

О. В. Волчанський, О. О. Чінчой*Центральноукраїнський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка**e-mail: O.V.Volchanskyi@cuspu.edu.ua, chinchoy.alexander@gmail.com;**ORCID: 0000-0002-9560-6595, 0000-0002-2572-1416*

РОЗВИТОК ДОСЛІДНИЦЬКИХ ЗДІБНОСТЕЙ УЧНІВ ПРИ ВИВЧЕННІ ЗАКОНІВ ФОТОМЕТРІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОННОГО ПЛАНЕТАРІЮ

Досліджено застосування інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) при вивченні фізики і астрономії з використанням програмних моделюючих засобів (ПМЗ). Продемонстровано, що моделюючі програми дозволяють не тільки спостерігати за ходом віртуального експерименту, а й легко змінювати його параметри. Констатовано також, що такий вид експерименту є актуальним при вивченні астрономічних явищ, більшість з яких відбуваються настільки повільно, що потребують тривалих спостережень.

Розглянуто особливості використання віртуального планетарію Stellarium при вивченні законів фотометрії на уроках фізики і астрономії для розвитку дослідницьких здібностей учнів старшої школи. Запропоновано дослідження зв'язку умов освітлення Сонцем певної точки земної поверхні з відповідним коливанням її денної температури. Показано, що використання ПМЗ може суттєво допомогти вчителю підвищити активність і зацікавленість школярів, покращити розуміння ними навчального матеріалу за рахунок збільшення наочності та компоненти дослідницької діяльності.

Ключові слова: дослідницька діяльність, віртуальний планетарій, Stellarium, вивчення фізики і астрономії, фотометрія.

Одним із напрямів удосконалення методики навчання природничих дисциплін, поглиблення розуміння навчального матеріалу, підвищення практичної значущості результатів навчання є збільшення компоненти дослідницької діяльності. Послідовне впровадження в навчальний процес розвитку пізнавальних і творчих якостей молоді підвищує їх конкурентну спроможність на сучасному ринку праці: здатність і готовність до розв'язання комплексних задач (проблем), критичного мислення, творчості, когнітивної гнучкості, співпраці, управління, здійснення інноваційної діяльності [1].

Державним стандартом базової середньої освіти визначено як обов'язковий результат навчання формування ряду ключових компетентностей. Зокрема компетентності у галузі природничих наук, техніки і технологій передбачають «формування наукового світогляду; набуття досвіду дослідження природи та формулювання доказових висновків на основі отриманої інформації» [2]. Наскрізними в усіх ключових компетентностях згідно зі стандартом є вміння учня розв'язувати проблеми, що передбачає вміння аналізувати проблемні ситуації, формулювати проблеми, висувати гіпотези, практично їх перевіряти та обґрунтувати, презентувати та аргументувати рішення, здатність працювати в команді для планування і реалізації проєктів. Недаремно, чинні програми вивчення курсу фізики в профільних класах старшої школи вимагають обов'язкового «ознайомлення учнів з методами наукових досліджень, формування в них умінь ... на практиці проводити фізичні дослідження (демонстрації, досліди, експерименти тощо), аналізувати, узагальнювати результати, робити висновки» [3].

Астрономія вивчає найбільш масштабні об'єкти навколишнього світу, тому основним методом їх дослідження є спостереження. При вивченні астрономічних явищ науковці стикаються з відмінністю видимого (небесні явища) і дійсного (космічні явища) при чуттєвому сприйнятті. Наприклад, річне обертання Землі навколо Сонця (космічне явище) ми спостерігаємо як видимий річний рух Сонця на фоні зір (небесне явище), обертан-

ня планет навколо Сонця по еліптичних орбітах (космічне явище) спостерігається із Землі як петлеподібний рух планет поблизу площини екліптики.

До того ж багато астрономічних явищ відбуваються так повільно, що потребують тривалих спостережень: наприклад, зміну нахилу земної осі до площини її орбіти можна помітити лише через сотні років. Усе це накладає певні обмеження на астрономічні навчальні спостереження, які, на наш погляд, можна подолати за допомогою комп'ютерного моделювання.

Важливим аспектом застосування ІКТ при вивченні фізики може бути організація моделюючого експерименту з використанням відповідних програмних модельних засобів (ПМЗ). Такі програми дозволяють не тільки спостерігати за ходом експерименту, а й легко змінювати його параметри. Це особливо актуально тоді, коли робота з реальним обладнанням у кабінеті фізики й астрономії стає неможливою через карантинні заходи та, відповідно, перехід вітчизняної освіти на дистанційну форму навчання [4]. Учитель може не тільки наповнювати контент навчального матеріалу зі свого предмету на обраній інтернет-платформі та здійснювати контроль за його засвоєнням, а й виступати координатором проведення учнями самостійних досліджень.

