

УДК 373.5.016:52

І.В. Камінь¹, В.В. Троянський^{1,2}, І.М. Ліщинський¹, І. Кудзей³

Організація лабораторних робіт у шкільному курсі в астрономії

¹ Кафедра фізики та астрономії, Карпатський національний університет імені Василя Стефаника, 76025, м. Івано-Франківськ, Україна

² Астрономічна дослідна станція, Карпатський національний університет імені Василя Стефаника, 76018, м. Івано-Франківськ, Україна

³ Вігорлатська обсерваторія в Гуменному, 06601, м. Гуменне, Словаччина
volodymyr.troianskyi@cnu.edu.ua

У статті розглянуто особливості організації лабораторних робіт у шкільному курсі астрономії з використанням сучасного астрономічного обладнання та спеціалізованого програмного забезпечення. Обґрунтовано значення практичної діяльності для формування в учнів предметних компетентностей, дослідницьких умінь, навичок опрацювання результатів спостережень і розуміння астрономічних явищ.

Запропоновано комплекс лабораторних робіт, що охоплює визначення висоти гір на Місяці за довжиною тіні, дослідження руху галілеєвих супутників Юпітера, а також спостереження зміщення сонячних плям і визначення числа Вольфа.

Описано можливості застосування та впровадження телескопа Ньютона з діаметром об'єктива 150 мм і фокусною відстанню 750 мм, астрономічної камери ZWO ASI178MC, програм ASI Studio та Stellarium для навчання астрономії в школі. Визначено основні етапи виконання запропонованих робіт: проведення або моделювання спостережень, отримання й опрацювання астрономічних зображень, виконання вимірювань і розрахунків, аналіз похибок та формулювання висновків.

Показано, що поєднання реальних спостережень із цифровими засобами активізує пізнавальну діяльність учнів і наближає навчальний процес до реального астрономічного дослідження. Запропоновані лабораторні роботи можуть бути використані під час вивчення астрономії у закладах загальної середньої освіти та в позакласній дослідницькій діяльності.

Ключові слова: шкільний курс астрономії; лабораторні роботи; астрономічні спостереження; цифрові астрономічні зображення; дослідницька діяльність учнів; предметна компетентність.

Постановка проблеми

Астрономія є комплексною наукою, яка поєднує фізичні явища, математичні закономірності, географічні знання та філософські уявлення про місце людини у Всесвіті. Її вивчення формує науковий світогляд, розвиває просторове мислення і водночас інтерес учнів до природничих наук. Варто зазначити, що викладання астрономії у закладах загальної середньої освіти супроводжується низкою труднощів, які впливають на якість засвоєння навчального матеріалу.

Однією з основних проблем є обмежена кількість навчальних годин, тому значний обсяг матеріалу подається переважно в теоретичній формі. За таких умов недостатньо уваги приділяється проведенню астрономічних спостережень, виконанню

вимірювань, опрацюванню зображень небесних тіл та аналізу отриманих результатів. Це супроводжує прогалини у теоретичних знаннях та практичній діяльності, адже спостереження та аналіз експериментальних даних становлять основу астрономічного дослідження.

Реалізацію практичної складової також ускладнює недостатнє матеріальне забезпечення закладів освіти, зокрема відсутність телескопів, астрономічних камер та іншого спеціалізованого обладнання. Окрім цього, не всі педагоги мають достатній досвід роботи із сучасним обладнанням і програмним забезпеченням, тому лабораторні заняття нерідко замінюються демонстраціями, теоретичними завданнями або роботою з готовими даними.

Актуальною залишається і проблема навчальної мотивації. Через відсутність астрономії серед предметів, які виносяться на Національний мультипредметний тест, учні часто сприймають цю дисципліну як другорядну. Водночас недостатнє формування міжпредметних зв'язків астрономії із фізикою, математикою, географією та інформатикою формує фрагментарне розуміння астрономічних явищ і не дає змоги повною мірою продемонструвати практичне застосування набутих знань.

