

Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики

Том XII

Випуск 3 (34):

спецвипуск «Методичний посібник у журналі»

О. В. Мерзликін

**ФОРМУВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКИХ
КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ
СТАРШОКЛАСНИКІВ З ФІЗИКИ
ЗАСОБАМИ ХМАРНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ**

Кривий Ріг

Видавничий відділ

ДВНЗ «Криворізький національний університет»

2014

Мерзликін О. В. Формування дослідницьких компетентностей старшокласників з фізики засобами хмарних технологій : методичний посібник / О. В. Мерзликін // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики. – Кривий Ріг : Видавничий відділ ДВНЗ «Криворізький національний університет», 2014. – Том XII. – Випуск 3 (34) : спецвипуск «Методичний посібник у журналі». – 93 с.

Спецвипуск «Методичний посібник у журналі» містить посібник О. В. Мерзликіна з рекомендаціями для вчителів щодо формування дослідницьких компетентностей старшокласників з фізики засобами хмарних технологій. У посібнику наведено систему дослідницьких компетентностей учнів, їх структуру, рівні та критерії сформованості, розглянуто та класифіковано програмні засоби підтримки навчальних фізичних досліджень, запропоновано засоби моніторингу та діагностики рівня сформованості дослідницьких компетентностей.

Для вчителів, студентів педагогічних вищих навчальних закладів, організаторів і слухачів курсів післядипломної педагогічної освіти.

Науковий журнал заснований у 2001 році. **Засновник і видавець:** Державний вищий навчальний заклад «Криворізький національний університет». Затверджено до друку і поширення через мережу Інтернет (<http://ccjournals.eu/ojs/index.php/tmn>) за рекомендацією Вченої ради (протокол № 1 від 30.08.2014 р.).

Редакційна колегія: *В. М. Соловій*, д. ф.-м. н., проф. (Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького); *М. І. Жалдак*, д. пед. н., проф., дійсний член НАПН України (Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова, м. Київ); *Ю. С. Рамський*, д. пед. н., проф. (Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова, м. Київ); *В. І. Клочко*, д. пед. н., проф. (Вінницький національний технічний університет); *С. А. Раков*, д. пед. н., проф. (Український центр оцінювання якості освіти, м. Київ); *Ю. В. Триус*, д. пед. н., проф. (Черкаський державний технологічний університет); *П. С. Атаманчук*, д. пед. н., проф. (Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка); *В. Ю. Биков*, д. т. н., проф., дійсний член НАПН України (Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України); *О. Д. Учитель*, д. т. н., проф. (ДВНЗ «Криворізький національний університет»); *І. О. Теплицький*, к. пед. н., доц. (ДВНЗ «Криворізький національний університет») – відповідальний редактор; *С. О. Семеріков*, д. пед. н., проф. (ДВНЗ «Криворізький національний університет») – відповідальний редактор.

Рецензенти:

Л. Ф. Панченко, д. пед. н., проф., професор кафедри теоретичної та прикладної інформатики ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка»

О. М. Соколюк, к. пед. н., с. н. с., завідувач відділу лабораторних комплексів засобів навчання Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України

Адреса редакції: а/с 4809, м. Кривий Ріг, 50086, Україна

ЗМІСТ

Передмова.....	4
1. Структура дослідницьких компетентностей старшокласників у профільному навчанні фізики.....	6
2. Програмні засоби підтримки навчальних досліджень у профільному навчанні фізики.....	13
3. Засоби моніторингу та діагностики рівня сформованості дослідницьких компетентностей старшокласників у профільному навчанні фізики.....	46
4. Алгоритм формування дослідницьких компетентностей старшокласників у профільному навчанні фізики.....	77
Післямова.....	79
Список використаних джерел.....	80
Додаток А. Розв'язки тестових завдань.....	85
Додаток Б. Вказівки до розв'язування завдань контрольної роботи.....	90

ПЕРЕДМОВА

До основних завдань профільного навчання відноситься сприяння у розвитку творчої самостійності [37], формуванні системи уявлень, ціннісних орієнтацій, дослідницьких умінь і навичок – складових дослідницьких компетентностей, які забезпечать випускнику школи можливість успішно самореалізуватися [32, с. 4]. Ураховуючи, що головна мета навчання фізики в середній школі полягає, зокрема, в розвитку в учнів експериментальних умінь і дослідницьких навичок [30, с. 4], провідною метою профільного навчання фізики є формування дослідницьких компетентностей учнів.

Профільне навчання фізики є основою інноваційної діяльності не лише в галузі природничих наук, а й у галузі інженерії. Тому формування дослідницьких компетентностей старшокласників у профільному навчанні фізики сприятиме подальшому соціально-економічному розвитку суспільства. Отже, необхідність формування дослідницьких компетентностей старшокласників з фізики є державно та суспільно зумовленою.

Сучасне наукове фізичне дослідження неможливо уявити без широкого застосування засобів інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ). Це було очевидно вже на початку 1980-х, про що Д. Р. Хаманн (Donald Robert Hamann) писав: «ЕОМ [електронна обчислювальна машина] пронизує весь експеримент: проектування установки, управління експериментом, збирання та опрацювання даних» [41, с. 248]. Доцільність використання хмарних ІКТ в сучасній українській освіті було обґрунтовано В. Ю. Биковим, який зазначає, що головні концептуальні засади стратегії подальшої інформатизації освіти України мають базуватися на концепції хмарних обчислень, а всі наявні ІКТ-системи інформатизації системи освіти мають бути проаналізовані й відкоректовані з точки зору можливості застосування технологій хмарних обчислень як альтернативи [21, с. 27].

Мета цього посібника – запропонувати вчителю фізики (керівникові гуртка) систему дослідницьких компетентностей, їх структуру, зміст, критерії та рівні сформованості дослідницьких компетентностей старшокласників у профільному навчанні фізики, надати засоби моніторингу та оцінювання рівня їх сформованості, а також розглянути можливість використання різноманітних засобів хмарних технологій при проведенні навчальних фізичних досліджень.

Автор виражає окрему подяку ідейному натхненнику створення цього посібника – Сергію Олексійовичу Семерікову. Завдяки його думкам та зауваженням посібник виглядає саме так, як виглядає.

Скажемо кілька слів про структуру посібника. У передмові коротко обґрунтовано необхідність формування дослідницьких компетентностей старшокласників у профільному навчанні фізики та доцільність використання з цією метою засобів хмарних технологій та наведено загальну структуру посібника.

У першому розділі наведено визначення основних понять, що використовуються в посібнику, подано систему дослідницьких компетентностей із зазначенням зв'язків та співвідношень між ними; там, де це важливо, вказано порядок їх формування.

Другий розділ присвячено опису класів програмного забезпечення, що доцільно використовувати у навчально-дослідницькій діяльності учнів з фізики. Для кожного класу стисло описано досвід його використання у наукових фізичних дослідженнях, у навчанні фізики та наведено приклад використання даного класу ПЗ у конкретному шкільному навчальному дослідженні. Наприкінці розділу всі розглянуті класи ПЗ поділено на провідні та допоміжні. Для кожної дослідницької компетентності показано, які засоби хмарних технологій є провідними при її формуванні.

У третьому розділі представлено засоби моніторингу та оцінювання рівня сформованості дослідницьких компетентностей. Так, для вхідного його оцінювання рекомендовано використовувати трикомпонентну систему оцінювання, що складається з анкети для виявлення ознайомленості із програмними засобами, які використовують у навчальних фізичних дослідженнях, тестового завдання для визначення базового та домашньої контрольної роботи для визначення високого рівнів сформованості дослідницьких компетентностей. Засобом як моніторингу, так і підсумкового оцінювання рівня сформованості дослідницьких компетентностей є електронний журнал на базі матриць компетентностей, які містять критерії сформованості кожного компоненту кожної дослідницької компетентності.

Четвертий розділ містить алгоритм формування дослідницьких компетентностей старшокласників у профільному навчанні фізики.

У післямові наведені деякі зауваження щодо можливостей використання посібника при навчанні інших дисциплін природничого циклу.

Наприкінці посібника наведено список використаних джерел.

Також посібник містить додатки:

А – розв'язки тестових завдань, наведених у третьому розділі;

Б – вказівки до розв'язування завдань контрольної роботи, поданої у третьому розділі.

1. СТРУКТУРА ДОСЛІДНИЦЬКИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ СТАРШОКЛАСНИКІВ У ПРОФІЛЬНОМУ НАВЧАННІ ФІЗИКИ

Аналіз Державного стандарту базової і повної загальної середньої освіти [31] показує, що елементи дослідницької діяльності притаманні освітнім галузям «Мови і літератури», «Суспільствознавство», «Математика», «Природознавство» та «Технології». При цьому розрізняють *наукові дослідження* (вид пізнавальної діяльності людини, спрямований на вироблення об'єктивно нового знання), *навчальні дослідження* (вид навчально-пізнавальної діяльності, спрямований на вироблення суб'єктивно нового знання), *навчально-наукові дослідження* (вид навчально-пізнавальної діяльності, спрямований на вироблення суб'єктивно нового знання та окремих складових об'єктивно нового знання). У процесі навчально-дослідницької діяльності учнів формуються їх дослідницькі компетентності. Доцільність формування дослідницьких компетентностей старшокласників обумовлена тим, що *навчально-дослідницька діяльність* є своєрідною пропедевтикою науково-дослідницької діяльності, а також тим, що особливості розвитку інтелекту в ранньому юнацькому віці сприяють найбільш ефективному формуванню цих компетентностей.

Одним з основних завдань упровадження компетентнісного підходу в школі є створення найкращих умов для набуття учнями досвіду діяльності в різних соціально та особистісно значущих ситуаціях, зокрема, пов'язаних із майбутньою професійною діяльністю. В навчанні фізики дослідницькі компетенції можуть бути виведені як реальні вимоги до засвоєння учнями сукупності фізичних знань, необхідних для здійснення навчально-дослідницької діяльності, способів її реалізації, досвіду такої діяльності та ставлення до неї. Результатом набуття компетенції є *компетентність* – особистісне утворення, що включає в себе набуті знання (*когнітивний* компонент), засвоєні способи діяльності (*праксеологічний* компонент), ставлення до них (*аксіологічний* компонент) та сформовані соціальні якості (*соціально-поведінковий* компонент) [23, с. 409]. Однією з ключових компетентностей є загальнонавчальна компетентність (уміння вчитися). Достатній рівень сформованості загальнонавчальної компетентності старшокласників є необхідною умовою формування їх дослідницьких компетентностей (у тому числі з фізики), що надалі стають складовою системи академічних компетентностей випускника ВНЗ, яка, зокрема, включає в себе компетентності з фізики та споріднених дисциплін, компетентності з розробки нових або модифікації існуючих об'єктів матеріального світу, компетентності з володіння системним підходом до розв'язування задач.

Трактування різними дослідниками поняття дослідницької компетентності можна узагальнити таким чином [28, с.196-197]: *дослідницька компетентність* – це особистісне утворення, що проявляється в готовності та здатності до здійснення дослідницької діяльності та включає в себе когнітивний, праксеологічний, аксіологічний та соціально-поведінковий компоненти; *дослідницька компетентність учня* – це особистісне утворення, що проявляється в готовності та здатності до здійснення навчально-дослідницької діяльності та включає в себе когнітивний, праксеологічний, аксіологічний та соціально-поведінковий компоненти; *предметна дослідницька компетентність учня* – це особистісне утворення, що проявляється в готовності та здатності до здійснення предметної навчально-дослідницької діяльності та включає в себе когнітивний, праксеологічний, аксіологічний та соціально-поведінковий компоненти; **дослідницькі компетентності старшокласників з фізики – це системна властивість особистості, що проявляється в готовності та здатності до здійснення навчально-дослідницької діяльності з фізики та включає в себе когнітивний, праксеологічний, аксіологічний і соціально-поведінковий компоненти.**

Дослідницькі компетентності старшокласників з фізики згруповані за основними етапами дослідницької діяльності:

I етап – *підготовчий* (планування, моделювання, добір та підготовка знарядь та засобів для спостереження та вимірювання, проектування, постановка задачі тощо) передбачає формування таких компетентностей:

- компетентність з розробки моделей (перша дослідницька компетентність першого етапу дослідження – ДК11);
- здатність до планування дослідження (ДК12);
- здатність користуватися засобами ІКТ для проектування дослідницької діяльності (ДК13);
- здатність тестувати та налаштовувати обладнання для дослідження (ДК14);
- здатність прогнозувати результати дослідження (ДК15);

II етап – *діяльнісний* (виконання плану, обчислювальний експеримент, застосування знарядь та засобів для фіксації перебігу фізичних процесів, реалізація проекту, розв’язання задачі тощо):

- здатність проводити обчислювальні експерименти (ДК21);
- здатність використовувати вимірювальні прилади (ДК22);
- здатність користуватися засобами ІКТ для фіксування перебігу дослідження (ДК23);
- здатність користуватися засобами ІКТ для моделювання (ДК24);

III етап – *узагальнювальний* (перевірка досягнення мети та коригування плану, висновки про адекватність та напрями вдосконалення моделі, перевірка та відновлення залежностей, опрацювання та подання результатів проекту, формулювання відповіді до задачі тощо):

- здатність використовувати методи математичної статистики (ДК31);
- здатність користуватися засобами ІКТ для опрацювання результатів дослідження та їх презентації (ДК32);
- здатність робити висновки з одержаних результатів (ДК33);
- здатність оцінювати правдоподібність результатів дослідження (ДК34);
- здатність до вдосконалення комп'ютерної моделі чи натурального експерименту (ДК35).

Наведені дослідницькі компетентності утворюють систему, подану на рис. 1.1, верхня частина якого містить компетентності, що формуються на підготовчому етапі, середня – на діяльнісному, нижня – на узагальнювальному.

Компетентність із розробки моделей формується лише у процесі моделювання. Подальшого розвитку вона набуває у формуванні здатності користуватися засобами ІКТ для моделювання та частково в здатності проводити обчислювальні експерименти (адже не всі обчислювальні експерименти вимагають розробки моделей фізичних процесів). При виконанні натурних експериментів діяльність, схожу на провідну при розробці моделей, учні здійснюють при плануванні дослідження (виокремлення суттєвих та несуттєвих факторів впливу на досліджувані процеси та явища, добір засобів проведення експерименту тощо). Тому деякі особистісні утворення, що є результатами формування компетентності із розробки моделей та *здатності до планування дослідження*, є спільними для цих двох компетентностей.

При досягненні учнями достатнього рівня сформованості здатності до планування дослідження (як натурального, так і модельного) доцільно формувати *здатність користуватися засобами ІКТ для проектування дослідницької діяльності*. Таким чином, дана компетентність є своєрідною ІКТ-надбудовою над здатністю до планування дослідження (остання виступає для неї необхідною умовою). По завершенні планування та проектування дослідницької діяльності необхідно здійснити прогнозування результатів дослідження. Тобто формування *здатності прогнозувати результати дослідження* відбувається з урахуванням плану дослідження та експериментальної установки (для натурального експерименту) чи побудованої моделі (для модельного).

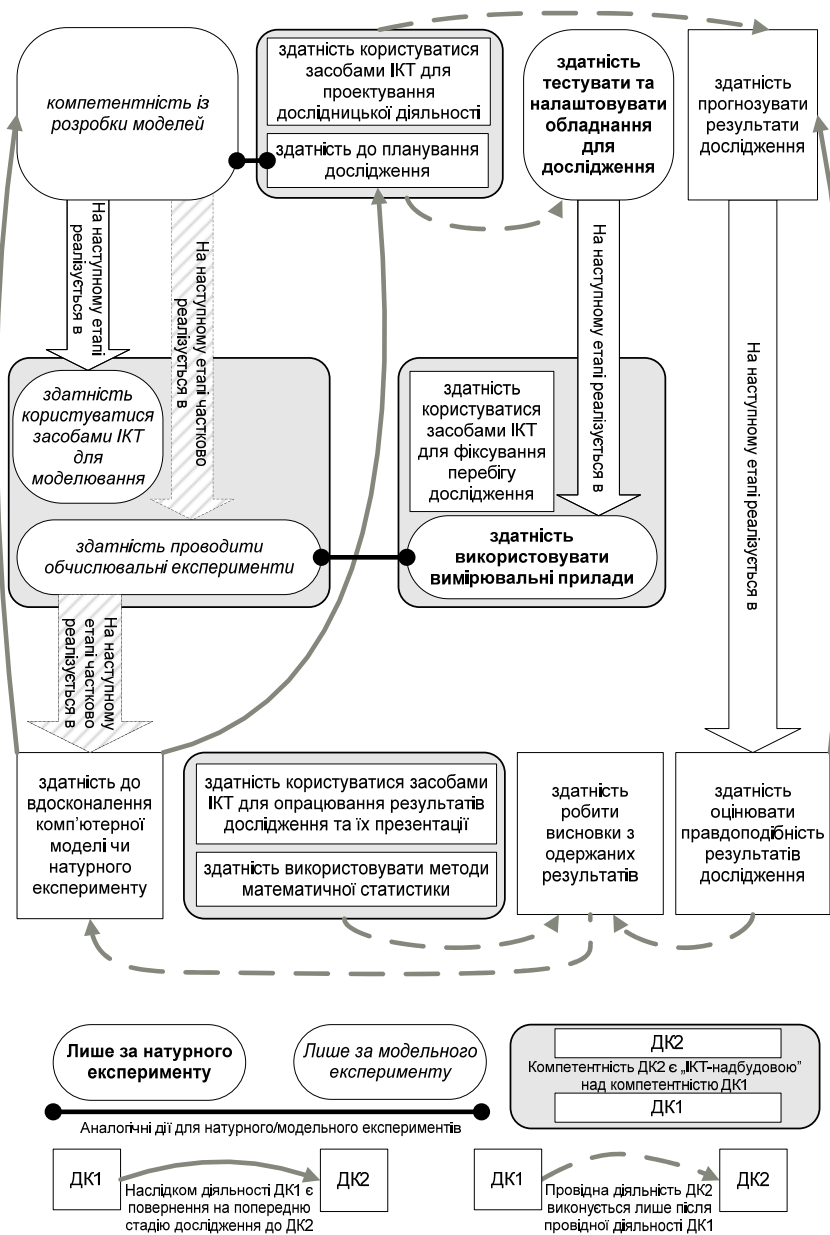


Рис. 1.1. Система дослідницьких компетентностей старшокласників у профільному навчанні фізики

Здатність прогнозувати результати дослідження є не просто схожою із здатністю оцінювати правдоподібність результатів дослідження: перша набуває подальшого розвитку у другій.

Наступним після планування та проектування натурального дослідження є тестування та налаштування обладнання для дослідження. Особистісні утворення, що є результатом формування *здатності тестувати та налаштовувати обладнання для дослідження*, відіграють суттєву роль на наступному етапі дослідницької діяльності – у формуванні здатності використовувати вимірювальні прилади.

Здатність проводити обчислювальні експерименти, що формується на діяльнісному етапі модельного експерименту, є аналогічною до *здатності використовувати вимірювальні прилади*, що формується на діяльнісному етапі натурального експерименту: як обчислення, що виконуються в обчислювальному експерименту, так й вимірювання, що виконуються у натурному, є необхідними для оцінки правдоподібності результатів дослідження (за модельного експерименту – насамперед відповідності фізичному процесу, за натурального – моделі). На наступному етапі здатність проводити обчислювальні експерименти частково реалізується у здатності до вдосконалення комп'ютерної моделі чи натурального експерименту.

Здатність користуватися засобами ІКТ для моделювання є своєрідною ІКТ-надбудовою над здатністю проводити обчислювальні експерименти (остання виступає для неї необхідною умовою). Використання засобів ІКТ для моделювання надає можливість прискорено провести обчислювальний експеримент за рахунок його автоматизації та підвищити його наочність.

Здатність користуватися засобами ІКТ для фіксування перебігу дослідження також є своєрідною ІКТ-надбудовою над здатністю використовувати вимірювальні прилади (остання виступає для неї необхідною умовою). Використання засобів ІКТ для фіксування перебігу дослідження надає можливість виконати відтерміноване комплексне опрацювання ходу та результатів дослідження, зменшити кількість вимірювальних приладів, підвищити точність результатів, відтворити хід дослідження у необхідному часовому та просторовому масштабах.