Використання в освітньому процесі інформаційно-комунікаційних технологій при вивченні природничих дисциплін у сучасній школі набирає все більшого значення [5-7]. Використання комп'ютерних програм у процесі навчання фізики й астрономії дає змогу проводити урок більш економно в плані часу, при цьому він стає більш змістовним, цікавим і наочним. Комп'ютерні демонстрації та моделювання дозволяють учням більш наочно уявити досліджувані явища й об'єкти, за лічені хвилини простежити протікання процесів, які в реальному житті тривають значні проміжки часу або їх демонстрування вимагає складного і коштовного обладнання [8].

Мета статті – розглянути особливості використання віртуального планетарію для розвитку дослідницьких здібностей учнів старшої школи при вивченні законів фотометрії на уроках фізики і астрономії.

Фотометрія встановлює зв'язок випромінювання світлової енергії, її поширення у просторі і освітлення поверхонь тіл із врахуванням зорових відчуттів людини. Одним із базових понять фотометрії є освітленість E – світлова потужність, що падає на одиничну площу певної поверхні. При вивченні фізичного модулю курсу учні знайомляться із законами освітленості від точкового джерела:

- 1) з віддаленням джерела освітленість зменшується обернено пропорційно квадрату відстані.
- 2) освітленість поверхні паралельним світловим пучком прямо пропорційна косинусу кута падіння променів.

Обидва закони можна подати у вигляді формули [9, с. 166]:

$$E = \frac{I \cos \alpha}{r^2}, \quad (1)$$

де I – сила світла, r – відстань від джерела світла до освітленої поверхні, α – кут між нормаллю до поверхні й напрямком поширення світлового променя (рис. 1).

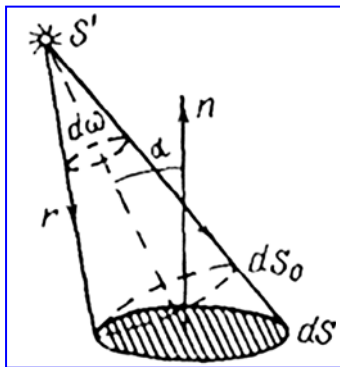


Рис. 1. Залежність освітленості від кута падіння променів

Важливим підрозділом астрономії є *астрофотометрія*, завдання якої полягає у вимірюванні кількості світлової енергії, що надходить до спостерігача від небесних світил. У фізиці освітленість вимірюється в люксах або Вт/м², в астрономії ж – у зоряних величинах.

Поняття *видимої зоряної величини* ввів давньогрецький астроном Гіппарх. За блиском він розбив зорі на 6 груп. Найяскравіші зорі він виділив у групу зір 1-ї величини, трохи слабкіші – 2-ї, а ледь помітні неозброєним оком – 6-ї величини. Згодом було прийнято зоряні величини позначати літерою m (від лат. *magitude* – «величина»), яка проставляється як показник ступеню справа вгорі біля цифри, яка вказує її числове значення (наприклад, 1^m – зоря 1-ї величини).

Особливості сприйняття подразнень органами відчуттів людини виражаються фізіологічним *законом Вебера-Фехнера*: якщо подразнення (для світла – освітленість зіниці ока) зростають у геометричній прогресії, то зорові відчуття (зоряні величини) – в арифметичній.

Англійський астроном Норман Погсон (1829 – 1891), порівнюючи блиск зір різних величин, виявив, що інтервалові у 5 зоряних величин відповідає відношення блиску, що дорівнює 100. Тоді

$$\begin{aligned} \frac{E(m)}{E(m+1)} &= 100^{1/5} = 2,512 \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} &= 2,512^{m_1 - m_2} = 10^{0,4(m_1 - m_2)}. \end{aligned} \quad (2)$$

В результаті обчислень можна отримати формулу Погсона:

$$m_1 - m_2 = 2,5 \lg(E_2 / E_1). \quad (3)$$

Точні вимірювання вказують на такий взаємозв'язок між видимою зоряною величиною m зорі та освітленістю E , яку ця зоря створює [10, с. 19]:

$$m = m_0 - 2,5 \lg(E), \quad (4)$$

де $m_0 = -14^m$ – зоряна величина, що відповідає освітленості в 1 люкс.