З огляду на перелічені умови, актуального значення набуває розробка лабораторних робіт, які поєднують реальні астрономічні спостереження, цифрове моделювання та опрацювання готових зображень. Запропоновані лабораторні роботи орієнтовані на залучення учнів до дослідницької діяльності у процесі вивчення астрономії навіть за обмеженої кількості навчальних годин. Це актуалізує обґрунтування методичних особливостей проведення лабораторних робіт зі шкільного курсу астрономії.

Аналіз досліджень з проблеми формування компетентностей з астрономії

Проблема формування предметних і ключових компетентностей учнів у процесі навчання природничих дисциплін посідає важливе місце в сучасних педагогічних дослідженнях. Компетентнісний підхід передбачає засвоєння системи теоретичних знань і формування здатності застосовувати їх для пояснення природних явищ, розв'язування практичних завдань, проведення спостережень, опрацювання інформації та формулювання обґрунтованих висновків. Ю. С. Мельник і В. В. Сіпій зазначають, що предметна компетентність формується через поєднання знань, практичних умінь, досвіду пізнавальної діяльності та здатності використовувати набуті знання в нових навчальних і життєвих ситуаціях [1].

Теоретичні й методичні засади навчання астрономії у старшій школі висвітлено у працях І. П. Крячка. Дослідник розглядає зміст шкільної астрономічної освіти, методи формування основних понять, організацію спостережень небесних тіл, використання наочності та проведення практичних занять. Особливу увагу приділено діяльнісному характеру навчання, за якого учні навчаються спостерігати, аналізувати та пояснювати астрономічні явища [2].

Безпосередньо проблему формування предметної компетентності з астрономії в учнів старшої школи досліджувала Т. В. Панченко. Авторкою визначено зміст і структуру астрономічної компетентності, яка охоплює знання про небесні тіла та явища, уміння проводити й аналізувати спостереження, застосовувати теоретичні положення для пояснення будови та еволюції Всесвіту. Обґрунтовано необхідність застосування засобів наочності, які

дають змогу сформувати цілісне уявлення про об'єкти й процеси, недоступні для безпосереднього спостереження [3].

Вагомий внесок у дослідження можливостей електронних освітніх ресурсів у навчанні астрономії зробили В. Ф. Заболотний та О. В. Кузьминський. Науковці наголошують, що застосування цифрових засобів візуалізує астрономічні процеси, у свою чергу, це підвищує рівень предметної компетентності [4]. У працях О. В. Кузьминського розглянуто методичні можливості електронних освітніх ресурсів для формування системи астрономічних знань учнів основної та старшої школи [5].

Практичне спрямування навчання представлене також у навчально-методичних розробках В. Ф. Заболотного, О. В. Кузьминського та Н. А. Мислицької. Запропоновані авторами робочий зошит і контурні карти передбачають виконання практичних завдань, роботу із зображеннями, схемами, картами зоряного неба та іншими джерелами астрономічної інформації [6; 7]. Такі засоби дають можливість активізувати пізнавальну діяльність учнів і реалізувати міжпредметні зв'язки астрономії з фізикою, математикою, географією та інформатикою.

Аналіз науково-методичних праць показує, що дослідниками ґрунтовно розглянуто загальні засади компетентнісного навчання астрономії, використання засобів наочності, електронних ресурсів і практичних завдань. Водночас питання організації лабораторних робіт із використанням сучасних телескопів, цифрових астрономічних камер і спеціалізованого програмного забезпечення потребує подальшого методичного опрацювання. Недостатньо висвітленими залишаються способи поєднання реальних спостережень, цифрового моделювання та опрацювання астрономічних зображень через обмежену кількість навчальних годин. Відповідно це актуалізує розробку лабораторних робіт, спрямованих на формування предметної, дослідницької, математичної та інформаційно-цифрової компетентностей учнів.