На узагальнювальному етапі основною із компетентностей є *здатність робити висновки з одержаних результатів*. У процесі узагальнення формулюванню висновків передують оцінка правдоподібності результатів дослідження, їх статистичне опрацювання та наочне подання. Це вимагає формування *здатності оцінювати правдоподібність результатів дослідження та здатності*

використовувати методи математичної статистики (а також сформованої на її основі здатності користуватися засобами ІКТ для опрацювання результатів дослідження та їх презентації). На основі зроблених висновків відбувається вдосконалення комп'ютерної моделі чи натурального експерименту. Проведена на узагальнювальному етапі оцінка правдоподібності результатів дослідження може змусити повернутися до підготовчого етапу дослідження з метою перегляду прогнозу результатів дослідження. Аналогічно сформованість здатності до вдосконалення комп'ютерної моделі чи натурального експерименту надає можливість повернутися до підготовчого етапу з метою покращення моделі чи плану дослідження.

У табл. 1.1 наведено співвідношення етапів виконання типових дослідницьких завдань [38, с. 83-84] та дослідницьких компетентностей учнів у профільному навчанні фізики.

Таблиця 1.1

**Формування дослідницьких компетентностей учнів
при виконанні дослідницьких завдань**

Дослідницькі завдання	Дослідницькі компетентності
<i>I. Вибір тематики, напряму дослідження</i>	<i>I. Підготовчий етап</i>
формулювання проблеми, що необхідно розв'язати в межах майбутнього дослідження	– здатність до планування дослідження; – здатність користуватися засобами ІКТ для проектування дослідницької діяльності; – здатність прогнозувати результати дослідження
формулювання гіпотези щодо вирішення певної проблеми	
визначення цілі та задачі дослідження	
вибір об'єкту та предмету дослідження	
визначення теми роботи	
<i>II. Планування роботи з дослідження</i>	
складання тезаурусу дослідження та інформаційний пошук за ключовими поняттями	
добір методів дослідження	
складання проекту дослідницької роботи	
формулювання гіпотези експерименту, визначення досліджуваних параметрів (залежних та незалежних змінних)	
складання план експерименту	

Дослідницькі завдання	Дослідницькі компетентності
<i>III. Проведення експериментального дослідження</i>	<i>II. Діяльнісний етап</i>
організація та проведення експерименту	– здатність проводити обчислювальні експерименти; – здатність використовувати вимірювальні прилади; – здатність користуватися засобами ІКТ для фіксування перебігу дослідження
статистичне опрацювання та аналіз отриманих даних	здатність використовувати методи математичної статистики
обговорення результатів з фахівцями із даної проблематики	– здатність робити висновки з одержаних результатів;
визначення не вирішених проблем	– здатність оцінювати правдоподібність результатів дослідження
<i>IV. Оформлення результатів дослідження</i>	<i>III. Узагальнювальний етап</i>
відбір та структурування зібраних матеріалів дослідження	здатність робити висновки з одержаних результатів
складання змісту дослідницької роботи	здатність користуватися засобами ІКТ для опрацювання результатів дослідження та їх презентації
оформлення роботи згідно вимог	
<i>V. Презентація дослідницької роботи</i>	
вибір форми презентації результатів дослідження	
оформлення презентації згідно вимог	
підготовка до виступу та захисту дослідницької роботи	

За табл. 1.1 видно, формуванню яких дослідницьких компетентностей слід приділити найбільшу увагу на кожному етапі виконання учнями навчальних досліджень. Основна відмінність між етапами виконання дослідницьких завдань та системою дослідницьких компетентностей полягає в тому, що в системі окремо виділено компетентності, пов'язані з *моделюванням*: компетентність з розробки моделей підготовчого етапу, здатність користуватися засобами ІКТ для моделювання діяльнісного та здатність до вдосконалення комп'ютерної моделі чи натурального експерименту узагальнювального. Моделювання, що має велике значення у сучасному фізичному дослідженні, в шкільному курсі фізики є несправедливо недооціненим.

2. ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ПІДТРИМКИ НАВЧАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У ПРОФІЛЬНОМУ НАВЧАННІ ФІЗИКИ

Інформаційно-комп'ютерне забезпечення експерименту – провідного методу дослідження у природничих науках – не просто вдосконалювалось із розвитком засобів ІКТ, а й часто ставало рушійною силою розвитку самих ІКТ: виникненню паралельних та розподілених обчислень, гіпертекстових та мультимедійних систем ми зобов'язані насамперед потребам забезпечення наукових досліджень з фізики. Д. Р. Хаманн зазначає, що в експериментальній фізиці ІКТ часто відіграють одну з найважливіших ролей: «... ЕОМ пронизує весь експеримент: проектування установки, управління експериментом, збирання та опрацювання даних» [41, с. 248], тому доцільність застосування ІКТ для комплексної підтримки фізичних досліджень вже понад 30 років не викликає дискусій.

О. М. Желюк [26] розглядає доцільність використання ІКТ для реалізації шкільних навчальних досліджень з фізики в контексті удосконалення шкільного фізичного експерименту. Наприкінці минулого століття автором було розроблено ряд апаратно-програмних комплексів та доведено ефективність їх використання у порівнянні з традиційними лабораторними установками. Таке використання ІКТ на уроках фізики потребує переобладнання фізичного кабінету. Ця проблема була розглянута, зокрема З. Б. Саліховим, який запропонував базовий навчальний комплекс технічних засобів та методика його використання [34].

Р. М. Абдуловим показано ефективність використання інтерактивних засобів навчання у навчальному фізичному експерименті [20, с. 14]. До переваг застосування таких засобів автор відносить активізацію розумової діяльності учнів, підвищення мотивації учнів до навчально-пізнавальної діяльності (зокрема, вчитель отримує можливість варіювати форми навчальної взаємодії з учнями) та активізацію уваги учнів у зв'язку з різноманітними способами подання навчальних відомостей (включення в навчальний процес комп'ютерних презентацій, віртуальних фізичних дослідів і моделей, віртуальних лабораторних робіт, інтерактивних плакатів, відеодослідів, анімації та ін. забезпечують полісенсорне сприйняття навчального матеріалу учнями) [20, с. 9].

В. І. Сельдяєв [35] обґрунтував можливості та визначив ефективні шляхи застосування комп'ютерів для залучення учнів до методів наукового дослідження при виконанні лабораторних робіт на уроках фізики. Автор пропонує систему лабораторних робіт, у яких

застосування комп'ютерів для дослідження фізичних процесів є необхідним; розробляє прийоми використання ІКТ у дослідницьких лабораторних роботах, що реалізують різні можливості використання ІКТ (обчислювальні; вимірювальні; керуючі; графічні тощо). В. І. Сельдяєвим показано, що:

1) ІКТ на заняттях з фізики мають слугувати необхідним інструментом для моделювання різних процесів і явищ, виступаючи новим навчальним засобом, що істотно підвищує ефективність проведення дослідницьких лабораторних робіт з фізики;

2) показником ефективності використання ІКТ у навчальних фізичних дослідження є інтелектуальний розвиток учнів, що виражається, перш за все в умінні висувати гіпотези і розв'язувати фізичні проблеми в нових для учнів ситуаціях;

3) при використанні ІКТ на уроках фізики мають бути враховані індивідуальні можливості учнів, їх пізнавальні інтереси та рівень знань з інформатики.

Дослідником наведена докладна класифікація можливостей використання комп'ютера в лабораторному дослідницькому експерименті, в якому отримання результатів без нього або неможливе, або значно ускладнене (дослідження кінематичних характеристик руху тіла під дією сили тяжіння, форми орбіт руху супутника, умов виникнення іскрового розряду та ін.), та визначено основні способи використання ІКТ у навчальних дослідженнях: а) використання обчислювального експерименту в лабораторній роботі в поєднанні з натурним експериментом; б) використання тільки обчислювального експерименту; в) використання засобів ІКТ у складі комплексу вимірювального обладнання.

Говорячи про використання ІКТ в фізичних дослідженнях, Д. Р. Хаманн зазначає, що найбільш традиційними способами їх використання є автоматизація обчислень та моделювання фізичних процесів («чисельний аналіз» чи «імітація» [41, с. 240]).

Р. Ф. Фейнман (Richard Phillips Feynman) у своєму курсі лекцій пропонував для визначення орбіт руху планет пропонував генералізувати «покрокові» розрахунки у вигляді таблиці [39, с. 170-171]. Для спрощення рутинних математичних розрахунків він пропонує користуватися таблицями квадратів, кубів та обернених величин. При цьому Р. Ф. Фейнман наголошує, що навіть в цьому випадку виконання таких розрахунків вручну потребують багато часу, тому доречним для розв'язування таких задач є використання комп'ютера як засобу автоматизації обчислень [39, с. 173].

Ч. В. Мізнер (Charles William Misner) розглядає можливості

застосування при виконанні фізичних досліджень *електронних таблиць* (табличних процесорів, табличних редакторів) – класу програмного забезпечення (ПЗ), які використовуються для опрацювання даних, що подані у вигляді двовимірного масиву. Табличні процесори надають можливість автоматизувати виконання значної кількості математичних та логічних дій; надають можливість знаходити чисельні розв'язки рівнянь, виявляти зв'язок між рядами даних, здійснювати статичне опрацювання даних, подавати дані у вигляді діаграм та графіків. Найбільш поширеними сучасними табличними процесорами є Microsoft Excel Online, LibreOffice Calc Online, KSpread, Kingsoft Spreadsheets, Google Sheets, Gnumeric.

Головною перевагою електронних таблиць Ч. В. Мізнер називає можливість комбінувати текстові та числові дані, що обумовлює зручність при багаторазовому виконанні схожих «рутинних» дій (як то складання звітів) [14, с. 396]. Також дослідник зазначає, що ряд задач фізики, що можуть бути розв'язані з використанням електронних таблиць, є значно ширшим (також часто ці задачі є складнішими), ніж задачі, для розв'язання яких і створювався даний клас ПЗ. Перш за все електронні таблиці в фізиці використовуються для виконання розрахунків та побудови допоміжних графіків та діаграм. Ще у 1988 році Ч. В. Мізнер виокремив головні особливості, що роблять доцільним застосування електронних таблиць для розрахунків у фізиці: «гарне співвідношення часу на розробку до часу на виконання розрахунків та потреба в невеликій кількості даних» [14, с. 395].

У профільному навчанні фізики доцільно використовувати електронні таблиці в дослідженнях, що вимагають опрацювання однорідних масивів даних та їх узагальнення у вигляді графіків. Такими дослідженнями, зокрема, є дослідження процесу розрядження конденсатора та визначення його ємності, визначення температурного коефіцієнту опору металів, дослідження корисної потужності та ККД джерела струму, дослідження залежності опору напівпровідників від температур, дослідження вольт-амперних характеристик напівпровідникового діода (рис. 2.1). Доцільним є також застосування електронних таблиць для опрацювання результатів проведення серії однакових дослідів, що актуально для більшості шкільних лабораторних робіт.

Д. Р. Хаманн говорить про значний потенціал проблемно-орієнтованих мов програмування, зокрема MACSYMA та ALTRAN. Сьогодні для цього класу ПЗ загальноприйнятою є інша назва: *системи комп'ютерної математики* (СКМ) – це клас ПЗ, основним призначенням якого є виконання математичних операцій та перетворень

алгебраїчних виразів, заданих у символійній формі. Також більшість сучасних СКМ надають можливість чисельного розв'язування задач, роботи з матрицями, статистичного опрацювання масивів даних. Значна кількість сучасних СКМ також підтримують можливість подання даних у графічному вигляді. Найбільш поширеними сучасними системами комп'ютерної математики є MATLAB Online, MapleCloud, Mathcad, Scilab on Cloud, Maxima-online, SageMathCloud, Wolfram Mathematica Online, Yacas Online.

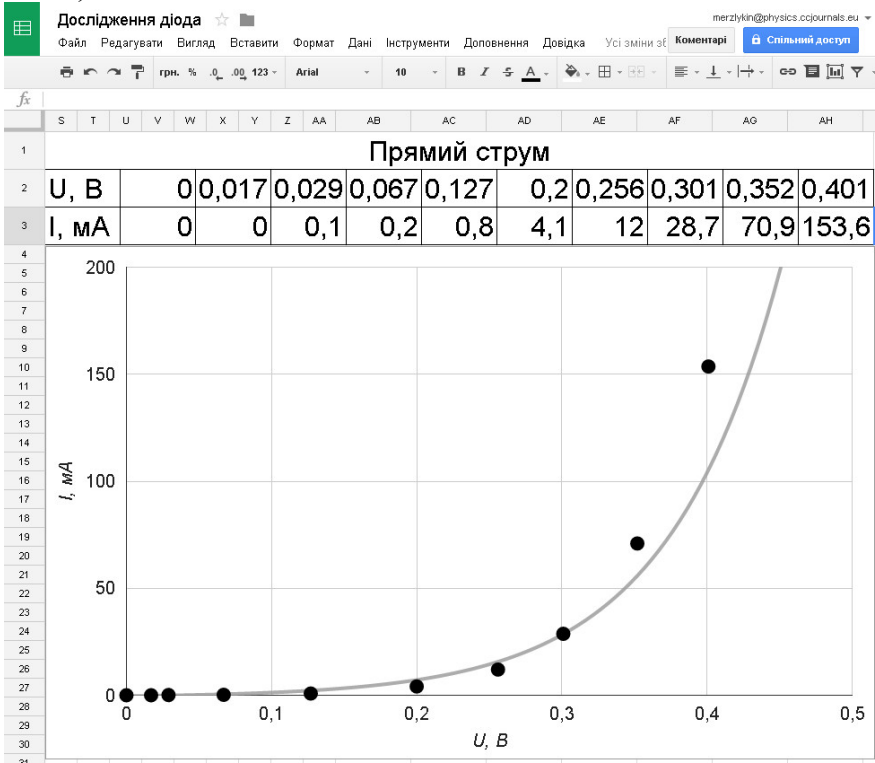


Рис. 2.1. Приклад використання електронних таблиць Google у лабораторній роботі «Дослідження напівпровідникового діода»

У шкільному навчальному дослідженні системи комп'ютерної математики можуть бути застосовані для розв'язання тих же проблем, що й електронні таблиці. Але найбільш ефективним буде їх застосування для досліджень, виконання яких потребує роботи зі значною кількістю математичних абстракцій (зокрема, векторів), наприклад, при дослідженні рівноваги тіла під дією кількох сил за методикою І. Л. Семешука (рис. 2.2), визначенні центра мас плоских

фігур.

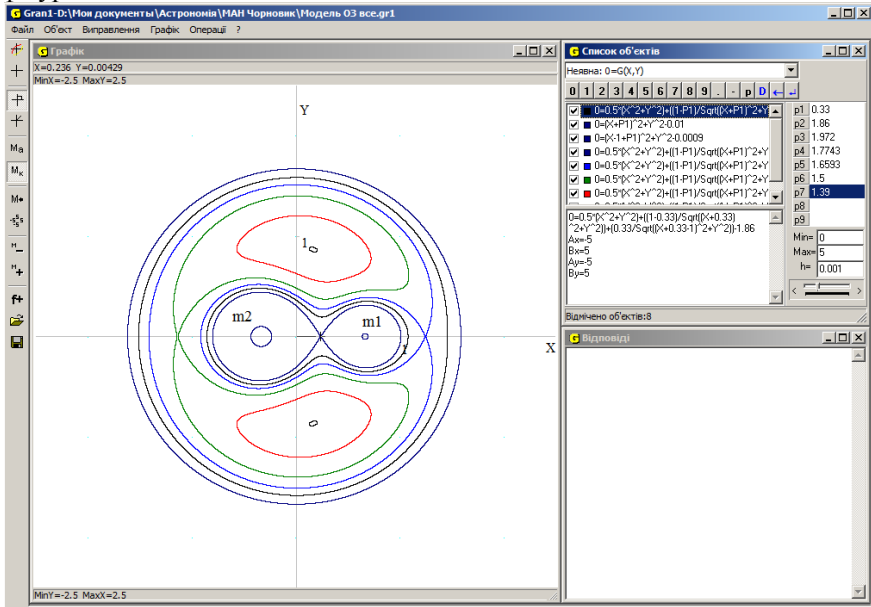


Рис. 2.2. Приклад використання СКМ GRAN1 для побудови точок лібрації при дослідженні особливостей руху небесних тіл в обмеженій задачі трьох тіл

Статистичні пакети – це клас ПЗ, призначенням якого є статистичне опрацювання даних. Деякі зі статистичних операцій підтримуються також табличними процесорами та системами комп’ютерної математики. Спектр задач, які можуть бути розв’язані з використанням статистичних пакетів, є більш вузьким, ніж у табличних процесорів та СКМ, але для виконання статистичного опрацювання даних використання статистичних пакетів зазвичай є зручнішим та природнішим. Також статистичні функціональні можливості спеціалізованих пакетів зазвичай є значно ширшими, ніж статистичні функціональні можливості табличних процесорів та СКМ. Тому для «поглибленого» статистичного аналізу даних краще використовувати саме статистичні пакети. Поширеними статистичними пакетами є, зокрема, Stata, STATISTICA, Minitab, JMP, STADIA, GenStat, Analyse-it, PASW Statistics.

У 1988 році Дж. Д. Кімелом (J. Daniel Kimel) було розроблено статистичний пакет – комплекс програмного забезпечення для статистичного опрацювання та візуалізації експериментальних даних у

фізичній лабораторії, оснащеній мобільними робочими станціями для парної роботи студентів [12, с. 252]. Застосування цього програмного забезпечення у процесі фізичного дослідження надає можливість «миттєвого» обчислення та візуалізації статистичних характеристик експериментальних даних, що подаються таблично, надаючи можливість встановлення залежностей за методом найменших квадратів, перевірку гіпотез та формулювання статистично обґрунтованих висновків.

Статистичні пакети у шкільних фізичних дослідженнях можуть бути використані, зокрема, для обчислення похибок та визначення промахів, що актуально для багатьох досліджень, та для визначення аналітичних залежностей для групи експериментальних даних (чи то порівняння масивів експериментальних та теоретичних даних) з метою перевірки статистичних гіпотез (рис. 2.3).

Говорячи про фізичні дослідження, Д. Р. Хаманн окремо розглядає сучасні йому (Fortran, C, ALGOL, Pascal) та перспективні мови програмування та бібліотеки [41, с. 248-251], під якими надалі розумітимемо як власне мови програмування (символьні системи для запису алгоритмів), так й їх транслятори (компілятори чи інтерпретатори). Транслятор мови програмування разом із текстовим редактором, налагоджувачем, засобами вимірювання часу виконання частин програм (профілювання), управління файлами та об'єктами, набором спеціалізованих бібліотек для даної мови програмування тощо можуть бути об'єднані у інтегроване середовище програмування.

У наведеному визначенні мови програмування та бібліотеки виступають як засіб реалізації будь-якого алгоритму у вигляді комп'ютерної програми. Способи подання даних, що опрацьовані таким чином, може бути найрізноманітнішими (текстовим, графічним, відео, аудіо, мультимедіа, у вигляді бази даних тощо). Тому мови програмування можна вважати універсальним засобом для використання на всіх стадіях проведення фізичного дослідження.

За даними бібліотеки програм журналу Computer Physics Communications [10], у 2014 році найбільш поширеними мовами програмування загального призначення серед фізиків є C-подібні мови (C, C++, C#) – використовуються у понад 40 % програм, Fortran – близько 25 %, Python – близько 10 %. Крім того, у 15 % використовуються мови систем комп'ютерної математики (Matlab, Mathematica, Maple та SciLab), більш ніж у 5 % – мови сценаріїв (Tcl, Bash, Perl). Доля всіх інших мов програмування у 2014 році складає менш ніж 5 %.