Однією з найбільш вдалих програм для проведення астрономічних спостережень вважають віртуальний планетарій *Stellarium* [11], за допомогою якого за лічені хвилини можна змоделювати астрономічні явища, що тривають значні проміжки часу. Розглянемо на прикладах застосування програми *Stellarium* на уроках фізики й астрономії для проведення досліджень особливостей нагрівання Сонцем планет Сонячної системи.

Для перевірки особливостей нагрівання Сонцем точок земної поверхні. Для астрономічного модуля це відбувається під час вивчення теми «Видимий річний рух Сонця. Зміна пір року» [10, с. 30-36]. Причиною зміни пір року є те, що вісь доbowого обертання Землі не перпендикулярна до площини її орбіти, а нахилена до неї під кутом 66,5°. В результаті Земля повертається до Сонця то північною, то південною півкулею (рис. 2).

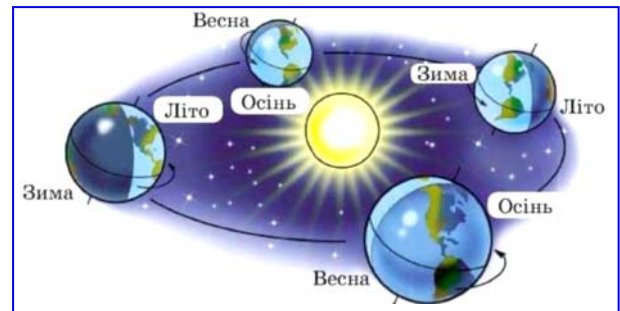


Рис. 2. Річний рух Землі

Для земного спостерігача це відображається в тому, що Сонце при видимому русі на небесній сфері кожен день змінює доbowу траєкторію що приводить, відповідно до зміни тривалості дня та ночі (рис. 3). Крім тривалості дня змінюється також середньодобова висота Сонця над горизонтом.

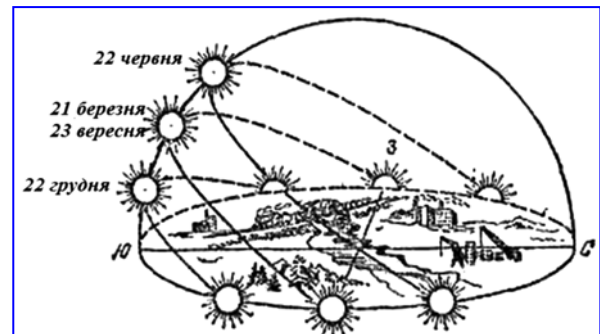


Рис. 3. Зміна доbowої траєкторії Сонця протягом року

Найдовший день у північній півкулі Землі спостерігається 22 червня. Він називається днем *літнього сонцестояння*. У цей день полуденна висота Сонця приймає максимальне для цієї географічної широти значення. Найкоротший день у північній півкулі Землі спостерігається 22 грудня. Він називається днем *зи-*

мового сонцестояння. У цей день полуденна висота Сонця приймає мінімальне для цієї географічної широти значення. Весною і восени півкулі освітлюються приблизно однаково і тривалість дня вирівнюється. 21 березня та 23 вересня на всій земній кулі день і ніч стають рівними між собою. Ці дні називаються днями *весняного і осіннього рівнодень*.

Пропонуємо учням дослідити річну зміну полуденної освітленості рідного міста з використанням віртуальних спостережень. Запускаємо програму *Stellarium*, виставляємо координати спостерігача й час проведення спостережень (рис. 4 а). Задаємо у вікні пошуку «Сонце». Бачимо розташування Сонця, і таблицю основних характеристик світила.

В обрану дату виставляємо напрямком на південь і, поступово змінюючи час, моделюємо полудень (верхню кульмінацію Сонця), при цьому азимут світила повинен дорівнювати 180° . Для вимірювань наносимо сітку горизонтальних координат, певною мірою, що центр диску Сонця знаходиться на вертикалі точки Пд (рис. 4 б) і по цьому ж вертикалу проводимо вимірювання висоти Сонця. Спостереження зручніше проводити, виставивши режим «без атмосфери». Дату спостережень і полуденну висоту Сонця h_{BK} заносимо до таблиці.



