е. Каменецкого, Н. С. Пурышевой. — М.: ИЦ «Академия», 2000. — 368 с.

14. Толстой Л. Н. Война и мир. — Т. 1, 2. — М.: Худ. лит-ра, 1968. — 736 с. — (Б-ка всемир. лит-ры, т. 113).

15. Чурюмов К. И. Кометы и их наблюдение. — М.: Наука, 1980. — 170 с.