Структура та особливості організації лабораторних робіт з астрономії

Лабораторні роботи є важливою складовою навчання астрономії, оскільки поєднують теоретичні знання з практичними дослідженнями небесних тіл та явищ. У ході виконання учні набувають досвіду проведення спостережень, роботи з астрономічним обладнанням та опрацювання цифрових зображень. Водночас вони навчаються аналізувати отримані дані та оцінювати точність результатів.

Організація лабораторних робіт з астрономії має низку особливостей: на відміну від традиційного фізичного експерименту, дослідник здебільшого не може безпосередньо впливати на астрономічний

об'єкт або змінювати умови перебігу явища. Основним джерелом інформації є спостереження, результати якого залежать від часу доби, сезону, погодних умов, положення об'єкта на небесній сфері та рівня світлового забруднення.

Важливо поєднувати різні способи організації практичної діяльності учнів. Перший спосіб передбачає проведення безпосередніх спостережень за допомогою телескопа й астрономічної камери. Другий ґрунтується на опрацюванні заздалегідь отриманих зображень небесних тіл. Третій передбачає застосування програмного забезпечення для моделювання вигляду зоряного неба та руху небесних об'єктів. Важливим етапом підготовки лабораторної роботи є добір об'єкта дослідження. Він має бути доступним для спостереження або представленим на цифрових зображеннях, відповідати змісту навчальної програми та давати можливість отримати кількісний чи якісний результат. Завдання повинні бути зрозумілими для учнів, посилювати за рівнем складності та придатними для виконання впродовж відведеного часу. Доцільно також передбачати можливість використання готових спостережних матеріалів у разі відсутності матеріальної бази чи несприятливих погодних умов.

Запропоновані лабораторні роботи мають спільну структуру, яка відтворює основні етапи навчального дослідження:

1. **Тема роботи** відображає досліджуваний об'єкт, явище або фізичну характеристику.
2. **Мета роботи** визначає результат, якого мають досягти учні під час виконання спостережень, вимірювань і розрахунків.
3. **Обладнання та програмне забезпечення** охоплюють прилади, цифрові зображення, комп'ютерні програми й допоміжні матеріали, які необхідні для проведення дослідження.
4. **Теоретичні відомості** містять основні поняття та розрахункові формули, потрібні для виконання роботи.
5. **Послідовність виконання роботи** передбачає ознайомлення з об'єктом дослідження, проведення спостережень або роботу з готовими даними, виконання вимірювань, занесення результатів до таблиці та проведення необхідних розрахунків.
6. **Опрацювання й аналіз результатів** охоплюють порівняння отриманих значень із довідковими даними, визначення можливих факторів похибок та оцінювання достовірності результатів.
7. **Контрольні запитання** використовуються для перевірки розуміння учнями фізичної сутності досліджуваного явища та зв'язку між теоретичними положеннями й результатами спостережень.
8. **Висновок** містить узагальнення виконаної роботи, одержаних результатів і встановлених закономірностей.

Організація лабораторного заняття охоплює підготовчий, практичний та узагальнювальний етапи. На підготовчому етапі вчитель повідомляє тему і мету роботи, актуалізує необхідні теоретичні знання,

ознайомлює учнів з обладнанням та правилами безпечної роботи. Практичний етап охоплює проведення спостережень, опрацювання зображень, виконання вимірювань і розрахунків. На завершальному етапі учні аналізують результати, обговорюють можливі фактори, які впливають на похибки та формують висновки.

Залежно від матеріально-технічного забезпечення й кількості учнів лабораторні роботи можуть виконуватися індивідуально, у парах або малих групах. Групова форма особливо доцільна під час роботи з телескопом та астрономічною камерою, оскільки потребує розподілу обов'язків між учасниками. Один учень може відповідати за налаштування обладнання, інший – за отримання або добір зображень, решта – за вимірювання, розрахунки та оформлення результатів. При цьому кожен учасник повинен розуміти послідовність виконання роботи та брати участь в обговоренні її результатів.