Рис. 4 а. Вікно програми Stellarium

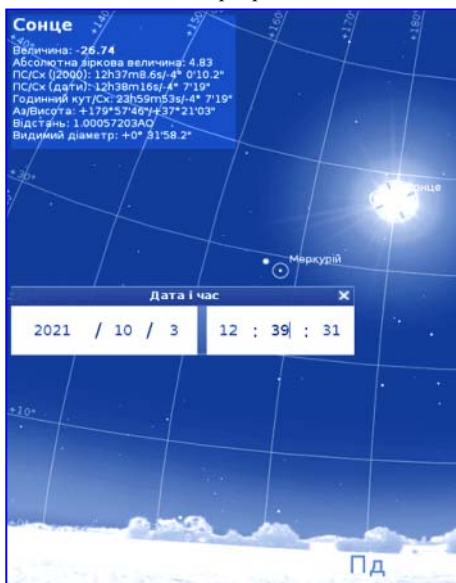


Рис. 4 б. Вимірювання полуденної висоти Сонця

Із рис. 1 видно, що полуденна висота Сонця над горизонтом h_{BK} і падіння його променів пов'язані спів-

відношенням $h_{BK} = 90^\circ - \alpha$, звідки освітленість пропорційна $\sin(h_{BK})$:

$$E = \frac{I \cos \alpha}{r^2} = \frac{I \sin(h_{BK})}{r^2}. \quad (5)$$

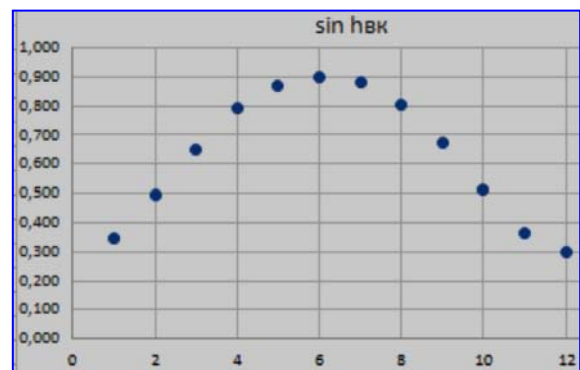
Відповідно в наступну колонку таблиці спостережень заносимо $\sin(h_{BK})$.

В таблиці 1 для прикладу наведені отримані результати описаних вимірювань полуденної висоти Сонця над горизонтом h_{BK} і $\sin(h_{BK})$ на 20 число кожного місяця протягом року в Кропивницькому, а на рисунку 5 – відповідний графік зміни синуса полуденної висоти Сонця над горизонтом.

Таблиця 1.

Полуденна висоти Сонця над горизонтом h_{BK} і $\sin h_{BK}$ на 20 число кожного місяця протягом року в Кропивницькому, визначена за допомогою Stellarium

Місяць	Полуденна висота Сонця над горизонтом h_{BK} градуси	$\sin(h_{BK})$	Середньомісячна денна температура в Кропивницькому [12]
1	20,5	0,350	-2
2	29,9	0,498	-1
3	40,7	0,652	3
4	52,3	0,791	13
5	60,8	0,873	20
6	64,5	0,903	23
7	61,7	0,880	25
8	53,6	0,805	24
9	42,3	0,673	19
10	31	0,515	12
11	21,5	0,366	5
12	17,5	0,301	0



номер місяця

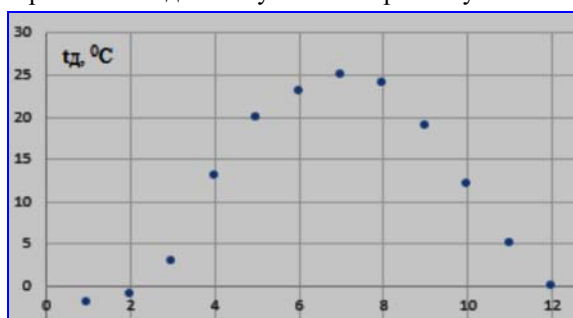
Рис. 5. Графік значень $\sin(h_{BK})$ Сонця на 20 число кожного місяця у м. Кропивницький

Для порівняння на таблицю поміщено значення середньомісячної денної температури в Кропивницькому [12]. Видно, що збільшенню полуденної висоти Сонця над горизонтом відповідає більш високе значення денної температури.

Коливання середньомісячної денної температури в Кропивницькому нанесені на графік рис. 6. Можна впевнитись у сильній кореляції графіків освітленості та температури земної поверхні і зробити висновок про причини зміни пір року.