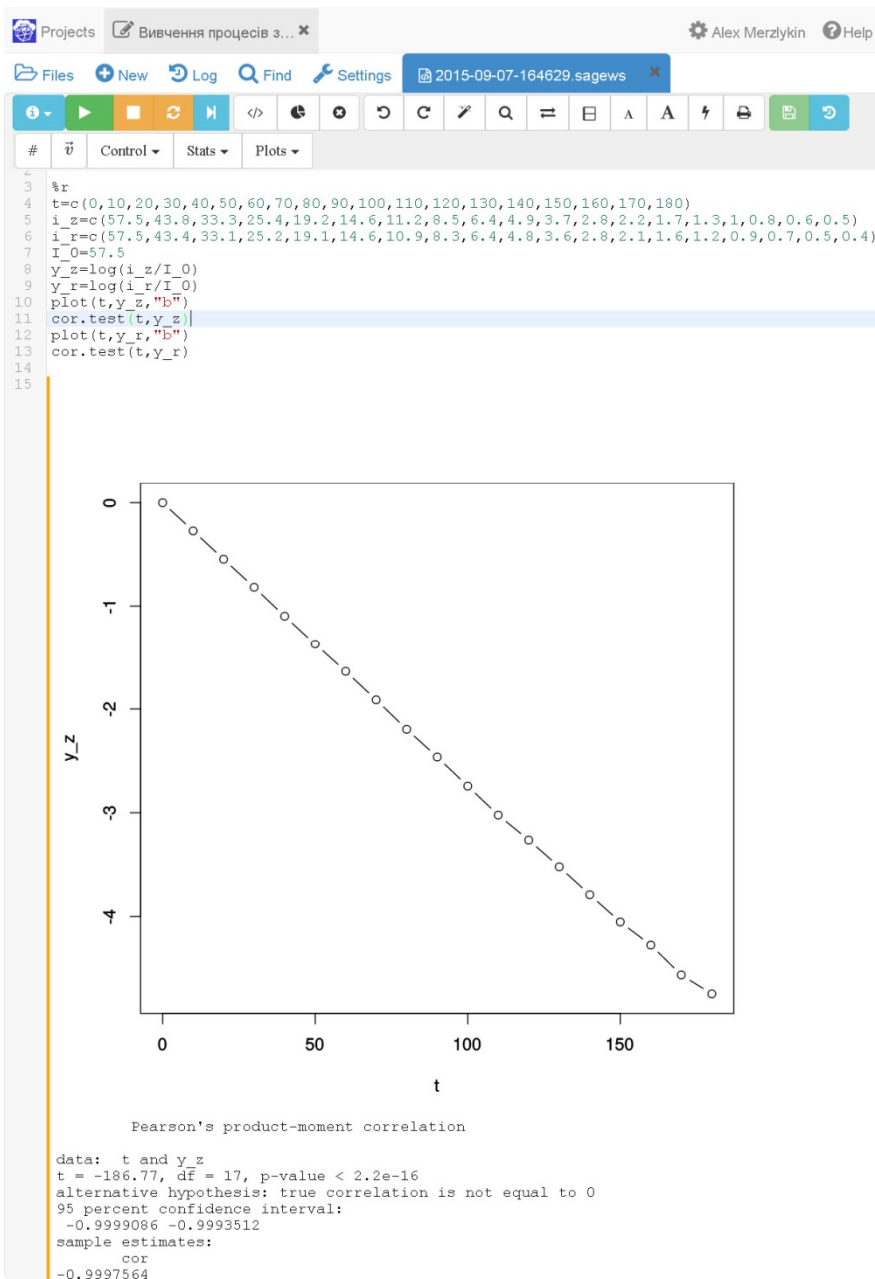


Рис. 2.3. Використання статистичного пакету R у SageMathCloud для встановлення відповідності між зарядкою та розрядкою конденсатору

Зазначимо, що, оскільки застосування мов програмування та бібліотек у фізичних навчальних дослідженнях вимагає від учнів не лише компетентностей з проведення фізичних досліджень, а й компетентностей з програмування, використання цього класу ПЗ на уроках фізики навряд чи можна вважати виправданим. Проте, мови програмування та бібліотеки можуть стати потужним інструментом формування й розвитку дослідницьких компетентностей учнів з фізики у позашкільній навчальній діяльності.

На рис. 2.4 показано інтерфейс користувача комп'ютерної програми для демонстрації закону Фарадея у хмаро орієнтованому середовищі GlowScript, створеної за допомогою мови програмування Python з використанням бібліотеки Visual.

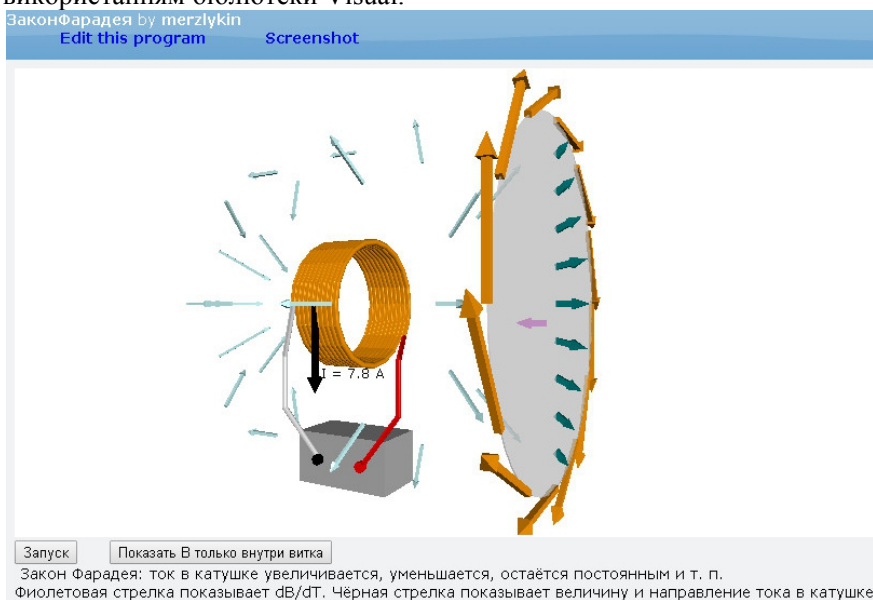


Рис. 2.4. Інтерфейс користувача комп'ютерної програми мовою VPython у середовищі GlowScript для демонстрації закону Фарадея

Віртуальні лабораторії – досить вузький клас програмного забезпечення, який призначений для імітації процесу проведення натурального дослідження. Робота у віртуальній лабораторії передбачає роботу з віртуалізованими об'єктами реальної фізичної лабораторії. Віртуальні лабораторії можуть передбачати створення користувачем власних дослідів або проведення досліджень, заздалегідь розроблених авторами віртуальної лабораторії чи вчителем. Метою роботи учнів у віртуальній лабораторії є проведення дослідів з використанням

відповідного набору віртуалізованих приладів та виконанням необхідних вимірювань.

Віртуальна лабораторія, розроблена Г. Бозеном (Gregory Bothun), Ш. Расселом (Sean Russell) та Е. Халс (Amy Hulse), є частиною пакету фізичних освітніх ресурсів Орегонського університету і є набором Java-аплетів, доступним на сайті університету. Дослідження у віртуальній лабораторії, за словами авторів, призначені для надання студентам доступу до даних, що симулюють реальний фізичний експеримент. За словами Г. Бозена, попередньо планувалось використовувати віртуальну лабораторію для студентів неприродничих спеціальностей, для яких курс фізики не передбачає лабораторних робіт. Та згодом виявилось, що розроблені Java-аплети завантажувались тисячі разів на місяць та стали популярними на уроках фізики в старшій школі. Кожне дослідження у віртуальній лабораторії складається з двох частин: у одній студенти (учні) працюють з комп'ютерними моделями обладнання, а інша відображає план уроку. Віртуальна лабораторія включає як дослідження, що можуть бути проведені в умовах фізичної лабораторії (рис. 2.5) так і ті, що не можуть. Для більшості обладнання передбачено можливість некоректного його застосування: у цьому випадку обладнання «віртуально» дасть збій, а користувача буде повідомлено про це відповідним звуковим повідомленням [3]. Це надає можливість вважати частину описаної віртуальної лабораторії *віртуальним тренажером* з використання фізичного обладнання.

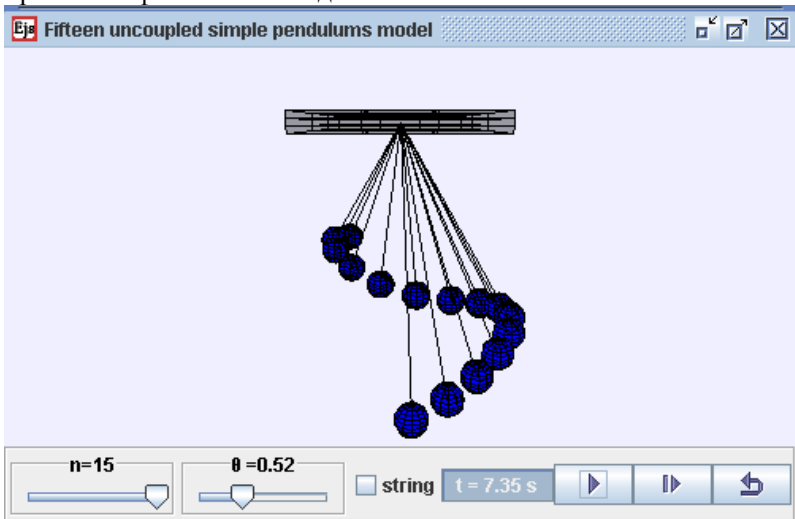


Рис. 2.5. Хвильовий маятник, змодельований засобами Easy Java/Javascript Simulations (EjsS) проекту Open Source Physics

Віртуальні тренажери – це клас ПЗ, близький до віртуальних лабораторій. Головна відмінність між цими двома класами ПЗ полягає в їх меті. Робота з віртуальними тренажерами передбачає перш за все роботу з віртуалізованими приладами як такими, а не зі «схемою» досліду в цілому. Віртуальні тренажери можуть бути використані для наочного ознайомлення учнів з приладами (їх зовнішнім виглядом, правилами налаштування та застосування, способами зняття показів тощо), необхідними для виконання дослідження. Часто роль віртуальної лабораторії та віртуального тренажеру виконує один й той самий програмний засіб. Таким чином, віртуальні тренажери моделюють обладнання фізичного експерименту, а віртуальні лабораторії моделюють реальне фізичне дослідження.

Віртуальні тренажери в шкільному навчальному дослідженні доцільно використовувати на підготовчому етапі дослідження, щоб надати учням можливість вдома ознайомитися з обладнанням, що буде використовуватись при проведенні дослідження (рис. 2.6). Особливо це актуально в тих випадках, коли учні мають ознайомитися з новими для себе приладами.

7 - ЩІТКИ ДЛЯ ЗЙОМУ ЗАРЯДІВ.

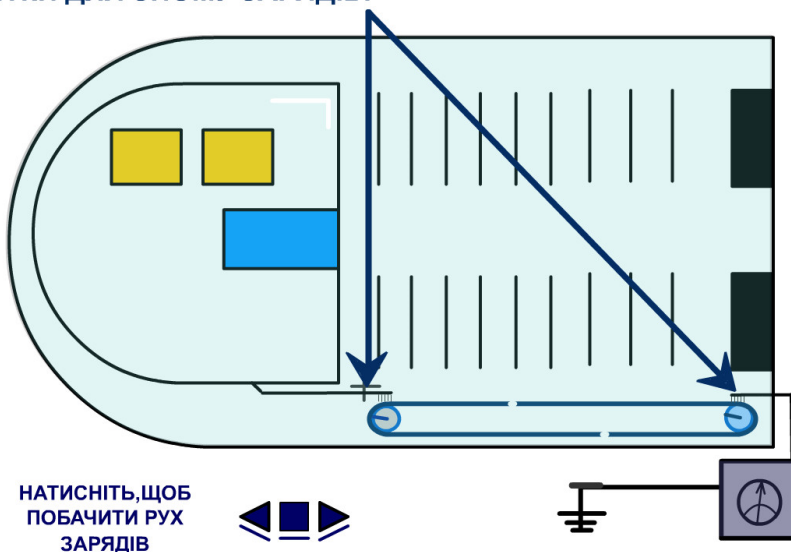


Рис. 2.6. Ознайомлення з електростатичним прискорювачем іонів на сайті Інституту високих технологій Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Використання комп'ютерного моделювання здатне розширити зміст

шкільних навчальних досліджень. Це твердження впливає хоча б з того факту, що будь-яке фізичне явище може бути змодельовано за допомогою комп'ютера. Д. Р. Хаманн зазначає, що для більшості успішних застосувань чисельного моделювання характерними є три елементи – «аналітичне спрощення, що базується на відомій фізичній теорії, гарний алгоритм та вдале графічне подання результатів» [41, с. 247]. У статті [17] представлено ряд моделей, використання яких в навчальному процесі, на думку авторів, є більш ефективним, ніж реальна демонстрація фізичних явищ.

ПЗ моделювання фізичних процесів – це клас ПЗ, на перший погляд, подібний до віртуальних лабораторій. При використанні віртуальних лабораторій учні оперують готовими моделями фізичних явищ, у той час як при використанні ПЗ моделювання фізичних процесів учні мають побудувати ці моделі, що вимагає більш високого рівня абстракції (робота з цим класом ПЗ зазвичай є менш наочною), ґрунтовнішого розуміння природи фізичних процесів та навичок математичного моделювання. Розробка комп'ютерних моделей за допомогою даного класу ПЗ може потребувати значних витрат часу, тому доцільно організувати таку діяльність у рамках навчального дослідницького проекту. В той же час повна віртуалізація лабораторної роботи за допомогою ПЗ моделювання фізичних процесів виходить за межі профільного навчання фізики.

Способи опису моделей у ПЗ моделювання фізичних процесів можуть суттєво різнитися: від текстового опису за допомогою команд ПЗ (рис. 2.7) з подальшим виконанням у пакетному режимі до їх безпосереднього виконання через графічний інтерфейс.

М. П. Хенчинські (Marek Pawel Chęcinski) пропонує використовувати такі ПЗ в парі: FireFly (PC-Games) для розрахунку властивостей молекулярних структур та MacMolPlt для візуалізації результатів цих розрахунків [9]. Автор розглядає основні можливості обох засобів та надає деякі поради з їх використання. Ф. Ескембре (Francisco Esquemre) зазначає, що засоби комп'ютерного моделювання мають всі навчальні переваги моделювання та, на додачу, допомагають студентам (учням) прояснити свої поняття та донести своє бачення до інших. При цьому автор також зазначає, що рівень абстракції самих засобів моделювання може дуже відрізнятись: від «чистого програмування» до побудови з високорівневих блоків. Вибір засобів моделювання визначається поставленою задачею. Так Ф. Ескембре рекомендує використовувати Modellus для простих моделей та Easy Java Simulations для більш складних задач [11, с. 17].

```

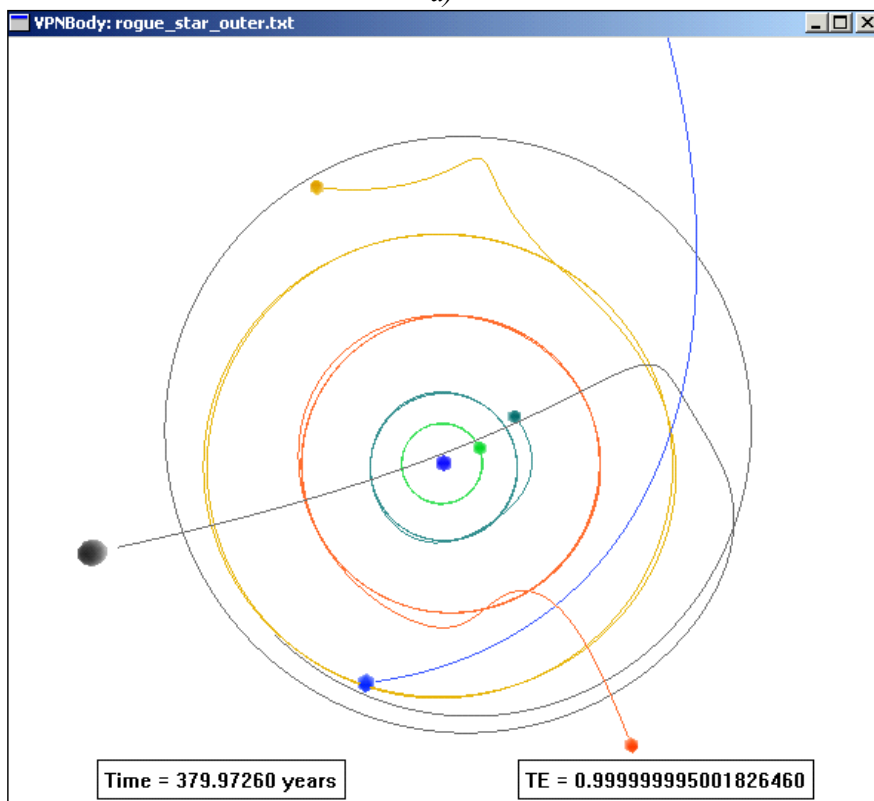
TIME_STEP 90 DAYS # крок моделювання
MAX_TIME 600 YEARS # повний час моделювання
METHOD Candy_Rozmus_Opt # метод інтегрування

OBJECT_DATA # опис об'єкту "блукаюча зірка"
  Name Rogue_Star
  Free
  MASS 1.50 SOLAR_MASSES
  COLOR 1 0.85 0
  orbit_color 1 0.85 0.0
  POSITION -125 200 0 AU
  VELOCITY 0.325 0.0 0 AU/Yr
END_OBJECT_DATA

# опис інших об'єктів Сонячної системи (Сонця, планет)

```

a)



б)

Рис. 2.7. Фрагмент опису комп'ютерної моделі процесу вторгнення в Сонячну систему блукаючої зірки в ПЗ моделювання сонячно-подібних систем VPNBody (а) та результати моделювання (б)

Тому ПЗ моделювання фізичних процесів по відношенню до віртуальних лабораторій є не більш широким, а іншим класом ПЗ, який має свої специфічні завдання, мету та способи використання. Одним з можливих підходів до розмежування цих суміжних класів ПЗ є класифікація, наведена у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Класифікація суміжних ПЗ за критеріями керуваності програмним кодом та даними

Клас ПЗ	Управління програмним кодом	Управління програмними даними
Мови програмування та бібліотеками	Код створюється користувачем з використанням бібліотечних об'єктів; алгоритми програмуються або обираються з бібліотечних	Структури даних визначаються користувачем при створенні коду або автором бібліотечного алгоритму при його використанні; дані уводяться користувачем
ПЗ моделювання фізичних процесів	Код може створюватися користувачем відповідно запропонованого автором ПЗ інтерфейсу або можуть використовуватись готові програмні модулі	Структури даних визначені автором ПЗ; дані уводяться користувачем
Віртуальні лабораторії	Код створений автором ПЗ	Структури даних визначені автором ПЗ; дані уводяться користувачем
Віртуальні тренажери	Код створений автором ПЗ	Структури даних та самі дані визначені автором ПЗ

Такі класи ПЗ, як віртуальні лабораторії, ПЗ моделювання фізичних процесів та мови програмування і бібліотеки в шкільному дослідженні можуть бути використані для моделювання явищ, які неможливо дослідити в шкільній лабораторії (наприклад, для моделювання радіоактивного розпаду чи для демонстрації положень релятивістської механіки). Також віртуальні лабораторії у шкільній практиці зазвичай використовують у тих випадках, коли з учнями неможливо провести дослід у реальній лабораторії. Зокрема, це зручно за дистанційної форми навчання. Разом із тим корисним може бути порівняння результатів дослідження, отриманих у натурному дослідженні, з результатами, отриманими з використанням віртуальної лабораторії. Не менш корисним буде й порівняння результатів досліджень із використанням різних моделей одного явища. Такі порівняння, зокрема, допомагають

учням осмислити межі застосування фізичних законів, усвідомити принцип відповідності та можливість існування декількох адекватних математичних інтерпретацій одного явища.