Критерієм оцінювання лабораторної роботи є, зокрема, точність кінцевого результату в межах допустимої похибки, уміння учнів організувати спостереження, виконати вимірювання, обґрунтовано застосувати формули, опрацювати дані й пояснити причини можливих розбіжностей. Важливими критеріями є самостійність виконання завдань, правильність оформлення результатів і змістовність сформульованого висновку.

Отже, структуру лабораторних робіт з астрономії доцільно орієнтувати на поступове проходження учнями основних етапів дослідницької діяльності. Поєднання безпосередніх спостережень, цифрових астрономічних зображень і комп'ютерного моделювання враховує специфіку предмета та створює умови для практичного застосування набутих знань.

Приклади лабораторних робіт

Відповідно до визначеної структури розроблено комплекс із трьох лабораторних робіт, у яких поєднано астрономічні спостереження, опрацювання цифрових зображень, комп'ютерне моделювання та виконання розрахунків. Лабораторні роботи мають міждисциплінарний характер навчання, поєднуючи елементи астрономії, інформатики та математичного моделювання.

Лабораторна робота 1. Визначення висоти гір на Місяці

Мета роботи: визначити висоту гір на Місяці за довжиною тіні, використовуючи отримане зображення та прості геометричні співвідношення.

Обладнання та програмне забезпечення: телескоп Ньютона ($D = 150$ мм, $F = 750$ мм), астрокамера ZWO ASI178MC color, комп'ютер, програмне забезпечення ASI Studio, зображення поверхні Місяця.

Теоретичні відомості. Поблизу термінатора сонячні промені падають на поверхню Місяця під

малим кутом, тому гори, кратери та інші нерівності рельєфу утворюють добре помітні тіні (рис.1).



Рис.1. Лінія термінатора на диску Місяця.
Фото: Тетяна Свинарик-Іващенко.

За довжиною тіні та кутом висоти Сонця над місцевим горизонтом можна визначити висоту обраного об'єкта:

$$h = l \cdot \tan \alpha \quad (1)$$

де h – висота об'єкта; l – довжина його тіні; α – кут висоти Сонця над місцевим горизонтом досліджуваної ділянки.

Хід роботи:

1. Розглянути зображення місячної поверхні та визначити положення термінатора.
2. Обрати елемент рельєфу, від якого утворюється чітка тінь.
3. Визначити масштаб зображення.
4. Виміряти довжину тіні в пікселях та перевести отримане значення у кілометри.
5. За відомим значенням кута α обчислити висоту обраного об'єкта.
6. Порівняти отриманий результат із реальними даними.
7. Визначити можливі причини розбіжності між обчисленим і довідковим значеннями.
8. Сформулювати висновок.

Методичний коментар. Для виконання роботи доцільно використовувати зображення ділянок поблизу термінатора, на яких тіні мають чіткі межі. Робота формує вміння здійснювати непрямі вимірювання, застосовувати геометричні співвідношення, опрацьовувати цифрові зображення й аналізувати похибки.

Лабораторна робота 2. Дослідження руху супутників Юпітера.

Мета роботи: визначити назви галілеєвих супутників відносно Юпітера за фото, обчислити їх розміри, оцінити орбітальні відстані супутників і порівняти з теоретичними.

Обладнання та програмне забезпечення: програма Stellarium, комп'ютер.

Теоретичні відомості. Навколо Юпітера рухається велика кількість природних супутників. Найбільші з них – Іо, Європа, Ганімед і Каллісто – можна спостерігати за допомогою невеликого телескопа.

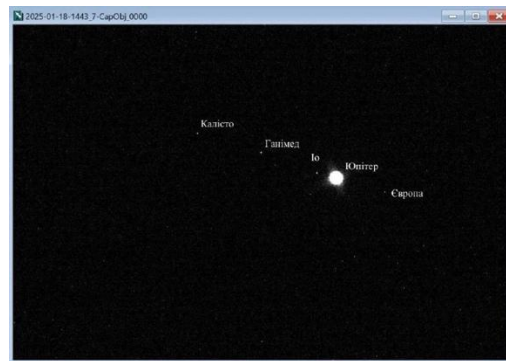


Рис.2. Зображення Юпітера та його супутників, отримане авторами 18.01.2025.