Таким чином, використання комп'ютерного моделювання робить урок більш насиченим, дозволяє за лічені хвилини простежити протікання фізичних та астрономічних явищ і процесів, які в реальному житті тривають значні проміжки часу. Проведення таких віртуальних досліджень розвиває пізнавальні здібності учнів, допомагає підвищити зацікавленість молоді

до навчання, дозволяє на уроках засвоєння нових знань розвивати дослідницькі здібності і сприяє формуванню творчих особистостей, здатних самостійно формулювати практичні завдання й успішно їх розв'язувати.



номер місяця

Рис. 6. Середньомісячна денна температура у м. Кропивницький [12]

Список використаних джерел:

1. Про утворення робочої групи з питань впровадження STEM-освіти в Україні. Наказ МОН України від 29.02.2016 № 188. URL: <https://imzo.gov.ua/stem-osvita/normativ-no-pravove-zabezpeche-nnya/naka-zimon-ukrayini>
2. Державний стандарт базової середньої освіти. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 30 вересня 2020 р. № 898. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-deyaki-pitannya-derzhavnih-standartiv-rovnoyi-zagalnoyi-serednoyi-osviti-i300920-898>
3. Фізика і астрономія. Навчальні програми для 10-11 класів закладів загальної середньої освіти (рівень стандарту, профільний рівень) / автор. кол. під кер. Ляшенка О.І.; затверджено МОН України (наказ № 1539 від 24.11.2017 р.). URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-dlya-10-11-klasiv>
4. Волчанський О.В. Розвиток дослідницьких здібностей учнів при вивченні оптики в умовах дистанційної освіти. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*. Кропивницький: РВВ ЦДПУ ім. В. Винниченка, 2020. Вип. 189. 259 с. С. 110-115.
5. Чинчой О.О., Новікова А.О. Формування умінь математичного моделювання засобами інформаційно-комунікаційних технологій. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки* / ред. кол. В.Ф. Черкасов та ін. Кропивницький: РВВ ЦДПУ ім. В. Винниченка, 2021. Вип. 197. С. 184-188.
6. Янишина В.М. Інформаційні технології на уроках фізики та астрономії. *Фізика в школах України*. 2013. № 10. С. 7-8.

7. Волчанський О.В. Вивчення властивостей теплових хвиль за допомогою віртуальної лабораторії. *Інформаційні технології в професійній діяльності*: матеріали XII Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Рівне, 30 жовтня 2019 року). Рівне: РВВ РДГУ, 2019. С. 48-50.
8. Волчанський О.В., Кузьмич А.Г. Стенд для вивчення властивостей теплових хвиль за допомогою термоелектричного ефекту. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*. Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2008. Вип. 77. Ч. 1. С. 311-315.
9. Засєкіна Т.М., Засєкін Д.О. Фізика і астрономія (профільний рівень, за навчальною програмою автор. кол. під кер. Ляшенка О.І.): підруч. для 11 кл. закладів загальної середньої освіти. Київ: УОВЦ «Оріон», 2019. 304 с.
10. Климишин І.А., Крячко І.П. Астрономія: підручник для 11 класу загальноосвітніх навчальних закладів. Київ: Знання України, 2002. 192 с.
11. Stellarium 0.19.2. URL: <https://biblprog.org.ua/ru/stellarium/>
12. Кліматичні дані по м. Кіровоград за період з 1899 року. URL: https://meteo.gov.ua/ua/33711/climate/climate_stations/99/16/

Oleh Volchanskyi, Alexander Chinchoy

Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State Pedagogical University

STUDENTS' RESEARCH ABILITIES DEVELOPMENT AT THE STUDY OF THE PHOTOMETRY LAWS USING AN ELECTRONIC PLANETARIUM

Information and communication technologies (ICT) application at the study of physics and astronomy using software modeling tools (SMT) is under investigation. It is demonstrated that simulation programs allow not only to monitor the progress of a virtual experiment, but also allow to easy change experimental parameters. It is also stated that this type of experiment is relevant for the study of astronomical phenomena, most of which occur so slowly that they require long-term observations.

The peculiarities of the use of the virtual planetarium Stellarium at the photometry laws study during physics and astronomy classes for the research abilities development of high school students are considered. A study of the relationship between the sun's illumination of a certain point on the earth's surface and the corresponding fluctuations in its daytime temperature is proposed. It is shown that the use of SMT can significantly help teachers to increase the activity and interest of students, improve their understanding of educational material by increasing the clarity and components of research activities.

Key words: research activity, virtual planetarium, Stellarium, study of physics and astronomy, photometry.

Отримано: 17.09.2021