Г. Буч (Grady Booch) на прикладі розробки віртуальної лабораторії з геометричної оптики наголошує на необхідності побудови такого інструментального ПЗ, за допомогою якого користувач міг би вільно маніпулювати оптичними експериментами, яке не вимагало би від користувача жорсткого слідування певному порядку дій, визначеному даним ПЗ (що характерно для модальних, пакетно орієнтованих прикладних програм). Натомість Г. Буч пропонує використовувати об'єктно орієнтований підхід до проектування ПЗ, який передбачає *побудову діаграм зв'язків, станів, класів, об'єктів тощо* [24, с. 258]. Концептуальні принципи проектування об'єктно-орієнтованих систем полягають в тому, щоб розглядати світ як поєднання об'єктів, що зв'язуються один з одним для досягнення бажаної функціональності [24, с. 327]. Г. Буч зазначає, що переважна більшість об'єктів реального світу є динамічними, тому для їх подання зручно користуватися діаграмами об'єктів [24, с. 283]. Якщо на етапі проектування не виокремити загальні риси й не встановити зв'язки та ієрархію об'єктів, то на стадії розробки буде виконано більше «необов'язкової» роботи та проблемними будуть подальші модифікації готового проекту [24, с. 284]. Також Г. Буч наголошує, що неможливо уникнути внесення змін до готового проекту, тому необхідним є планування цього процесу. А чутливість до змін є характерною рисою гарно структурованих систем [24, с. 286, 331]. Г. Буч вказує, що питання підвищення продуктивності розробленої системи та внесення змін до неї також значно простіше розв'язуються за умови правильно побудованої структури системи [24, с. 331].

ПЗ побудови діаграм зв'язків, станів, класів, об'єктів тощо – це досить вузький та неоднорідний клас ПЗ, призначений для об'єктно орієнтованого моделювання, побудови діаграм Ганта, карт знань та будь-яких інших візуалізацій, що допомагають узагальнити, виділити основні та другорядні риси певного процесу чи об'єкту, з'ясувати взаємозв'язки та підпорядкованість одних об'єктів іншим. Цей клас ПЗ, візуалізуючи та систематизуючи ряд даних, дозволяє учням краще, глибше та ефективніше охопити відомості щодо цих даних. Крім того, використання діаграм (та інших об'єктів, побудованих за допомогою такого ПЗ) активізує когнітивні процеси учнів за рахунок підвищення рівня зацікавленості та активізацій зорової уваги і образного мислення. Також процесу побудови такої діаграми передують певні розумові дії, опанування яких є корисним майже для всіх сфер людської діяльності, адже вони пов'язані із загальними методами пізнання. Водночас

використання такого ПЗ дозволяє не лише спростити маніпулювання об'єктами, а й зменшити кількість рутинних дій, що їх мав би виконати учень. Прикладами такого ПЗ є, зокрема, Visio Pro для Office 365, SAP Power Designer, Rational Software Architect, Sparx Enterprise Architect, Altova UModel.

ПЗ побудови діаграм зв'язків, станів, класів, об'єктів тощо в профільному навчанні фізики може бути використане для генералізації знань про фізичні явища, теорії, абстракції, для сприяння кращому розумінню учнями зв'язків між ними. Побудова таких діаграм може бути окремим видом діяльності учнів, зокрема, на узагальнюючих та вступних заняттях. Так, на рис. 2.8 показано діаграму об'єктів для видів навчальних та наукових фізичних досліджень, побудовану в середовищі об'єктно-орієнтованого проектування GenMyModel.

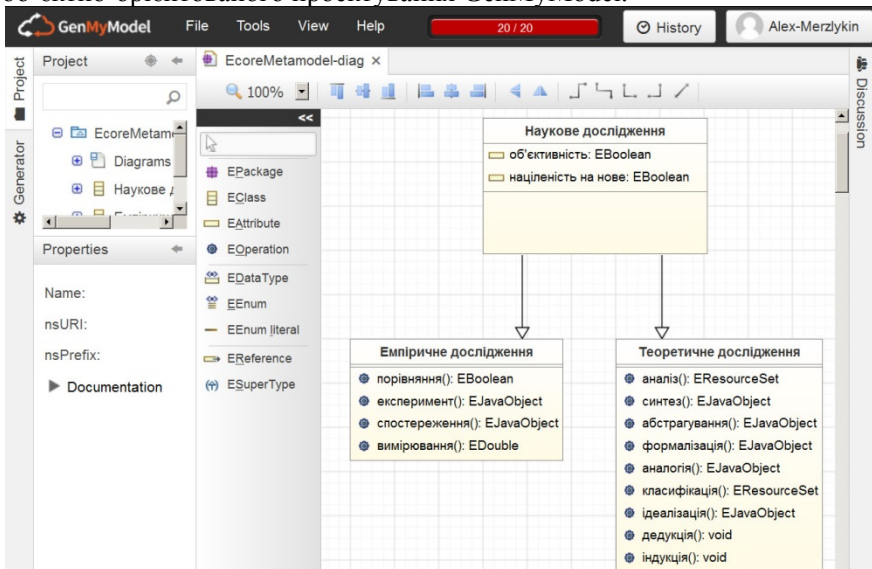


Рис. 2.8. Діаграма об'єктів для фізичних досліджень, побудована в середовищі об'єктно-орієнтованого проектування GenMyModel

Також побудова таких діаграм є корисною при моделюванні (насамперед – комп'ютерному) задля виокремлення важливих рис об'єкту чи явища, що моделюються.

Е. Карлсон (Edward H. Carlson) наголошує на необхідності чіткого планування та організації як лабораторного, так й обчислювального фізичного дослідження на основі методів *управління проектами*. На думку автора, вони можуть бути основою гарно організованої роботи (у фізичній лабораторії, при комп'ютерному програмуванні та при

розв'язанні фізичних задач) [8, с. 400]. Посилаючись на досвід розробки великих програмних проєктів, Е. Карлсон робить висновок про застосовність методів управління проєктами для покращення продуктивності та якості розробки фізичного програмного забезпечення як найбільш доступного способу навчання узагальнених умінь розв'язування задач.

ПЗ управління проєктами – це клас ПЗ, зазвичай орієнтованого на управління бізнес-проєктами. Задачі, що їх покликані розв'язувати такі ПЗ можна поділити на такі групи: планування подій та управління задачами (ідентифікація великих складових проєкту – так званих віх (milestones), їх декомпозиція, побудова ієрархічної структури роботи, планування взаємозалежних подій, розподіл ресурсів за конкретними задачами, розподіл задач між різними виконавцями, розрахунок часу, необхідного на виконання робіт, побудова графіку виконання робіт та діаграми Ганта, сортування задач, управління декількома проєктами одночасно), управління даними (переліки задач, збір даних про терміни виконання робіт, попередження про ймовірні ризики, дані про робоче навантаження, хід проєкту, показники та їх прогнозування), управління комунікаціями команди проєкту (обговорення робочих питань проєкту, фіксація проблем та запитів на внесення змін, урахування ризиків проєкту, надання доступу до даних про хід проєкту). Частина описаного функціоналу може бути корисною і при виконанні навчальних досліджень з фізики. Прикладами ПЗ управління проєктами є Microsoft Project Online, Basecamp, JIRA, Launchpad, Redmine, ProjectLibre, GanttProject.

У профільному навчанні фізики ПЗ управління проєктами доцільно використовувати для організації колективних навчальних досліджень, насамперед – у дистанційному режимі. На рис. 2.9 показано приклад використання хмаро орієнтованої системи управління проєктами Collabtive для організації навчального дослідження з визначення інтенсивності метеорного потоку Персеїди.

Підбиваючи підсумки застосування кишенькових комп'ютерів у навчальній фізичній лабораторії, Б. Родрігес (Bill Rodriguez) наголошує на перевагах, що їх надають програми-органайзери: «за допомогою кишенькових комп'ютерів студенти можуть збирати, аналізувати дані, скласти звіти, використовуючи лише один пристрій; значно спрощується спільне використання даних» [16, с. 43]. Експериментальна група студентів використовувала кишенькові комп'ютери не лише як органайзери (для роботи з конспектами навчальними програмами, передачі даних експериментів, слідкування за щоденними новинами), а й для моделювання фізичних процесів (зокрема, для візуалізації

електричних полів та їх градієнтів), для складання звітів, фотографування деяких даних експериментів (з хвильовою ванною, в оптичній лабораторії тощо) та лабораторних установок для включення їх до звіту. Порівняння результатів експериментальної та контрольної груп показало, що студенти, які використовували кишенькові комп'ютери протягом року, отримали оцінку на бал вище, ніж ті, що не використовували кишенькові комп'ютери. Окрім того, Б. Родріґес зазначає, що кишенькові комп'ютери надали можливість студентам легше співпрацювати при виконанні експериментів, зберігати актуальні конспекти та навчальні програми, збирати нотатки та інші відомості, ефективніше готувати та розповсюджувати звіти про виконання лабораторних робіт [16, с. 43].

Навчальні дослідницькі проекти

Визначення інтенсивності метеорного потоку... / Списки завдань

Складання звіту за результатами дослідження

Завдання	Користувач	днів
✓ Аналіз інтенсивності	admin	-1
✓ Створення презентації	admin	2

Створити завдання | Завершені завдання

Презентація результатів дослідження

Завдання	Користувач	днів
✓ Попередня презентація в гуртку	admin	1
✓ Загальна презентація	admin	2

Створити завдання | Завершені завдання

Визначення інтенсивності метеорного потоку... / Завершені завдання

Список завдань

✓ Спостереження пікової актив...		
✓ Визначення радіантів потоку		

Рис. 2.9. Список завдань, складений у системі управління проектами Collabtive для дослідження з визначення інтенсивності метеорного потоку Персеїди

Електронними органайзерами зазвичай називають як кишенькові персональні комп'ютери (сьогодні їм на зміну прийшли смартфони, що фактично є гібридами кишенькових ПК та мобільних телефонів), так і відповідне ПЗ. Нас більше цікавтимуть електронні органайзери саме як клас прикладного ПЗ, призначеного для накопичення даних користувача, оперативного пошуку в них, планування заходів і контролю за їх виконанням, відстеження подій тощо. Існують як органайзери «широкого вжитку», так і вузькоспеціалізовані органайзери (кулінарні, фінансові, музичні та ін.). Відповідно, й функціонал різних органайзерів може суттєво різнитися. Типовий органайзер зазвичай містить такі складові: календар; менеджери контактів, подій тощо; записник; засоби планування завдань та контролю за їх виконанням; будильник; «нагадувач» про певні події. Прикладами такого ПЗ є, зокрема, Outlook on the web, Google Calendar, Evernote, Feng Office Community Edition, Lightning, Akonadi, Lotus Organizer.

У процесі формування дослідницьких компетентностей учнів електронні органайзери надають вчителю можливість використання широкого спектру комунікаційних засобів для моніторингу, оперативного планування та коригування навчально-дослідницької діяльності учнів, зокрема, тих, що на початку реалізації проекту мають низький рівень сформованості соціально-поведінкової складової дослідницьких компетентностей. Для учнів даний клас ПЗ виступає насамперед засобом самоорганізації та планування колективної роботи. На рис. 2.10 наведено фрагмент тижневого планування колективної роботи зі спостереження за зоряним небом з метою визначення рівня та складання мапи світлової забрудненості.

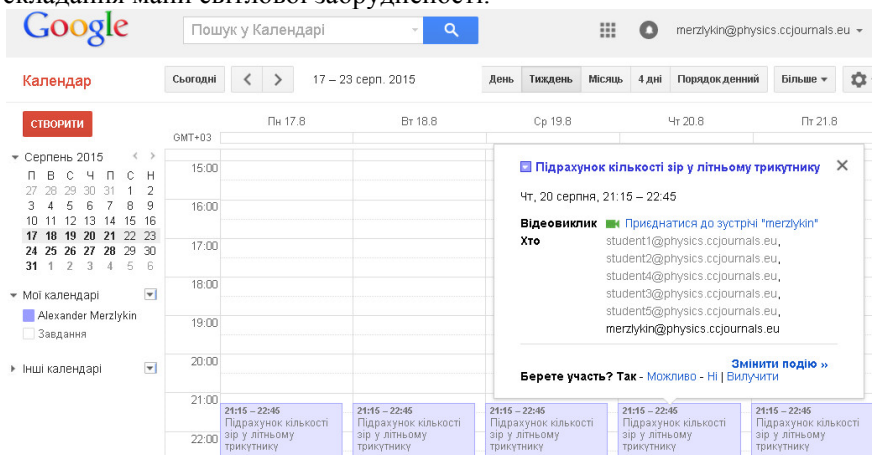


Рис. 2.10. Планування спостережень за зоряним небом у Google Calendar

Д. Р. Хаманн стверджує, що «... переписування показів приладів до лабораторного журналу» не має жодної інтелектуальної цінності, тому має бути автоматизованим [41, с. 248]. *Лабораторні журнали* як клас ПЗ покликані імітувати звичайний лабораторний журнал. Найпростіший лабораторний журнал може бути представлений у вигляді програми-записника (текстового чи табличного редактора) з відповідними шаблонами. Роль лабораторного журналу також може виконувати електронний органайзер чи система управління базами даних. Існують лабораторні журнали і як спеціалізоване ПЗ: LAB Story, LabJ, MDL Elan, Open Enventory, STARLIMS ELN тощо (рис. 2.11).

Рис. 2.11. Електронний лабораторний журнал (Electronic Laboratory Notebook – ELN) у середовищі підтримки навчання Moodle

Також лабораторні журнали частково можуть генеруватися автоматично за умови автоматизованого зняття показів приладів. Основними перевагами електронних лабораторних журналів перед

паперовими є можливість внесення до них змін у будь-який час, що позбавляє від необхідності вести записи на чернетці та «на чистову», повна чи часткова автоматизація рутинних дій та деяких розрахунків, що дозволяє ще на діяльнісному етапі дослідження оцінити правдоподібність отриманих результатів, проаналізувати похибки, переглянути побудову лабораторної установки. У профільному навчанні фізики електронні лабораторні журнали доцільно використовувати у складі апаратно-програмних комплексів забезпечення фізичного експерименту за умови автоматизації процесу зняття показів приладів.

Характеризуючи системне програмне забезпечення фізичних досліджень, Д. Р. Хаманн вказує на такі переваги використання UNIX-подібних операційних систем, як стандартизованість, гарна підтримка обчислювальних задач і задач опрацювання текстів (сьогодні таке ПЗ має назву *текстових процесорів*), мобільність, зручність, природна підтримка мережних обчислень тощо [41, с. 252]. Текстові процесори – це клас ПЗ, що використовують перш за все для написання й модифікації документів, компонування макету тексту та, можливо, його друку.

Сучасні текстові процесори, окрім форматування тексту (шрифти, кеглі, інтервали, абзаци, вирівнювання, колір тощо), передбачають також роботу з таблицями, графічними зображеннями тощо. Надалі розрізнятимемо текстові процесори, що дозволяють одразу бачити на моніторі результати змін, що їх виконує користувач – текстові процесори, що реалізують підхід WYSIWYG. Найбільш відомими сучасними представниками таких текстових процесорів є Microsoft Word Online, Google Docs, LibreOffice Writer. У інших текстових процесорах форматування тексту (його компіляція) відбувається лише після завершення редагування тексту. Такі текстові процесори реалізують підхід WYSIWYM, який є менш поширеним, але зазвичай вони використовують більш складні алгоритми верстки, що дозволяє отримати «гарніший» текст. Прикладами таких текстових процесорів є Kile, MiKTeX, TeXworks, TeXmacs, WIRIS, XML Marker, VisualEditor.

Використання текстових процесорів безпосередньо не впливає на формування дослідницьких компетентностей учнів, проте воно надає можливість уніфікувати форму звіту (зокрема, з виконання лабораторної роботи), частково автоматизувати його складання та зменшити час, необхідний на його складання, відтіснивши на другий план рутинні дії, надаючи учневі можливість сконцентруватися безпосередньо на дослідженні. Використання текстових процесорів також полегшує процес обміну результатами дослідження між учнями, що особливо актуально при групових дослідженнях та за дистанційної форми

навчання (рис. 2.12).

Конструювання приладу для вимірювання g

Файл Редагувати Вигляд Вставити Формат Інструменти Таблиця

100% Звичайни... Times New... 12 Більше Редагування

Конструювання приладу для вимірювання прискорення вільного падіння

- падіння на ваги (Мачугалдзе)
 - як фіксувати покази вагів? Alex M
- скоювання кульки (Чехута)
 - виходить велика похибка при енергетичному розрахунку
 - чи можна нехтувати тертям?
- маятник (Богун)
 - чи можна якось врахувати загибання?
- автоматизація вимірювання часу (Єрмак, Конкін, Боднарюк, Боднарюк)

фотоелемент	електромагніт	електромагнітна індукція

Рис. 2.12. Спільне редагування у Google Docs плану роботи з конструювання приладу для вимірювання прискорення вільного падіння

М. І. Старовіков [36] пропонує дидактичну модель формування й розвитку дослідницької діяльності у школярів в процесі вивчення фізики в умовах інформатизації навчання, у якій основною організаційною формою навчання є лабораторний практикум, що регулярно проводиться протягом року і фактично є окремим навчальним курсом. Практикум складається не лише з натурних експериментів, а містить також елементи імітаційного та чисельного моделювання. Також передбачено опрацювання даних натурального експерименту за допомогою комп'ютера. Д. Р. Хаманн стверджує, що наочна *презентація* результатів (у тому числі мультимедійна) надає нові можливості для аналізу досліджуваного явища, наводячи як приклад науковий «фільм», знятий «з точки зору демона Максвелла» [41].

Редактори презентацій (ПЗ підготовки презентацій) – клас ПЗ, що використовується для подання даних у вигляді слайд-шоу для супроводу доповідей. Редактор презентацій зазвичай виконує три основні функції:

текстового редактору, що дозволяє вставляти та формувати текст, медіа-редактору графіки, аудіо, відеоданих та системи показу слайдів для відображення вмісту. ПЗ підготовки презентацій покликані, з одного боку, надати доповідачеві можливість структурувати доповідь, а з іншого – надати слухачам візуалізовані та генералізовані відомості, що супроводжують усну доповідь. Також у процесі створення презентації учні узагальнюють та генералізують хід та результати проведеного дослідження, тому мультимедійна презентація може слугувати частиною звіту про виконану роботу. Доречнішим виглядає використання такої форми звітування про виконану роботу в тому випадку, коли мова йде про виконаний групою учнів проект, результати якого мають бути презентовані аудиторії. Найбільш поширеними сучасними редакторами презентацій є Microsoft PowerPoint Online, Google Slides, Prezi, LibreOffice Impress, iWork Keynote for iCloud, Scribus, Adobe Presenter.

Використання мультимедійних презентацій у будь-яких навчальних фізичних дослідженнях надає можливість учневі генералізувати власні ідеї (перш за все, на етапі планування дослідження), систематизувати результати (на етапі опрацювання результатів дослідження) та зробити висновки (рис. 2.13). Безумовною є користь від використання презентацій задля того, щоб поділитися результатами дослідження (чи його частини) з іншими учнями.

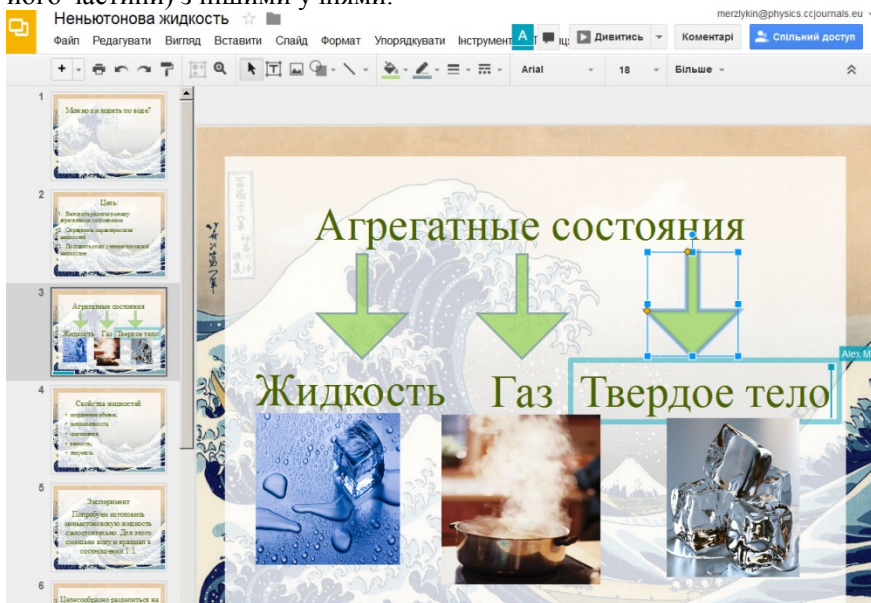


Рис. 2.13. Презентація за результатами дослідження властивостей ньютонівської рідини, створена у редакторі презентацій Google Slides

Систематичний аналіз результатів експериментальної роботи із розробки та використання мультимедійного курсу фізики у 1969-1971 рр. наводить Р. К. Бренсон (Robert K. Branson) [4]. У різних експериментальних групах використовувались відеокасетні записи тривалістю 15-40 хвилин, «книжки, що розмовляють» (ті ж відеозаписи, але з відповідними звуковими коментарями) та «ілюстровані книги» (ті ж «книжки, що розмовляють», але в яких візуальну інформацію було опрацьовано, виділено головне, а конспект аудіоматеріалу було роздруковано).