Унаслідок орбітального руху їхнє видиме положення відносно диска планети змінюється. Порівняння положень супутників у різні моменти часу дозволяє простежити характер цього руху.

Хід роботи:

1. Запустити програму Stellarium і встановити місце спостереження.
2. Знайдіть Юпітер за допомогою пошуку (клавіша F3).
3. Визначити і записати положення супутників Юпітера у вибрану дату (18.01.2025).
4. Зробити скріншот і порівняти з фото.
5. Визначити, який із супутників змінює положення найшвидше, а який – найповільніше.
6. Пояснити встановлені відмінності та сформулювати висновок.

Методичний коментар. Робота може виконуватися за результатами власних спостережень за допомогою телескопа або, у випадку відсутності матеріальної бази, використовуючи дані інтернет-ресурсів. Доцільно запропонувати учням попередньо спрогнозувати положення супутників, а потім перевірити припущення під час наступного спостереження. Це розвиває вміння працювати з моделями, аналізувати часові зміни, а також встановлювати закономірності руху небесних тіл.

Лабораторна робота 3. Дослідження зміщення сонячних плям і визначення числа Вольфа.

Мета роботи: дослідити зміну положення сонячних плям на диску Сонця та визначити рівень сонячної активності за числом Вольфа.

Обладнання та програмне забезпечення: серія зображень Сонця, отриманих у різні дні, персональний комп'ютер, програма для перегляду й опрацювання цифрових зображень, таблиця результатів.

Теоретичні відомості. Сонячні плями – це ділянки фотосфери зі зниженою температурою, які на зображеннях Сонця виглядають темнішими за навколишню поверхню. Через обертання Сонця навколо власної осі положення плям на видимому диску поступово змінюється.



Рис.3. Знімок Сонця від 15.05.2025.
Фото: Tomasz Ścieżor.



Рис.4. Знімок Сонця від 19.05.2025.
Фото: Tomasz Ścieżor.

Для кількісної характеристики
прямоутворювальної активності використовують
число Вольфа:

$$W = 10g + f \quad (2)$$

де W – число Вольфа; g – кількість груп плям; f – загальна кількість окремих плям.

Хід роботи:

1. Визначити на кожному зображенні групи сонячних плям (рис.3), (рис.4).
2. Підрахувати кількість груп g та загальну кількість окремих плям f .
3. Обчислити число Вольфа для кожного дня спостереження.
4. Порівняти отримані значення числа Вольфа та охарактеризувати зміну сонячної активності.
5. Простежити зміну положення вибраної

групи плям на сонячному диску.

6. Визначити напрям її видимого переміщення

7. Сформулювати висновок.

Методичний коментар. Для коректного порівняння доцільно використовувати зображення, отримані з приблизно однаковими часовими інтервалами. Робота формує навички аналізу послідовних спостережень, виконання кількісних розрахунків та якісної оцінки змін сонячної активності.

Наведені лабораторні роботи охоплюють різні форми практичної діяльності: опрацювання цифрових астрономічних зображень, проведення непрямих вимірювань, роботу з комп'ютерною моделлю та аналіз часових змін. Отримані результати узгоджуються з положеннями компетентнісного підходу та підтверджують доцільність використання таких завдань у навчанні астрономії учнів 11-го класу. Їх виконання формує предметну компетентність з астрономії, дослідницькі вміння, математичну й інформаційно-цифрову компетентності.

Висновки

Лабораторні роботи у шкільному курсі астрономії варто будувати навколо конкретного дослідницького завдання, результат якого учень може отримати й пояснити самостійно. Для цього необхідно передбачити роботу зі спостережними даними, вимірювання, розрахунок та обговорення точності одержаного результату.