Подальшим розвитком цього дослідження стала модель педагогічного проектування ADDIE [5]. За словами С. Вейера (Stephen A. Weyer), необхідність застосування мультимедіа в навчанні фізики впливає вже з самої природи пізнання та навколишнього світу: «сприйняття та досвід – дуже динамічні та особисті, – погано передаються статичним текстом» [18, с. 93]. Окрім того застосування мультимедіа, за словами С. Вейера, змінить стиль подання та організації знань. Н. Янkelович (Nicole Yankelovich), К. Сміт (Karen E. Smith), Л. Н. Гарретт (L. Nancy Garrett) та Н. Мейровіц (Norman Meyrowitz) описують досвід використання авторського переглядача та *редактору гіпермедіа* («розширений текст», що, окрім тексту, включає в себе інші види медіаданих: статичні та анімовані графічні об'єкти, відео, звук, музику тощо [19, с. 39]) – Intermedia в навчанні. Intermedia включає в себе п'ять прикладних програм: текстовий редактор InterText, графічний редактор InterDraw, переглядач сканованих зображень InterPix, переглядач тривимірних об'єктів InterSpect, редактор графіків InterVal. Гіпермедіа-функціональність інтегрована в кожен з п'яти програм таким чином, що гіпермедіа-посилання створюються в процесі створення (чи редагування) документу в відповідній програмі [19, с. 40-41].

Надалі під *медіа-редакторами* розумітимемо як редактори мультимедіа, так і суто графічні, відео-, аудіоредактори. Кожен з цих типів ПЗ (окрім редакторів мультимедіа) призначений для редагування відповідного типу даних. Так графічні редактори дозволяють створювати, опрацьовувати, редагувати цифрові (векторні чи растрові, статичні чи анімовані) зображення. Найбільш популярними є такі графічні редактори: Adobe Photoshop CC, Adobe Illustrator CC, GIMP, Corel Draw, Inkscape. Аудіоредактори дозволяють записувати, відтворювати, відображати, перетворювати, аналізувати цифрові звукозаписи. Функціонал аудіоредакторів може відрізнятися в залежності від призначення програми. Часто звукозапис подається в аудіоредакторі у вигляді сигналів. Прикладами сучасних аудіоредакторів є Audacity, FL Studio, Steinberg Cubase, Logic Pro,

GarageBand, Adobe Audition CC, REAPER, Sound Forge, Reason, ACID Pro. Відеоредактори, відповідно, слугують для записування, монтажу, аналізу та опрацювання відеозаписів. Зазвичай ПЗ, що позиціонується його розробниками як відеоредактори, підтримує також накладання на відеодоріжку тексту, малюнків та звукової доріжки. Тобто таке ПЗ фактично є редакторами мультимедіа. Прикладами таких редакторів є WAX, Windows Movie Maker, Adobe After Effects, Sony Vegas Pro, iMovie, FFmpeg, Corel VideoStudio, Pinnacle Studio, Lightworks, Avidemux, YouTube Video Editor.

На рис. 2.14 наведено приклад використання YouTube Video Editor для адаптації ненавчального відео для навчальних цілей: вирізання лише значущих для даної навчальної теми частин, комбінування декількох відеофайлів, створення субтитрів та додаткових текстових коментарів рідної мовою, акцентування уваги учнів за допомогою візуальних ефектів.

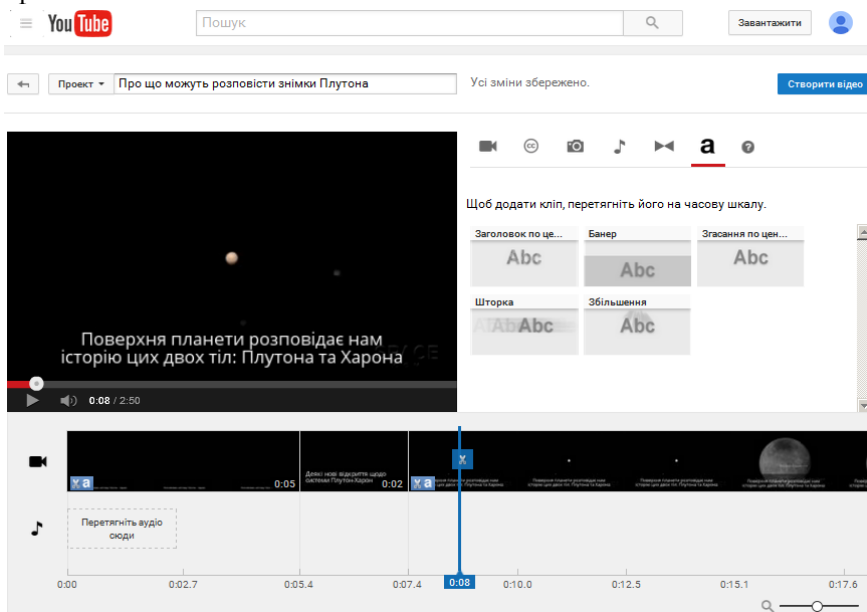


Рис. 2.14. Використання медіа-редактору YouTube Video Editor для створення навчального відео

Захоплення (запис) даних навчального фізичного експерименту з метою подальшого аналізу також має досить давню історію й тісно пов'язано із використанням мультимедіа у курсі фізики. ПЗ для захоплення чи запису відео, аудіо є класом ПЗ, що працює з

відповідним обладнанням (фото- чи відеокамерою, мікрофоном тощо). Фактично ПЗ цього класу складається з двох «шарів» – системного (драйвер відповідного обладнання) та прикладного (програма, що має інтерфейс користувача та зв'язується з обладнанням через драйвер). Системна частина ПЗ визначається обладнанням, що використовується в дослідженні, а прикладна зазвичай окрім безпосередньо захоплення даних надає можливості для їх редагування, тобто фактично є медіа-редактором.

М. Ю. Гармашов задля підвищення рівня сформованості дослідницьких компетентностей пропонує використовувати «відеокомп'ютерний експеримент», під яким автор розуміє один з різновидів експерименту, проведеного з застосуванням відеоаналізу: «відеокомп'ютерний експеримент являє собою спосіб організації шкільного фізичного експерименту, в ході якого здійснюються реальний (натурний) експеримент і відеозйомка процесу з подальшим створенням комп'ютерної моделі для вивчення швидкоплинних фізичних явищ стробоскопічним методом» [25, с. 8]. При цьому, на думку автора, актуалізуються такі складові дослідницької компетентності: розуміння технічної та соціальної значущості застосування сучасних технологій для дослідження фізичних процесів; здатність виявляти проблеми, визначати цілі й задачі їх розв'язання за допомогою відеокомп'ютерного експерименту; вміння проектувати теоретичну модель проведення експерименту; готовність реалізовувати відеокомп'ютерний фізичний експеримент і інтерпретувати його дані.

На рис. 2.15 наведено приклад використання ПЗ для відеозапису вільного падіння з метою подальшого аналізу отриманих відеоданих для визначення характеристик руху. Використання відеозапису для цього досліду надає можливість мінімізувати похибки, пов'язані зі швидкоплинністю досліджуваного процесу.

У 1988 році під час свого майстер-класу П. Ловс (Priscilla W. Laws) та Дж. Лютцельшваб (John W. Luetzelschwab) розповідали про п'ятирічний досвід використання у коледжі Дікінсон «комп'ютерно орієнтованих вимірювань, аналізу даних, побудови графіків та чисельного розв'язування задач» [13, с. 240]. Зокрема, використання ними оптичних рамок (photogates – приладів, що визначають час між подіями, які переривають світловий промінь) передбачало застосування студентами ПЗ для автоматичного (чи напівавтоматичного) збереження даних з оптичної рамки та подальшого аналізу сигналів – *контент-аналізу* з метою визначення координат, швидкості, прискорення.

Засоби контент-аналізу – це клас ПЗ, близький до медіа-редакторів. Засоби контент-аналізу використовуються для аналізу отриманих раніше

графічних, аудіо- чи відеоданих. Відповідно, розрізняють засоби графічного, аудіо- та відеоаналізу. На заняттях з фізики засоби контент-аналізу використовують для визначення певних фізичних характеристик на основі аналізу записів фізичних досліджень, спрямованого на перевірку гіпотез про характер перебігу досліджуваних процесів, отримання та опрацювання результатів дослідження. Так, наприклад, фіксуючи перебіг експерименту з метою його подальшого аналізу, стає можливим дослідження швидкоплинних та занадто повільних фізичних процесів у рамках шкільного курсу фізики. Окрім відповідних медіа-редакторів, що зазвичай включають в себе функції контент-аналізу, існують ще спеціалізовані засоби контент-аналізу.

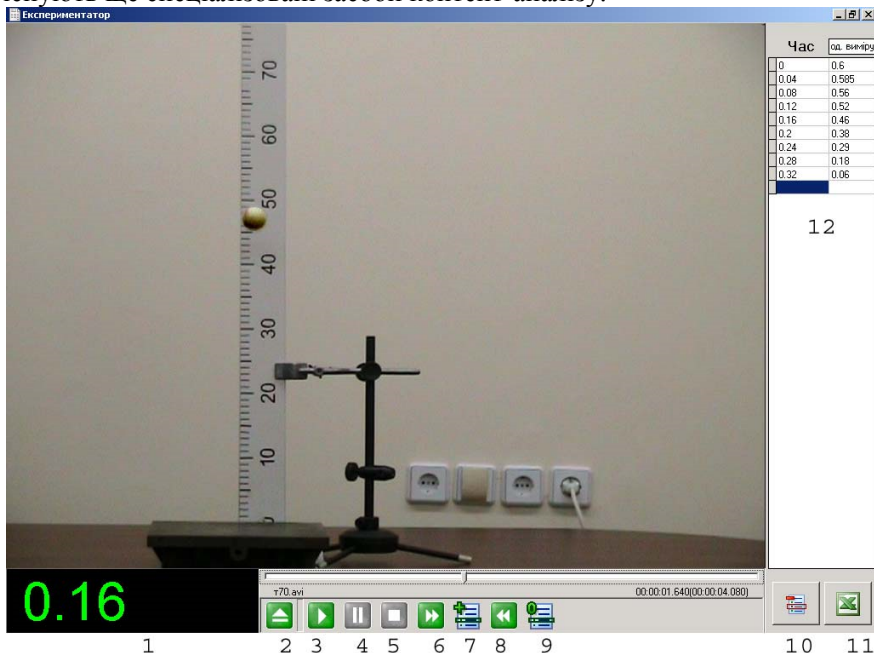


Рис. 2.15. Інтерфейс програми «Експериментатор» для запису та подальшого аналізу відеоданих

К. Р. Нейв (Carl Rod Nave) та Д. Л. Белл (Darrell L. Bell) повідомляють про досвід використання комп'ютера для іншого різновиду контент-аналізу – *аудіоаналізу*. Розроблене ними програмне забезпечення надає можливість захоплення звуку з відповідним аналогово-цифровим перетворенням, виконання швидкого Фур'є-аналізу захоплених або збережених у інший спосіб даних, візуалізації записаних даних та їх амплітудно-частотної характеристики [15, с. 236].

Автори відзначають, що такий аналіз може бути застосований також при вивченні електромагнетизму та оптики.

У шкільному навчальному дослідженні аудіоаналіз може бути використаний, наприклад, для визначення за сигналограмою часу між зіткненнями тіл (зіткненням відповідають піки на сигналограмі – рис. 2.16). У шкільних лабораторних таким чином, зокрема, можна визначати швидкості при перевірці законів збереження.

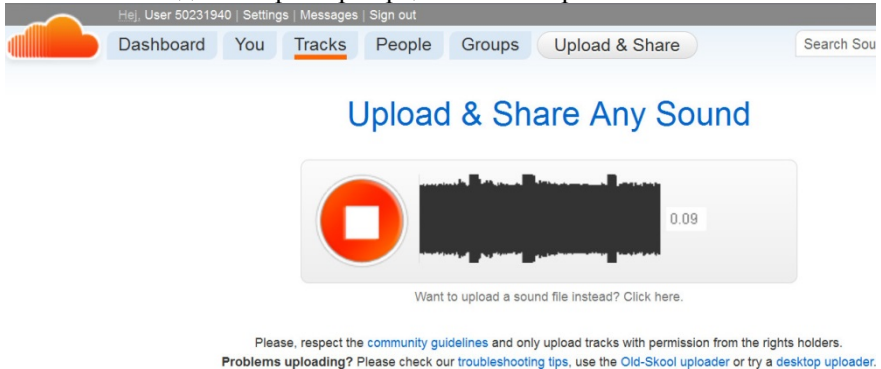


Рис. 2.16. Запис звуку в SoundCloud для подальшого аудіоаналізу

Р. Дж. Байхнер (Robert J. Beichner), М. Дж. Демарко (Michael J. DeMarco), Д. Дж. Еттестад (David J. Etestad) та Е. Глісон (Edward Gleason) наводять приклад програмного забезпечення для опрацювання відеоданих, що студенти записують на відеокамеру під час фізичного експерименту (зіткнення візків, коливання пружинного маятника) або спостереження (прискорення автомобілю, приземлення літака). Подальше відтворення запису на відповідному програвачі супроводжується захопленням окремих кадрів, їх оцифруванням та збереженням у графічному форматі, що може опрацьований MacPaint. За допомогою авторського програмного забезпечення VideoGraph студенти можуть обрати початок координат, калібрувати зображення шляхом встановлення відповідності між візуальними та реальними розмірами, виконати маркування точок, отримати графіки зміни координат, швидкості та прискорення в проекціях на вісі [2, с. 244]. Серед переваг даного різновиду контент-аналізу – відеоаналізу – перед традиційним стробоскопічним методом автори виділяють можливість аналізу раніше проведених експериментів (у тому числі виконаних іншими) як в умовах лабораторії, так і вдома, що розширює можливості кінематичних дослідження.

Відеоаналіз зазвичай використовують для аналізу двовимірного механічного руху. Так, І. С. Чернецький [42] пропонує таку схему

проведення лабораторних роботах з механіки:

1. Відеозйомка засобами Web-камери або відеокамери.

2. Опрацювання відеозапису за допомогою DataPoint: «Головна ідея виконання робіт – це створення і аналіз таблиць екранних координат точок, що належать досліджуваному рухомому об'єкту» [42, с. 299]. За допомогою DataPoint формується таблиця екранних координат.

3. Аналіз табличних даних за допомогою електронних таблиць.

Дж. А. Брайан (Joel Arthur Bryan) [7], А. Александрова (Aleksandrija Aleksandrova) та Н. Нанчева (Nadezhda Nancheva) [1] пропонують використовувати відеоаналіз не лише на лабораторних роботах з кінематики, а й для досліджень, що ілюструють закони збереження в механіці. Порівнюючи застосування відеоаналізу із застосуванням комп'ютерних комплексів для автоматизації фізичного експерименту, Дж. А. Брайан, посилаючись на роботи попередників (зокрема, [6]), зауважує, що опрацювання «на льоту» та відкладене у часі мають однаковий навчальний вплив. До основних переваг відеоаналізу Дж. А. Брайан відносить такі [7, с. 55]: можливість аналізу на одному запису більш ніж одного об'єкту та можливість порівняння руху різних об'єктів у одній системі; відеоаналіз не потребує складного обладнання для комп'ютеризації фізичного експерименту та є більш фінансово доступним; відеоаналіз може бути виконаний як над швидкоплинними, так і над довготривалими процесами (в тому числі й тими, що перебігають одночасно); відеоаналіз може бути виконаний як над спеціально зробленими записами, так й над будь-якими іншими. Найбільш поширеними засобами навчального фізичного відеоаналізу є VideoPoint Physics Fundamentals, DataPoint, Measurement-in-Motion, Logger Pro, Tracker, Physics ToolKit, KCS Motion, Coach, «Експериментатор» [27]. За результатами проведеного аналізу можна зробити висновок, що найбільш придатним для формування дослідницьких компетентностей учнів у профільному навчанні фізики засобом є Tracker [29].

Засоби контент-аналізу в шкільному дослідженні доцільно використовувати разом із засобами захоплення чи запису відео, аудіо тощо. Особливо корисним є використання відеоаналізу в механіці. Зокрема, дослідження руху тіл під дією сили тяжіння з використанням відеоаналізу надає учням можливість безпосередньо переконатись у справедливості відомих закономірностей у кожен момент часу, побачити траєкторію руху тіла, розрахувати значення прискорення вільного падіння з непоганою точністю. Застосування відеоаналізу при дослідженні законів збереження надає учням можливість виміряти миттєві швидкості та переміщення в різні моменти часу. Таким чином

вони можуть перевірити закони збереження імпульсу, збереження та перетворення механічної енергії, оперуючи результатами прямих вимірювань. Використання відеоаналізу при дослідженні маятників надає можливість вимірювати затухання через кожен період і таким чином визначити декремент затухання. Для нитяного маятника за допомогою відеоаналізу можна також оцінити динаміку зміни площини коливання. Використання аудіоаналізу при виконанні шкільних досліджень з механіки, наприклад, надає можливість, аналізуючи хвильові форми аудіозапису, більш точно виміряти відрізки часу між зіткненнями тіл при дослідженні закону збереження імпульсу.

Таким чином, *для підтримки навчальних досліджень з фізики застосовують наступні класи засобів хмарних технологій:*

- віртуальні лабораторії;
- віртуальні тренажери;
- електронні органайзери;
- засоби контент-аналізу;
- лабораторні журнали;
- медіа-редактори;
- мови програмування та бібліотеки;
- ПЗ для захоплення чи запису відео, аудіо тощо;
- ПЗ моделювання фізичних процесів;
- ПЗ побудови діаграм зв'язків, станів, класів, об'єктів тощо;
- ПЗ управління проектами;
- редактори презентацій;
- системи комп'ютерної математики;
- статистичні пакети;
- табличні процесори;
- текстові процесори.

Зазначені класи засобів хмарних технологій по-різному впливають на рівень сформованості дослідницьких компетентностей учнів у профільному навчанні фізики. Так, формування деяких дослідницьких компетентностей неможливе без використання того чи іншого засобу хмарних технологій, або ж його використання є важливим для формування певної компетентності. Такі засоби хмарних технологій вважаються провідними для формування даної компетентності. Відповідно, інші засоби хмарних технологій при формуванні дослідницьких компетентностей виступають як допоміжні.

У табл. 2.2 для кожної із дослідницьких компетентностей учнів у профільному навчанні фізики подано провідні засобами хмарних технологій їх формування.

Таблиця 2.2

Провідні засоби ІКТ формування дослідницьких компетентностей

Етап	Дослідницька компетентність	Засоби хмарних технологій
Підготовчий	здатність до планування дослідження	<i>для даної компетентності ІКТ не є провідними засобами її формування</i>
	здатність користуватися засобами ІКТ для проектування дослідницької діяльності	<i>для даної компетентності ІКТ не є провідними засобами її формування</i>
	компетентність з розробки моделей	ПЗ моделювання фізичних процесів
	здатність прогнозувати результати дослідження	ПЗ моделювання фізичних процесів, віртуальні лабораторії, системи комп'ютерної математики
	здатність тестувати та налаштовувати обладнання для дослідження	віртуальні лабораторії, ПЗ моделювання фізичних процесів
Діяльнісний	здатність використовувати вимірювальні прилади	віртуальні лабораторії
	здатність користуватися засобами ІКТ для фіксування перебігу дослідження	ПЗ для захоплення чи запису відео, аудіо тощо, табличні процесори
	здатність користуватися засобами ІКТ для моделювання	ПЗ моделювання фізичних процесів, віртуальні лабораторії, системи комп'ютерної математики
	здатність проводити обчислювальні експерименти	системи комп'ютерної математики, табличні процесори
Узагальнювальний	здатність використовувати методи математичної статистики	системи комп'ютерної математики, табличні процесори, статистичні пакети
	здатність користуватися засобами ІКТ для опрацювання результатів дослідження та їх презентації	редактори презентацій, табличні процесори
	здатність робити висновки з одержаних результатів	<i>для даної компетентності ІКТ не є провідними засобами її формування</i>
	здатність оцінювати правдоподібність результатів дослідження	<i>для даної компетентності ІКТ не є провідними засобами її формування</i>
	здатність до вдосконалення комп'ютерної моделі чи натурного експерименту	ПЗ моделювання фізичних процесів

Таким чином, *провідними засобами хмарних технологій формування дослідницьких компетентностей учнів у профільному навчанні фізики є:*

– ПЗ моделювання фізичних процесів – провідний засіб формування компетентності з розробки моделей, здатності прогнозувати результати дослідження, здатності тестувати та налаштовувати обладнання для дослідження, здатності користуватися засобами ІКТ для моделювання, здатності до вдосконалення комп'ютерної моделі чи натурального експерименту;

– віртуальні лабораторії – провідний засіб формування здатності прогнозувати результати дослідження, здатності тестувати та налаштовувати обладнання для дослідження, здатності використовувати вимірювальні прилади, здатності користуватися засобами ІКТ для моделювання;

– системи комп'ютерної математики – провідний засіб формування здатності прогнозувати результати дослідження, здатності користуватися засобами ІКТ для моделювання, здатності проводити обчислювальні експерименти, здатності використовувати методи математичної статистики;

– табличні процесори – провідний засіб формування здатності користуватися засобами ІКТ для фіксування перебігу дослідження, здатності проводити обчислювальні експерименти, здатності використовувати методи математичної статистики, здатності користуватися засобами ІКТ для опрацювання результатів дослідження та їх презентації;

– статистичні пакети – провідний засіб формування здатності використовувати методи математичної статистики;

– ПЗ для захоплення чи запису відео, аудіо тощо – провідний засіб формування здатності користуватися засобами ІКТ для фіксування перебігу дослідження;

– редактори презентацій – провідний засіб формування здатності користуватися засобами ІКТ для опрацювання результатів дослідження та їх презентації.

На рис. 2.17 відображено кількість дослідницьких компетентностей, при формуванні яких виокремлені хмаро орієнтовані засоби ІКТ є провідними.

Більшість перерахованих у цьому розділі класів засобів мають як локальні, так і хмарні реалізації. Використання хмаро орієнтованих засобів у процесі формування дослідницьких компетентностей старшокласників із фізики в порівнянні з використанням локальних засобів має ряд переваг:

а) для вчителя – моніторинг дій з виконання навчального

дослідження на всіх його етапах, активізації відповідної діяльності, оперативного коригування плану, проекту, моделі, схеми досліду, управління навчальною діяльністю учнів у процесі створення плану дослідження, реалізації проекту, опрацювання та презентації результатів дослідження, розподілу обов'язків та оцінювання результатів діяльності як кожного учня окремо, так й учнівської групи в цілому; надає можливість ефективніше розподілити час, необхідний на проведення навчального дослідження за рахунок винесення частини дій на виконання «за межами лабораторії»;

б) для учня – застосування різних апаратних засобів ІКТ, просторової та навчальної мобільності, мобільної комунікації та співпраці, самоорганізації та саморефлексії; спрощує процес самостійної роботи; надає можливість більш ефективної підготовки до виконання навчального дослідження.

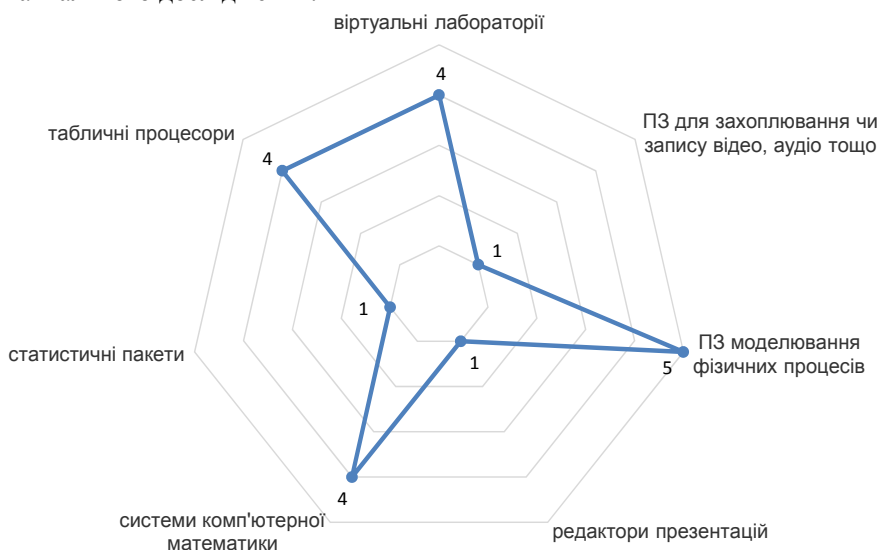


Рис. 2.17. Провідні хмаро орієнтовані засоби ІКТ формування дослідницьких компетентностей учнів у профільному навчанні фізики

Слід зазначити, що не всі перераховані в цьому розділі класи ПЗ мають досить зручні для підтримки навчальних фізичних досліджень хмарні реалізації, в той час як вибір традиційних, локальних засобів тих же класів є більш широким. При цьому існує можливість надання доступу до локального ПЗ за хмарною моделлю доступу, що дозволить значно розширити спектр програмних засобів, придатних для застосування в процесі формування дослідницьких компетентностей з

фізики, які б мали всі переваги хмарних технологій. Технологічною основою перетворення традиційних програмних засобів на хмарні є віртуалізація [22]:

- комп'ютера в цілому з наданням доступу за моделлю Infrastructure as Service;
- обладнання з наданням доступу за моделлю Hardware as Service;
- запам'ятовуючих пристроїв з наданням доступу за моделлю Data as Service;
- системи програмних засобів з наданням доступу за моделлю Platform as Service;
- «робочого столу» користувача з наданням доступу за моделлю Desktop as Service;
- інтерфейсу користувача конкретного програмного забезпечення з наданням доступу за моделлю Software as Service.

У цьому розділі розглянуто лише класи ПЗ, а не конкретні програмні продукти. На те є кілька причин: по-перше, наразі існує велика кількість хмарних реалізацій кожного з цих класів засобів, і вчитель з учнями можуть обрати для себе ті засоби, які з об'єктивних чи суб'єктивних причин є більш зручними для виконання тих завдань, які вони перед собою ставлять; по-друге, ринок програмного забезпечення є дуже динамічним і ніхто не в змозі сказати наперед, якими засобами буде представлений кожен з виокремлених класів засобів хмарних технологій вже за кілька років, у той час як самі класи є якщо не інваріантними, то, принаймні, значно більш стійкими, та з великим ступенем достовірності можна говорити, що й через десятки років представники даного класу буде виконувати той самий набір базових функцій.

Зазначимо також, що хоча кожен програмний засіб у процесі формування дослідницьких компетентностей може використовуватися окремо від інших, ефективнішим є систематичне їх використання як на всіх етапах одного навчального дослідження, так і протягом усього курсу фізики у різних дослідженнях. Використання різних класів засобів та різних засобів одного класу для виконання різноманітних дій замість використання одного умовно «універсального» засобу також є корисним, адже така мобільність дозволяє учням сконцентруватися не на «рецептах» виконання певних дій у конкретному програмному середовищі, а на загальних алгоритмах виконання цих дій, які, на відміну від «рецептів», є фундаментальними. Також ознайомленість із різними засобами та набутий досвід їх використання для різних дій у подальшому надасть учням можливість ґрунтовніше й адекватніше добирати засоби для виконання кожної конкретної задачі.

3. ЗАСОБИ МОНІТОРИНГУ ТА ДІАГНОСТИКИ РІВНЯ СФОРМОВАНОСТІ ДОСЛІДНИЦЬКИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ СТАРШОКЛАСНИКІВ У ПРОФІЛЬНОМУ НАВЧАННІ ФІЗИКИ

Задля оцінювання рівня сформованості дослідницьких компетентностей старшокласників були визначені критерії оцінювання кожної групи дослідницьких компетентностей за чотирма рівнями:

- 0 – рівень несформованості (0-3 бали);
- 1 – низький рівень сформованості (4-6 балів);
- 2 – середній рівень сформованості (7-9 балів);
- 3 – високий рівень сформованості (10-12 балів).

У таблицях компоненти компетентностей позначені так: К – когнітивний, П – праксеологічний, А – аксіологічний, С – соціально-поведінковий.

Компетентність з розробки моделей (ДК11) у профільному навчанні фізики передбачає формування в учня здатності виокремлювати важливі в рамках даного досліду риси фізичних об'єктів, процесів та явищ, розробляти їх моделі самостійно та у команді, розуміти особистісну та суспільну значущість цієї діяльності. Критерії оцінювання сформованості компетентності з розробки моделей подано у табл. 3.1.

Здатність до планування дослідження (ДК12) передбачає формування в учня здатності розділяти дослідження на етапи та виокремлювати основні дії на кожному з них, володіння методикою планування дослідження, уміння скласти та скоригувати план досліду, усвідомлення важливості діяльності з планування дослідження в навчанні та професійній діяльності, вміння спланувати групову роботу в рамках дослідження та координувати її. Критерії оцінювання сформованості здатності до планування дослідження подано у табл. 3.2.

Здатність користуватися засобами ІКТ для проектування дослідницької діяльності (ДК13) передбачає формування в учня здатностей до автоматизації та структурування проектування дослідницької діяльності за допомогою засобів ІКТ, а саме: оволодіння методологією управління проектами, методикою добору спеціалізованих засобів ІКТ, уміннями розв'язувати задачі управління дослідницькими проектами із використанням спеціалізованих засобів ІКТ, навичками використання засобів ІКТ проектування дослідницької діяльності для організації спільної роботи та спрямованість на використання спеціалізованих засобів ІКТ управління проектами для проектування дослідницької діяльності. Критерії оцінювання сформованості здатності користуватися засобами ІКТ для проектування дослідницької діяльності подано у табл. 3.3.

Таблиця 3.1

Критерії оцінювання сформованості компетентності з розробки моделей (ДК11)

	несформованості	низький	середній	високий
К	не сформоване уявлення про моделі та їх типи, розпізнає деякі моделі	має базові уявлення про моделі та їх типи	здатен обрати з кількох запропонованих моделей найбільш прийнятну для даного досліджу	здатен самостійно виокремити важливі в рамках даного досліджу властивості фізичних об'єктів, процесів та явищ
П	не вміє складати та оперувати моделями фізичних явищ та процесів	не вміє складати моделі, вміє оперувати готовими моделями	здатен розробляти моделі фізичних процесів та явищ за зразком	здатен самостійно розробляти моделі фізичних процесів та явищ
А	не розуміє ролі та місця моделювання фізичних об'єктів та явищ у навчанні фізики	усвідомлює місце, яке займають моделі фізичних об'єктів та явищ у сучасних природничих науках	розуміє роль моделювання в багатьох сферах людської діяльності та позитивно налаштований на застосування навичок моделювання в навчанні	розуміє необхідність використання моделювання в сучасному житті, усвідомлює переваги й недоліки різних моделей
С	виконує окремі дії з моделювання лише після безпосередньої, адресованої особисто вимоги вчителя	взаємодіє з однокласниками за вимогою вчителя, не пропонує й не просить допомоги при розробці моделей, навіть коли її потребує	надає допомогу товаришам на різних етапах моделювання, сам звертається за допомогою, коли вона потрібна	вміє розподіляти обов'язки в процесі моделювання (за потребою) для досягнення якомога кращого результату

Таблиця 3.2

Критерії оцінювання сформованості здатності до планування дослідження (ДК12)

	несформованості	низький	середній	високий
К	не має уявлення про структуру дослідження	має базові уявлення про принципи планування	знає структуру дослідження, виділяє його етапи	обізнаний у методиці планування дослідження
П	не може скласти план дослідження	може скласти план лише за інструкцією або за допомоги вчителя	здатен скласти лінійний план дослідження	здатен скласти оригінальний розгалужений план дослідження
А	не усвідомлює необхідності планування	вважає за необхідне складати лише найзагальніший план дослідження	розуміє необхідність детального планування дослідження	усвідомлює важливість діяльності з планування дослідження в навчанні та професійній діяльності
С	не здатен до взаємодії при складанні плану дослідження	здатен до взаємодії при складанні плану дослідження	здатен коригувати план дослідження в залежності від схильностей чи побажань його учасників, за потреби надає товаришам допомогу	вміє спланувати групову роботу в рамках дослідження та здійснює її координацію

Таблиця 3.3

**Критерії оцінювання сформованості здатності користуватися
засобами ІКТ для проектування дослідницької діяльності (ДК13)**

	не сформовано	низький	середній	високий
К	не володіє методикою планування дослідницької діяльності з використанням засобів ІКТ	володіє елементами методики планування дослідницької діяльності з використанням неспеціалізованих засобів ІКТ	володіє елементами методології управління проектами, знає функціональні можливості спеціалізованих засобів ІКТ для проектування дослідницької діяльності	володіє методологією управління проектами, методикою добору спеціалізованих засобів ІКТ для проектування дослідницької діяльності
П	не здатен розв'язувати задачі управління дослідницьким проектом із використанням засобів ІКТ	здатен розв'язувати окремі задачі управління дослідницьким проектом із використанням неспеціалізованих засобів ІКТ	здатен розв'язувати окремі задачі управління дослідницьким проектом із використанням спеціалізованих засобів ІКТ	здатен розв'язувати задачі управління дослідницьким проектом із використанням спеціалізованих засобів ІКТ та доцільно добирати їх
А	не вважає за потрібне використання засобів ІКТ для проектування дослідницької діяльності	налаштований на використання неспеціалізованих засобів ІКТ для управління окремими задачами дослідницької діяльності	налаштований на використання неспеціалізованих засобів ІКТ для управління навчальними дослідницькими проектами	налаштований на використання спеціалізованих засобів ІКТ управління проектами для проектування дослідницької діяльності
С	використовує засоби ІКТ лише для проектування власної дослідницької діяльності	намагається самостійно користуватися засобами ІКТ для проектування переважно власної дослідницької діяльності	використовує засоби ІКТ для проектування дослідницької діяльності разом з однокласниками, надає їм посильну допомогу	активно послуговується засобами ІКТ проектування дослідницької діяльності для організації спільної роботи

Здатність тестувати та налаштовувати обладнання для дослідження (ДК14) передбачає оволодіння учнем методикою добору, тестування та налаштування обладнання для дослідження, набуття умінь, навичок та цінностей з ефективної організації відповідної власної та спільної діяльності. Критерії оцінювання сформованості здатності тестувати та налаштовувати обладнання для дослідження подано у табл. 3.4.

Здатність прогнозувати результати дослідження (ДК15) передбачає наявність в учня системних знань явищ природи, необхідних й достатніх для самостійного адекватного прогнозування результатів дослідження, враховуючи можливі варіанти проходження досліду, та успішного досвіду такої діяльності, усвідомлення ролі прогнозування при постановці наукових та навчальних досліджень і важливості відповідального підходу до цього етапу дослідження. Критерії оцінювання сформованості здатності прогнозувати результати дослідження подано у табл. 3.5.

Здатність проводити обчислювальні експерименти (ДК21) передбачає наявність в учня системних знань методів математичного моделювання, вмінь їх доцільного добору та використання, розуміння важливості обчислювальних експериментів у сучасному житті, усвідомлення їх переваг та недоліків у порівнянні з натурними експериментами, навичок групової роботи. Критерії оцінювання сформованості здатності проводити обчислювальні експерименти подано у табл. 3.6.

Здатність використовувати вимірювальні прилади (ДК22) передбачає знання, розуміння та свідоме дотримання правил техніки безпеки при самостійній та колективній роботі, спрямованість на їх виконання та запобігання порушення, володіння учнем методами визначення необхідних параметрів приладів та відповідних модифікацій схем дослідів, вміннями добирати доцільні вимірювальні прилади, визначати їх параметри та відповідним чином модифікувати схему досліду, організувати свою роботу та роботу інших членів групи з проведення вимірювань, налаштованість на використання широкого спектру вимірювальних приладів у рамках навчальних досліджень, повсякденні та в подальшій діяльності. Критерії оцінювання сформованості здатності використовувати вимірювальні прилади подано у табл. 3.7.

Здатність користуватися засобами ІКТ для фіксування перебігу дослідження (ДК23) передбачає наявність системних знань про засоби ІКТ для фіксування перебігу дослідження, уміння здійснювати їх аргументований добір, здійснювати їх налаштування, доцільно їх використовувати, обирати найсприятливіші режими роботи, розподіляти

обов'язки при роботі із засобами ІКТ для фіксування перебігу дослідження для досягнення якомога кращого результату. Критерії оцінювання сформованості здатності користуватися засобами ІКТ для фіксування перебігу дослідження подано у табл. 3.8.

Здатність користуватися засобами ІКТ для моделювання (ДК24) передбачає наявність системних знань про засоби ІКТ для моделювання, усвідомлення їх переваг і недоліків, уміння здійснювати їх аргументований добір для кожного конкретного експерименту та доцільно їх використовувати, створювати за їх допомогою моделі фізичних процесів та явищ та працювати з ними, розподіляти обов'язки в процесі використання засобів ІКТ для моделювання для досягнення якомога кращого результату. Критерії оцінювання сформованості здатності користуватися засобами ІКТ для моделювання подано у табл. 3.9.

Здатність використовувати методи математичної статистики (ДК31) передбачає наявність системних знань про них, умови та особливості їх застосування, уміння здійснювати грамотне опрацювання результатів, доводити чи спростовувати статистичні гіпотези, усвідомлення ролі математичної статистики в різних сферах людської діяльності та універсальність її методів, впевненість у тому, що ці вміння знадобляться у подальшому житті, налаштування на якомога краще їх опанування, уміння координувати відповідну роботу. Критерії оцінювання сформованості здатності використовувати методи математичної статистики подано у табл. 3.10.

Здатність користуватися засобами ІКТ для опрацювання результатів дослідження та їх презентації (ДК32) передбачає наявність системних знань про необхідний функціонал табличних процесорів, систем комп'ютерної математики, засобів відеоаналізу, специфічних програмних засобів тощо, уміння аргументовано здійснювати добір засобів ІКТ для опрацювання та подання результатів дослідження, розуміння принципів їх роботи, усвідомлення їх переваг і недоліків, володіння навичками самостійної роботи з відомими засобами ІКТ та опанування нових, уміння ефективно організувати групову роботу з використання цих засобів. Критерії оцінювання сформованості здатності користуватися засобами ІКТ для опрацювання результатів дослідження та їх презентації подано у табл. 3.11.