Розроблені роботи з дослідження рельєфу Місяця, супутників Юпітера та сонячної активності показують різні способи організації такої діяльності. Учні можуть працювати з власними спостереженнями, цифровими зображеннями або астрономічною моделлю залежно від доступного обладнання й умов проведення заняття. У кожному випадку важливо зберігати послідовність дослідження: від аналізу вихідних даних до обґрунтованого висновку.

Запропонований підхід пов'язує зміст шкільного курсу з методами сучасної астрономії та розвиває в учнів уміння аналізувати дані, застосовувати математичні знання й критично оцінювати результати вимірювань. Подальшу роботу доцільно спрямувати на створення комплектів зображень і різнорівневих завдань, адаптованих для використання в школах із різним рівнем матеріально-технічного забезпечення.

- [1] Мельник Ю. С., Сіпій В. В. Формування предметної компетентності старшокласників у процесі навчання фізики: методичний посібник. Київ: ТОВ «КОНВІ ПРІНТ», 2018. 136 с.
- [2] Крячко І. П. Методика навчання астрономії в старшій загальноосвітній школі. Київ: Видавничий центр «Наше небо», 2018. 244 с.
- [3] Панченко Т. В. Формування предметної компетентності з астрономії у старшокласників з використанням системи засобів наочності: автореферат дисертації кандидата педагогічних наук: 13.00.02. Київ, 2014. Відомості про працю в каталозі НБУВ.
- [4] Заболотний В. Ф., Кузьминський О. В. Електронні засоби самоконтролю навчальних досягнень учнів з астрономії. Фізико-математична освіта. 2016. Вип. 4 (10). С. 32–36.
- [5] Кузьминський О. В. Формування астрономічних знань учнів основної та старшої школи з використанням електронних освітніх ресурсів: дисертація кандидата педагогічних наук: 13.00.02. 2016.
- [6] Заболотний В. Ф., Кузьминський О. В., Мисліцька Н. А. Робочий зошит з астрономії. Вінниця: Твори, 2021. 36 с. Бібліографічний запис у списку джерел наукової статті.
- [7] Заболотний В. Ф., Кузьминський О. В., Мисліцька Н. А. Контурні карти з астрономії. Вінниця: Твори, 2021. 24 с. Бібліографічний запис у списку джерел наукової статті.

I.V. Kamin¹, V.V. Troianskyi^{1,2}, I.M. Lishchynskyy¹, I. Kudzej³

Organizing Laboratory Work in a High School Astronomy Course

¹ Department of Physics and Astronomy, Faculty of Physics and Technology, Vasyl Stefanyk Carpathian National University, 57 Shevchenko Str., 76025 Ivano-Frankivsk, Ukraine

² Astronomical Research Station of Vasyl Stefanyk Carpathian National University, 57 Shevchenko Str., 76018 Ivano-Frankivsk, Ukraine

³ Vihorlat Observatory, 06601 Humenne, Slovakia

This article examines the specifics of organizing laboratory work in a high school astronomy course using modern astronomical equipment and specialized software. It highlights the importance of hands-on activities in helping students develop subject-specific competencies, research skills, the ability to analyze observational data, and an understanding of astronomical phenomena.

A set of laboratory experiments is proposed, covering the determination of the height of mountains on the Moon based on shadow length, the study of the motion of Jupiter's Galilean moons, as well as the observation of sunspot shifts and the determination of the Wolf number.

The possibilities for using and implementing a Newtonian telescope with a 150-mm objective lens diameter and a 750-mm focal length, a ZWO ASI178MC astronomical camera, and the ASI Studio and Stellarium software for teaching astronomy in school are described. The main stages of carrying out the proposed work are identified: conducting or simulating observations, acquiring and processing astronomical images, performing measurements and calculations, analyzing errors, and drawing conclusions.

It is shown that combining real observations with digital tools stimulates students' cognitive activity and brings the learning process closer to real astronomical research. The proposed laboratory exercises can be used in the study of astronomy in general secondary education institutions and in extracurricular research activities.

Keywords: high school astronomy course; laboratory experiments; astronomical observations; digital astronomy.