**Критерії оцінювання сформованості здатності
тестувати та налаштовувати обладнання для дослідження (ДК14)**

	не сформовано	низький	середній	високий
К	не володіє методикою добору, тестування та налаштування обладнання для дослідження	володіє окремими складовими методики тестування та налаштування обладнання для дослідження	володіє методикою тестування та налаштування обладнання для дослідження	володіє методикою добору, тестування та налаштування обладнання для дослідження
П	не здатен добирати, тестувати та налаштовувати обладнання для дослідження	вміє правильно обирати режим роботи приладу	тестує та налаштовує обладнання для дослідження	здійснює добір, тестування та за необхідності – налаштування обладнання для дослідження
А	не спрямований здійснювати коректний добір, тестування та налаштування обладнання для дослідження	при роботі з новим обладнанням проявляє цікавість до його тестування, розуміє важливість налаштування окремих типів обладнання для проведення дослідження	усвідомлює важливість добору, тестування та налаштування обладнання для проведення дослідження	налаштований самостійно здійснювати коректний добір, тестування та налаштування обладнання для дослідження
С	не здатен ефективно організувати власну та спільну діяльність з добору, тестування та налаштування обладнання для дослідження	здатен організувати переважно власну діяльність з добору, тестування та налаштування обладнання для дослідження	здатен організувати власну діяльність з добору, тестування та налаштування обладнання для дослідження, бере участь у відповідній спільній діяльності	здатен ефективно організувати власну та спільну діяльність з добору, тестування та налаштування обладнання для дослідження

Таблиця 3.5

Критерії оцінювання сформованості здатності прогнозувати результати дослідження (ДК15)

	не сформовано	низький	середній	високий
К	не має системних знань явищ природи, необхідних для прогнозування результатів дослідження	має базові уявлення про явища природи, недостатні для самостійного адекватного прогнозування результатів дослідження	має системні знання явищ природи, необхідні для прогнозування результатів дослідження	має системні знання явищ природи, достатні для самостійного адекватного прогнозування результатів дослідження, та успішний досвід такої діяльності
П	не використовує наукові методи прогнозування результатів дослідження	здатен адекватно прогнозувати результати дослідження за сторонньої допомоги	здебільшого правильно передбачає найбільш ймовірні результати дослідження	на базі знань про природні явища та особистого досвіду, здатен передбачити результати дослідження, враховуючи можливі варіанти проходження досліду
А	не розуміє ролі прогнозування результатів дослідження, не усвідомлює важливість відповідального підходу до цього етапу дослідження	частково розуміє роль прогнозування результатів наукових досліджень, не налаштований на застосування навичок прогнозування результатів дослідження	розуміє роль прогнозування результатів наукових досліджень, нейтрально налаштований на застосування набутих навичок у навчанні	розуміє, що прогнозування результатів відіграє значну роль при постановці наукових та навчальних досліджень, усвідомлює важливість відповідального підходу до цього етапу дослідження
С	не усвідомлює необхідності взаємодії з вчителем та однокласниками на цьому етапі дослідження, не налаштований на цю взаємодію	здатен організувати переважно індивідуальну роботу з прогнозування результатів дослідження	усвідомлює необхідність взаємодії з вчителем та однокласниками, налаштований на неї, здатен надати допомогу однокласникам	здатен організувати індивідуальну та групову роботу з прогнозування результатів дослідження

Таблиця 3.6

Критерії оцінювання сформованості здатності проводити обчислювальні експерименти (ДК21)

	не сформовано	низький	середній	високий
К	не володіє знаннями, необхідними для проведення обчислювальних експериментів	має уявлення про методи математичного моделювання	знає окремі методи математичного моделювання	має системні знання методів математичного моделювання
П	не має сформованих навичок проведення обчислювальних експериментів	вміє використовувати готові моделі, проводити стандартні розрахунки за зразком	впевнено використовує методи математичного моделювання	вміє аргументовано добирати та використовувати методи математичного моделювання, виходячи з умов конкретної задачі
А	не усвідомлює роль обчислювальних експериментів у сучасному житті	усвідомлює важливість обчислювальних експериментів у сучасній науці, але не вважає, що навички їх проведення можуть знадобитися	розуміє роль обчислювальних експериментів в сучасному житті та позитивно налаштований на їх застосування	розуміє важливість обчислювальних експериментів у сучасному житті, усвідомлює їх переваги й недоліки в порівнянні з натурними експериментами
С	не усвідомлює необхідності взаємодії з однокласниками при проведенні обчислювальних експериментів, не налаштований на таку взаємодію	виконує свою частину обчислювального експерименту, не завжди усвідомлюючи його загальну картину	сумлінно виконує свою частину роботи, за необхідності може допомогти товаришу з суміжною частиною експерименту	вміє організувати групову роботу в рамках обчислювального експерименту та здійснювати координацію цієї роботи

Таблиця 3.7

Критерії оцінювання сформованості здатності використовувати вимірювальні прилади (ДК22)

	не сформовано	низький	середній	високий
К	не володіє знаннями про використувані вимірювальні прилади	називає прилади та їх призначення, знає основні правила під'єднання вимірювальних приладів та зняття показів, в цілому знає правила техніки безпеки	називає прилади та їх призначення, знає правила під'єднання різних видів вимірювальних приладів та зняття показів, знає правила техніки безпеки, усвідомлює, до чого може призвести їх порушення	володіє методами визначення необхідних параметрів приладів та відповідних модифікацій схем дослідів (розрахунок параметрів шунтів тощо), знає правила техніки безпеки, розуміє, чим вони зумовлені
П	вміє використовувати побутові вимірювальні прилади	вміє під'єднувати деякі вимірювальні прилади, знімати покази за зразком (інструкцією) або з допомогою вчителя, дотримується правил техніки безпеки	вміє під'єднувати вимірювальні прилади, фіксувати несправності, знімати покази та оцінювати їх адекватність, свідомо дотримується правил техніки безпеки	вміє добирати доцільні вимірювальні прилади, визначати їх параметри та відповідним чином модифікувати схему досліду, свідомо дотримується правил техніки безпеки
А	не проявляє зацікавленості у роботі з вимірювальними приладами, не вважає здобуті навички потрібними у подальшому	на початку роботи з новими вимірювальними приладами проявляє інтерес до процесу вимірювання, усвідомлює особистісне значення дотримання правил техніки безпеки	розуміє важливість навичок користування вимірювальними приладами у навчанні та в повсякденному житті, проявляє стабільний інтерес до роботи з вимірювальними приладами, усвідомлює значення дотримання правил техніки безпеки	налаштований використовувати широкий спектр вимірювальних приладів у рамках навчальних досліджень, повсякденному житті та в подальшій діяльності, усвідомлює значення дотримання правил техніки безпеки для особистості та колективу, спрямований на запобігання їх порушення

	не сформовано	низький	середній	високий
С	виконує частину вимірювань за допомогою вчителя, не слідує за виконанням правил техніки безпеки при груповій роботі	самостійно виконує свою частину вимірювань, не завжди усвідомлюючи їх внесок, слідує за виконанням правил техніки безпеки при груповій роботі з міркувань особистої безпеки	виконує вимірювання самостійно або у групі, за необхідності може підказати чи допомогти товаришу, слідує за виконанням правил техніки безпеки, контролює, чи дотримуються правил техніки безпеки інші учні	здатен організувати свою роботу та роботу інших членів групи з проведення вимірювань, слідує за виконанням правил техніки безпеки при груповій роботі, контролює, чи дотримуються правил техніки безпеки інші учні

Таблиця 3.8

Критерії оцінювання сформованості здатності користуватися засобами ІКТ для фіксування перебігу дослідження (ДК23)

	не сформовано	низький	середній	високий
К	не володіє знаннями про засоби ІКТ для фіксування перебігу дослідження	знає деякі засоби ІКТ для фіксування перебігу дослідження, їх види	може класифікувати засоби ІКТ для фіксування перебігу дослідження, має уявлення про принцип роботи деяких із них	має системні знання про засоби ІКТ для фіксування перебігу дослідження, здійснює їх аргументований добір у залежності від умов експерименту

	не сформовано	низький	середній	високий
П	не вміє користуватися засобами ІКТ для фіксування перебігу дослідження	користується деякими засобами ІКТ для фіксування перебігу дослідження	впевнено користується більшістю засобів ІКТ для фіксування перебігу дослідження, самостійно здійснює деякі їх налаштування	володіє навичками самостійної роботи з засобами ІКТ для фіксування перебігу дослідження, здійснює їх налаштування, обирає найсприятливіші режими роботи
А	не проявляє інтерес до роботи із засобами ІКТ для фіксування перебігу дослідження	проявляє зацікавленість до самого факту роботи з засобами ІКТ для фіксування перебігу дослідження, не усвідомлюючи переваг їх використання в рамках даного навчального дослідження; інтерес нестійкий	проявляє інтерес до роботи із засобами ІКТ для фіксування перебігу дослідження з метою його якісного проведення та опрацювання	усвідомлює переваги й недоліки засобів ІКТ для фіксування перебігу дослідження, намагається доцільно їх використовувати, сам здатен обґрунтовано пропонувати використати той чи інший засіб, виходячи з умов конкретного дослідження
С	не намагається взаємодіяти з однокласниками, не пропонує й не просить допомоги в роботі з засобами ІКТ для фіксування перебігу дослідження	взаємодіє з однокласниками при використанні засобів ІКТ для фіксування перебігу дослідження лише за безпосередньої вказівки вчителя	надає допомогу товаришам у роботі з засобами ІКТ для фіксування перебігу дослідження, сам звертається за допомогою, коли вона потрібна	вміє розподіляти обов'язки при роботі з засобами ІКТ для фіксування перебігу дослідження таким чином, щоб досягти якомога кращого результату

Таблиця 3.9

Критерії оцінювання сформованості здатності користуватися засобами ІКТ для моделювання (ДК24)

	не сформовано	низький	середній	високий
К	не володіє знаннями про засоби ІКТ для моделювання	знає деякі засоби ІКТ для моделювання, їх види	може класифікувати засоби ІКТ для моделювання, має уявлення про принципи їх роботи	має системні знання про засоби ІКТ для моделювання, здійснює їх аргументований добір для кожного конкретного експерименту, створює за їх допомогою необхідні моделі
П	не вміє користуватися засобами ІКТ для моделювання	користується деякими засобами ІКТ для роботи з готовими моделями	впевнено користується більшістю засобів ІКТ для моделювання в роботі з готовими моделями, може їх змінювати	володіє навичками самостійної роботи з засобами ІКТ для моделювання, може за їх допомогою самостійно розробляти моделі фізичних процесів та явищ, працює з ними
А	не проявляє інтерес до роботи із засобами ІКТ для моделювання	проявляє зацікавленість до самого факту роботи з засобами ІКТ для моделювання, не усвідомлюючи переваг їх використання в рамках даної роботи; інтерес нестійкий	проявляє інтерес до роботи з засобами ІКТ для моделювання з метою отримання особистісно значущих результатів у навчанні	усвідомлює переваги й недоліки засобів ІКТ для моделювання, намагається доцільно їх використовувати, сам здатен обґрунтовано пропонувати використати той чи інший засіб, виходячи з виду моделі
С	не взаємодіє з однокласниками, не пропонує й не просить допомоги в роботі з засобами ІКТ для моделювання	взаємодіє з однокласниками при використанні засобів ІКТ для моделювання лише за безпосередньої вказівки вчителя	надає допомогу товаришам у роботі з засобами ІКТ для моделювання, за потреби сам звертається за допомогою	вміє за потреби розподіляти обов'язки в процесі використання засобів ІКТ для моделювання, щоб досягти якомога кращого результату

Таблиця 3.10

Критерії оцінювання сформованості здатності використовувати методи математичної статистики (ДК31)

	не сформовано	низький	середній	високий
К	не має уявлення про методи математичної статистики	має фрагментарні знання методів математичної статистики	знає деякі методи математичної статистики	знає необхідні методи математичної статистики, умови та особливості їх застосування
П	здатен опрацьовувати статистичні дані, користуючись лише оцінками кількісними характеристиками (більше, менше, зростає, спадає, ...)	здатен опрацьовувати статистичні дані, користуючись елементами математичної статистики	здатен на базі масиву даних визначити найпростіші типи залежностей (пряма пропорційність, обернена пропорційність)	аргументовано добирає методи математичної статистики, здійснює грамотне опрацювання результатів, доводить чи спростовує статистичні гіпотези
А	не розуміє значущості статистичних методів та не має зацікавленості в їх використанні	розуміє значущість статистичних методів для проведення навчальних досліджень, але не має зацікавленості в їх опануванні	розуміє важливість статистичних методів у сучасній науці, мотивований до їх використання у навчальній діяльності	усвідомлює роль статистики в різних сферах людської діяльності, універсальність її методів, впевнений, що ці вміння знадобляться у подальшому, налаштований на якнайкраще їх опанування
С	автономно виконує статистичне опрацювання результатів експерименту	здатен виконувати доручену частину статистичного опрацювання, не цікавиться роботою інших членів групи, не звертається за допомогою, не надає її	виконує свою частину статистичного опрацювання, розуміючи при цьому загальну картину цієї роботи, за необхідності звертається за допомогою та надає її	здатен координувати роботу зі статистичного опрацювання результатів експерименту

Таблиця 3.11

**Критерії оцінювання сформованості здатності користуватися засобами ІКТ
для опрацювання результатів дослідження та їх презентації (ДК32)**

	не сформовано	низький	середній	високий
К	не володіє знаннями про засоби ІКТ для опрацювання та подання результатів дослідження	знає деякі засоби ІКТ для опрацювання та подання результатів дослідження, їх види	знає основні функціональні можливості табличних процесорів, систем комп'ютерної математики, засобів відеоаналізу, специфічних програмних засобів тощо, може класифікувати засоби ІКТ для опрацювання та подання результатів дослідження, має уявлення про принципи їх роботи	має системні знання про функціональні можливості табличних процесорів, систем комп'ютерної математики, засобів відеоаналізу, специфічних програмних засобів тощо, аргументовано здійснює добір засобів ІКТ для опрацювання та подання результатів дослідження, розуміє принципи їх роботи
П	не вміє користуватися засобами ІКТ для опрацювання та подання результатів дослідження	користується деякими засобами ІКТ для опрацювання та подання результатів дослідження	упевнено користується набором функцій більшості засобів ІКТ для опрацювання та подання результатів дослідження, за допомогою вчителя швидко опановує нові для себе засоби	володіє навичками самостійної роботи з засобами ІКТ для опрацювання та подання результатів дослідження, швидко самостійно опановує нові для себе засоби ІКТ для опрацювання та подання результатів

	не сформовано	низький	середній	високий
A	не проявляє інтерес до роботи із засобами ІКТ для опрацювання та подання результатів дослідження	проявляє зацікавленість до самого факту роботи з засобами ІКТ для опрацювання та подання результатів дослідження, не усвідомлюючи переваг їх використання в рамках даного навчального дослідження; інтерес нестійкий	проявляє інтерес до роботи з засобами ІКТ для опрацювання та подання результатів дослідження, сприймаючи їх як потужний засіб швидко й на більш високому рівні виконати одну з найважливіших стадій дослідження, розуміє широкі можливості для використання цих засобів у різних сферах людського життя	усвідомлює переваги й недоліки одних засобів ІКТ для опрацювання та подання результатів дослідження перед іншими, намагається доцільно їх використовувати, сам здатен обґрунтовано пропонувати використати той чи інший засіб, налаштований опанувати їх на якомога вищому рівні
C	не намагається взаємодіяти з однокласниками, не пропонує й не просить допомоги при роботі з засобами ІКТ для опрацювання та подання результатів дослідження, не використовує можливості, які надають такі ІКТ для комунікації та спільної роботи	виконує доручену частину роботи з опрацювання та подання результатів дослідження з використанням засобів ІКТ	надає допомогу товаришам у роботі з засобами ІКТ для опрацювання та презентації результатів дослідження, сам звертається за допомогою, коли вона потрібна, сповна використовує можливості, які надають такі ІКТ для комунікації та спільної роботи	вміє ефективно організувати групову роботу з використання засобів ІКТ для опрацювання та подання результатів дослідження

Здатність робити висновки з одержаних результатів (ДК33) передбачає наявність розвинутого логічного мислення, системних знань явищ природи, умінь аналізувати та оцінювати їх, обґрунтовувати отримані висновки дослідження, тлумачити похибки експерименту, розуміння важливості здатності робити висновки та зацікавленість у її використанні, здатності організувати навчальну комунікацію та стимулювати однокласників до необхідних висновків. Критерії оцінювання сформованості здатності робити висновки з одержаних результатів подано у табл. 3.12.

Здатність оцінювати правдоподібність результатів дослідження (ДК34) передбачає наявність критичного мислення, системних знань явищ природи та теорії похибок, умінь самостійно аналізувати та оцінювати їх, обґрунтовувати правдоподібність отриманих результатів, тлумачити похибки дослідження, навичок групової роботи. Критерії оцінювання сформованості здатності оцінювати правдоподібність результатів дослідження подано у табл. 3.13.

Здатність до вдосконалення комп'ютерної моделі чи натурального експерименту (ДК35) передбачає наявність умінь самостійно виокремлювати важливі в рамках дослідження властивості фізичних процесів та явищ і відповідним чином удосконалювати існуючі моделі та експериментальні установки, розподіляти напрями удосконалення існуючих моделей та експериментальних установок, узагальнювати результати цієї роботи, усвідомлюючи необхідність удосконалення існуючих моделей та експериментальних установок для розвитку наукового знання та саморозвитку. Критерії оцінювання сформованості здатності до вдосконалення комп'ютерної моделі чи натурального експерименту подано у табл. 3.14.

Оцінка рівня сформованості кожної із дослідницьких компетентностей вимагає обґрунтованого вибору не лише рівнів та критеріїв її сформованості, а й визначення внеску: а) кожної складової компетентності (когнітивної, праксеологічної, аксіологічної та соціально-поведінкової) у її сформованість; б) кожної компетентності у сформованість системи дослідницьких компетентностей старшокласників у профільному навчанні фізики (рис. 1.1).

Наступним етапом оцінювання рівня сформованості дослідницьких компетентностей є визначення інтегрованої оцінки рівня сформованості дослідницьких компетентностей. Визначення числового значення рівня сформованості дослідницьких компетентностей виконувалось відповідно до внеску кожної компетентності ДКХУ та її компонентів (K_{XY} , P_{XY} , A_{XY} , C_{XY}) у систему дослідницьких компетентностей старшокласників з фізики (рис. 3.1, табл. 3.15).

Таблиця 3.12

Критерії оцінювання сформованості здатності робити висновки з одержаних результатів (ДК33)

	не сформовано	Низький	середній	високий
К	здатен розпізнати явища природи, але не може системно їх осмислити та дійти висновку навіть з допомогою вчителя	має базові уявлення про природні явища, може пояснити їх зі сторонньою допомогою	уміє пояснювати явища, виявляє знання і розуміння основних закономірностей	має системні знання явищ природи, самостійно, в межах чинної програми, оцінює різноманітні явища, уміє їх аналізувати, має розвинуте логічне мислення
П	не здатен самостійно виявляти закономірності та робити висновки з одержаних результатів	здатен виявляти елементарні закономірності та робити висновки за допомогою вчителя	здатен зробити висновок з кількох посилок, самостійно робить загальні висновки з одержаних результатів	аналізує та обґрунтовує отримані висновки дослідження, тлумачить похибки проведеного експерименту чи спостереження
А	сприймає вміння робити висновки лише як необхідний формальний критерій при оформленні роботи	у цілому розуміє важливість здатності робити висновки, не вмотивований на оволодіння нею, формально підходить до цієї роботи	розуміє важливість здатності робити висновки, налаштований навчитися це робити на певному рівні, який вважає достатнім	розуміє важливість здатності робити висновки, вважає її потрібною в подальшому навчанні та в повсякденні, зацікавлений у її використанні
С	не усвідомлює необхідність взаємодії з вчителем і однокласниками у формулюванні висновків, не налаштований на цю взаємодію, не бере участь в обговоренні	частково усвідомлює необхідність взаємодії з вчителем та однокласниками при формулюванні висновків, не налаштований на таку взаємодію, пасивний при обговоренні	усвідомлює необхідність взаємодії з вчителем та однокласниками при формулюванні висновків, налаштований на неї, бере активну участь в обговоренні	вміє організувати навчальну комунікацію в групі учнів, що дозволить зробити правильні обґрунтовані висновки, може стимулювати однокласників до необхідних висновків

**Критерії оцінювання сформованості
здатності оцінювати правдоподібність результатів дослідження (ДК34)**

	не сформовано	Низький	середній	високий
К	не співвідносить результати дослідження з відомими теоретичними положеннями та досвідом дослідницької діяльності	не співвідносить з відомими теоретичними положеннями результати дослідження, оцінює їх правдоподібність, виходячи з результатів схожих досліджень	співвідносить результати дослідження з відомими теоретичними положеннями та досвідом дослідницької діяльності	має системні знання явищ природи, самостійно оцінює різноманітні явища, аналізує їх, знає природу похибок експерименту
П	не вміє аналізувати отримані результати дослідження, похибки дослідження	аналізує правдоподібність отриманих результатів, виходячи з емпіричного досвіду	базуючись на попередньому досвіді аналізує та обґрунтовує правдоподібність отриманих результатів	аналізує та обґрунтовує правдоподібність отриманих результатів, тлумачить похибки дослідження
А	не бачить необхідності в цьому етапі роботи, не піддає сумніву правильність одержаних результатів	розуміє, що в деяких випадках результати дослідження можуть бути недостовірними, але не приділяє оцінці правдоподібності результатів значної уваги	розуміє, що в деяких випадках результати дослідження можуть бути недостовірними, приділяє увагу оцінці їх правдоподібності	розуміє, що отримані при проведенні роботи дані можуть не точно відображати фізичну дійсність, з'ясовує причини такої розбіжності, приділяє значну увагу оцінці правдоподібності результатів дослідження, може наново переробити дослідження за умови, що той дав неправдоподібні результати

	не сформовано	Низький	середній	високий
С	не взаємодіє з вчителем та однокласниками на при оцінці правдоподібності результатів дослідження, не налаштований на таку взаємодію	за зовнішнього стимулювання взаємодіє з вчителем та однокласниками при оцінці правдоподібності результатів дослідження	усвідомлює необхідність взаємодії з вчителем та однокласниками для адекватної оцінки правдоподібності результатів дослідження, налаштований на неї, здатен за потреби надати допомогу однокласникам	вміє при необхідності організувати групову роботу з аналізу та тлумачення результатів та похибок дослідження, надає допомогу однокласникам

Таблиця 3.14

**Критерії оцінювання сформованості здатності
до вдосконалення комп'ютерної моделі чи натурального експерименту (ДК35)**

	не сформовано	низький	середній	високий
К	не виокремлює важливі в рамках дослідження властивості фізичних процесів та явищ для удосконалення існуючих моделей та експериментальних установок	виходячи з побутових уявлень, пропонує шляхи удосконалення експериментальних установок	може самостійно виокремлювати важливі в рамках дослідження властивості фізичних процесів та явищ, за сторонньої допомоги пропонує шляхи удосконалення існуючих моделей та експериментальних установок	може самостійно виокремлювати важливі в рамках дослідження властивості фізичних процесів та явищ і відповідним чином удосконалювати існуючі моделі та експериментальні установки

	не сформовано	низький	середній	високий
П	не виділяє фактори, що є несуттєвими для результатів дослідження, та фактори, урахування яких здатне покращити його результати	доцільно змінює модель (установку) лише за сторонньої допомоги	за сторонньої допомоги виділяє фактори, що є несуттєвими для результатів дослідження, та фактори, урахування яких здатне покращити результати, і відповідним чином змінює модель (установку)	на підставі проведеного дослідження виділяє фактори, що не є суттєвими для його результатів, та фактори, урахування яких здатне покращити результати, і відповідним чином змінює модель (установку)
А	не усвідомлює можливість та необхідність удосконалення існуючих моделей та експериментальних установок	усвідомлює можливість удосконалення існуючих моделей та експериментальних установок, не усвідомлює необхідність таких дій	усвідомлює необхідність удосконалення існуючих моделей та експериментальних установок для розвитку наукового знання	усвідомлює необхідність удосконалення існуючих моделей та експериментальних установок для розвитку наукового знання та саморозвитку
С	не намагається взаємодіяти з однокласниками, не пропонує й не просить допомоги при вдосконаленні існуючих моделей та експериментальних установок, навіть коли її потребує	виконує свою частину дій з вдосконалення існуючих моделей та експериментальних установок, надає результати на вимогу	надає допомогу товаришам за різними напрямками вдосконалення існуючих моделей та експериментальних установок, за необхідності звертається за допомогою	вміє розподіляти напрями вдосконалення існуючих моделей та експериментальних установок, узагальнює результати цієї роботи

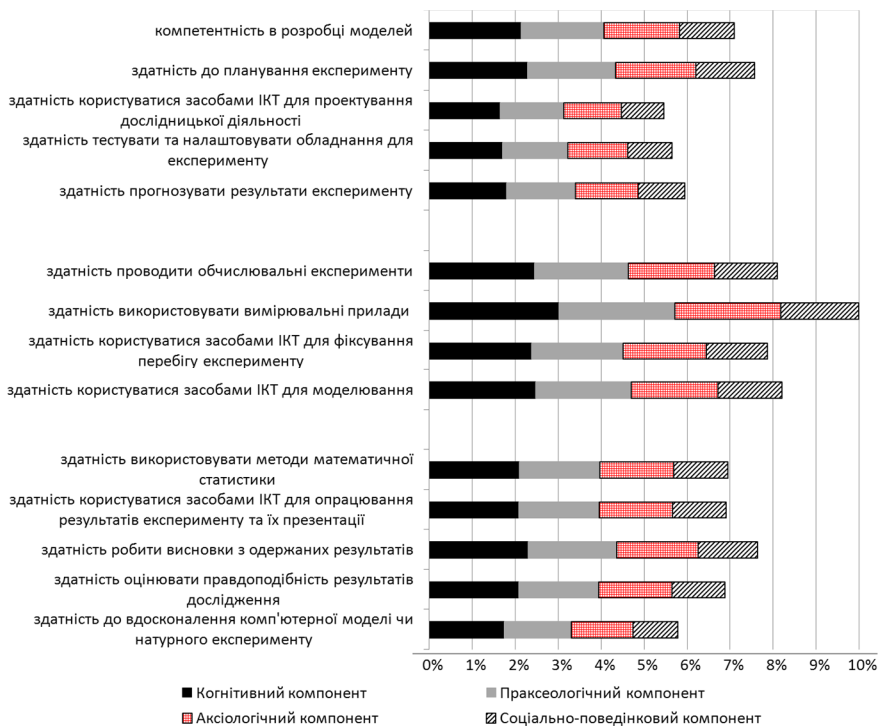


Рис. 3.1. Внесок кожної компетентності та її компонентів у систему дослідницьких компетентностей старшокласників з фізики

Обчислення числового значення $V(ДКХУ)$ рівня сформованості дослідницької компетентності ДКХУ виконувалось за формулою:

$$V(ДКХУ) = 4(V_K K_{ХУ} + V_P П_{ХУ} + V_A A_{ХУ} + V_C C_{ХУ}),$$

де

$K_{ХУ}$, $П_{ХУ}$, $A_{ХУ}$, $C_{ХУ}$ – вагові коефіцієнти когнітивного, праксеологічного, аксіологічного та соціально-поведінкового компонентів компетентності ДКХУ відповідно;

V_K , V_P , V_A , V_C – відповідні числові значення рівня їх сформованості (0 – рівень несформованості, 1 – низький рівень сформованості, 2 – середній рівень сформованості, 3 – високий рівень сформованості);

4 – коефіцієнт для переведення у 12-бальну шкалу.

Відповідність між оцінкою за 12-бальною шкалою та рівнем сформованості встановлюється у такий спосіб: 0-3 бали – рівень несформованості, 4-6 балів – низький, 7-9 балів – середній, 10-12 – високий.

Таблиця 3.15

Вагові коефіцієнти для визначення числового значення рівня сформованості дослідницьких компетентностей старшокласників у профільному навчанні фізики

Компонент Шифр компетентності	когнітивний (К)	праксеологічний (П)	аксіологічний (А)	соціально-поведінковий (С)
ДК11	2,15%	1,92%	1,75%	1,28%
ДК12	2,29%	2,04%	1,87%	1,37%
ДК13	1,65%	1,47%	1,35%	0,99%
ДК14	1,70%	1,52%	1,39%	1,02%
ДК15	1,79%	1,60%	1,47%	1,07%
ДК21	2,45%	2,18%	2,00%	1,46%
ДК22	3,02%	2,69%	2,47%	1,80%
ДК23	2,38%	2,12%	1,94%	1,42%
ДК24	2,48%	2,21%	2,03%	1,48%
ДК31	2,10%	1,87%	1,71%	1,25%
ДК32	2,09%	1,86%	1,71%	1,25%
ДК33	2,31%	2,06%	1,89%	1,38%
ДК34	2,08%	1,86%	1,70%	1,24%
ДК35	1,75%	1,56%	1,43%	1,05%

Числова оцінка рівня сформованості системи дослідницьких компетентностей (СДК) старшокласників у профільному навчанні фізики $V(\text{СДК})$ здійснювалась за формулою:

$$V(\text{СДК}) = \sum_{XY} V(\text{ДКХУ}).$$

Таким чином, визначення рівня сформованості дослідницьких компетентностей старшокласників з фізики передбачає необхідність оцінити рівень сформованості 56 компонентів (14 компетентностей, по 4 компоненти в кожній). Причому, деякі з них (аксіологічні, соціально-поведінкові) можуть бути оцінені вчителем лише в процесі спостереження за навчально-дослідницькою діяльністю учнів. Така оцінка є якісною. Здійснювати її можна за матрицями компетентностей (критеріями сформованості компетентностей, наведеними у табл. 3.1-3.14), користуючись 4-бальною шкалою (0 – рівень несформованості; 1 –

низький рівень сформованості; 2 – середній рівень сформованості; 3 – високий рівень сформованості).

Матриці компетентностей надають можливість у повній мірі оцінити рівень сформованості дослідницьких компетентностей старшокласників з фізики, однак є громіздким і не надто зручним для використання інструментом. Також до недоліків використання матриць компетентностей слід віднести їх суб'єктивний характер (оцінка формується на основі вражень вчителя від спостереження за діяльністю учнів), недостатню мобільність (оцінювання може виконати лише людина, яка протягом значного проміжку часу здійснювала спостереження за навчально-дослідницькою діяльністю учнів – вчитель фізики, керівник спеціалізованого гуртка чи, можливо, лаборант) та неможливість здійснення швидкого оцінювання. Усі ці недоліки суттєво утруднюють використання матриць компетентностей для здійснення вхідного оцінювання рівня сформованості дослідницьких компетентностей старшокласників з фізики.

Тому постає проблема розробки засобу оцінювання рівня сформованості дослідницьких компетентностей старшокласників з фізики, який дозволяв би, зокрема, здійснити вхідне оцінювання, надавав би більшу мобільність та мінімізував би залежність від особистості того, хто здійснює оцінювання.

Серед дослідницьких компетентностей є базові, формування яких відбувається неперервно у навчанні фізики, та ІКТ-орієнтовані, формування яких відбувається лише за умови використання при проведенні навчальних досліджень відповідних засобів ІКТ. Причому кожна ІКТ-орієнтована компетентність фактично є своєрідною надбудовою над певною базовою компетентністю (здатність користуватися засобами ІКТ для проектування дослідницької діяльності – над здатністю до планування дослідження; здатність користуватися засобами ІКТ для моделювання – над здатністю проводити обчислювальні експерименти; здатність користуватися засобами ІКТ для фіксування перебігу дослідження – над здатністю використовувати вимірювальні прилади; здатність користуватися засобами ІКТ для фіксування перебігу дослідження – над здатністю використовувати вимірювальні прилади). Тому для здійснення оцінювання рівня сформованості дослідницьких компетентностей старшокласників з фізики слід насамперед провести анкетування, яке б показало рівень володіння учнями відповідними засобами ІКТ. Оскільки до системи дослідницьких компетентностей старшокласників з фізики входять чотири ІКТ-орієнтовані компетентності, то достатньо, щоб анкета містила питання, наведені нижче.

1. Назвіть відомі Вам програмні засоби, що можуть бути застосовані для проектування (планування) дослідницької діяльності з фізики. Якщо такі засоби Вам невідомі, залиште поле для відповіді порожнім.

2. Назвіть відомі Вам засоби, що можуть бути застосовані для фіксування (запису) перебігу дослідження. Якщо такі засоби Вам невідомі, залиште поле для відповіді порожнім.

3. Назвіть відомі Вам програмні засоби, що можуть бути застосовані для моделювання фізичних явищ. Якщо такі засоби Вам невідомі, залиште поле для відповіді порожнім.

4. Назвіть відомі Вам програмні засоби, що можуть бути застосовані для опрацювання результатів фізичного дослідження та їх презентації. Якщо такі засоби Вам невідомі, залиште поле для відповіді порожнім.

Метою даної анкети є виявлення необхідності у вхідному діагностуванні рівня сформованості тих дослідницьких компетентностей, що виступають ІКТ-надбудовами над іншими дослідницькими компетентностями. У випадку, коли учень не знайомий із певним класом ПЗ, діагностування рівня сформованості відповідної йому ІКТ-надбудованої дослідницької компетентності не має сенсу, а результати анкетування можуть бути використані для коригування процесу навчання з метою початкового ознайомлення із відповідними ПЗ. Таким чином, початковому діагностуванню підлягають лише базові дослідницькі компетентності, а для ІКТ-надбудованих у випадку неознайомленості учня із засобом можна обрати рівень несформованості, у інших випадках – середній рівень.

Одним із найбільш зручних інструментів оцінювання є тестування, оскільки його результати легко піддаються формалізації та подальшому опрацюванню. Однак, оскільки система дослідницьких компетентностей старшокласників з фізики відображає готовність та здатність до здійснення відповідної навчально-дослідницької діяльності, то й рівень сформованості цих компетентностей можна оцінити лише в процесі цієї діяльності. В рамках тестування неможливо повністю імітувати навчально-дослідницьку діяльність, але для деяких компетентностей можливо дібрати завдання різного рівня складності, спрямовані на перевірку володіння певними елементами діяльності, провідної для даної компетентності.

Для добору завдань використовувались джерела, що пройшли відповідну апробацію (зокрема, [33] та [40]); окремі задачі були розроблені автором дослідження. Слід також урахувати, що для зручності проведення тестування час, відведений на виконання тесту

учнями, не має перевищувати тривалість уроку. Тестування, яке ми пропонуємо використовувати для визначення рівня сформованості дослідницьких компетентностей старшокласників з фізики, розраховане на 30 хвилин та містить завдання, наведені нижче. Їх розв'язки подано у додатку А.

1. Позначте варіанти правильного підключення приладів.

2. Перед Вами стоїть задача змоделювати рух штучного супутника Землі. Вкажіть, які взаємодії Ви врахуєте в своїй моделі (дії яких сил є суттєвими при розв'язуванні цієї задачі).

<input type="checkbox"/>	Сила Архімеда
<input type="checkbox"/>	Сила опору повітря
<input type="checkbox"/>	Сила тяжіння з боку Землі ($F=mg$)
<input type="checkbox"/>	Сила тяжіння з боку Місяця
<input type="checkbox"/>	Сила тяжіння з боку Сонця
<input type="checkbox"/>	Гравітаційна сила з боку Землі $\left(F = G \frac{M_1 M_2}{r^2} \right)$
<input type="checkbox"/>	Гравітаційна сила з боку Місяця
<input type="checkbox"/>	Гравітаційна сила з боку Сонця
<input type="checkbox"/>	Сила тиску сонячного світла

3. На поверхні води плаває дерев'яна кулька. Як зміниться

глибина занурення кульки, якщо густина повітря над нею збільшиться? Вкажіть, яка сила (чи декілька сил) стала причиною такої поведінки кульки.

<input type="checkbox"/>	Кулька зануриться глибше
<input type="checkbox"/>	Кулька підніметься над поверхнею води
<input type="checkbox"/>	Глибина занурення кульки не зміниться

4. Вимірювання прискорення вільного падіння різними способами дали такі значення. Позначте той ряд значень, який, на Вашу думку, відповідає найкращому способу. Якщо можете, прокоментуйте свій вибір.

<input type="checkbox"/>	10,26 м/с ² ; 9,36 м/с ²
<input type="checkbox"/>	10,00 м/с ² ; 10,05 м/с ² ; 9,97 м/с ² ; 13,21 м/с ² ; 9,95 м/с ²
<input type="checkbox"/>	9,78 м/с ² ; 9,62 м/с ² ; 10,02 м/с ² ; 9,99 м/с ²

5. Учень досліджує рух тіла. Отримані ним дані подані в таблиці. Зробіть Ваші припущення про характер цього руху.

Час, с	0,5	1	1,5	2	3	4	5	7
Координата x , м	17,5	35,4	53,0	70,7	106,0	141,4	176,8	247,5
Координата y , м	16,5	30,4	42,0	51,0	61,9	63,0	54,2	7,1

6. Учень провів експеримент з визначення коефіцієнту пружності пружини. При цьому відомо, що частину вимірювань учень провів насправді, а частину фальсифікував. Позначте ті результати, які, на Вашу думку, були «підроблені» учнем.

	Маса тягарців (m), г	Видовження пружини (Δx), мм
<input type="checkbox"/>	100	6
<input type="checkbox"/>	200	10
<input type="checkbox"/>	300	14
<input type="checkbox"/>	400	16
<input type="checkbox"/>	500	24
<input type="checkbox"/>	600	29
<input type="checkbox"/>	700	40
<input type="checkbox"/>	800	42
<input type="checkbox"/>	900	47
<input type="checkbox"/>	1000	57

7. При проведенні лабораторної роботи з дослідження прискорення вільного падіння учень однією рукою кидає кульку з висоти 1,5 метри, а іншою вимірює час за допомогою секундоміру. Він запускає секундомір, коли відпускає кульку та зупиняє його в момент удару кульки об підлогу. Середнє значення прискорення вільного падіння, вираховане за результатами такого дослідження дорівнювало 11,2 м/с². Запропонуйте шляхи підвищення точності такого

експерименту.

8. У Вашому розпорядженні є терези (ваги з коромислом) та динамометр з набором тягарців, вага кожного з яких має бути 1 Н. Опишіть, яким чином Ви підготуєте обладнання для проведення досліду.

9. Поштові голуби здатні знаходити свою домівку, незважаючи на значні відстані та проміжки часу. Наразі точно невідомий механізм, за допомогою якого їм це вдається. Запропонуйте схему досліду, який дозволяв би перевірити, чи пов'язано це явище зі здатністю птахів запам'ятовувати шлях.

Завдання складені таким чином, що кожне з них містить здебільшого елементи провідної діяльності, характерної для однієї дослідницької компетентності. Таким чином, виникає можливість співвіднести одне завдання тесту з однією дослідницькою компетентністю. Так, перше завдання надає можливість оцінити рівень сформованості здатності використовувати вимірювальні прилади (ДК22); друге – компетентності з розробки моделей (ДК11); третє – здатності прогнозувати результати дослідження (ДК15); четверте – здатності використовувати методи математичної статистики (ДК31); п'яте – здатності робити висновки з одержаних результатів (ДК33); шосте – здатності оцінювати правдоподібність результатів дослідження (ДК34); сьоме – здатності до вдосконалення комп'ютерної моделі чи натурального експерименту (ДК35); восьме – здатності тестувати та налаштовувати обладнання для дослідження (ДК14); дев'яте – здатності до планування дослідження (ДК12).

При оцінюванні учень отримував оцінку від 0 до 1 в залежності від повноти виконаної роботи. У шкалі «1» відповідає повністю виконаній роботі, «0» – роботі, до виконання якої учень не приступив. Також проставляються проміжні оцінки, що відповідають частці виконаної роботи. Далі оцінка за кожне завдання була помножена на відсотковий коефіцієнт, що відповідає внеску компетентності, провідної для даного завдання (рис. 3.1). Сума оцінок нормується на 100 % з урахуванням того, що оцінці підлягали 9 із 14 компетентностей системи.

Слід розуміти, що таке тестування надає можливість оцінити лише когнітивну та праксеологічну складові компетентностей. Крім того, більшість завдань тесту побудовані таким чином, що надають змогу виявити розбіжності в рівні сформованості компетентностей для тих випадків, коли він є низьким.

Задля того ж, щоб більш точно оцінити рівень сформованості дослідницьких компетентностей старшокласників з фізики на середньому та високому рівні, доцільно запропонувати учням навчальне

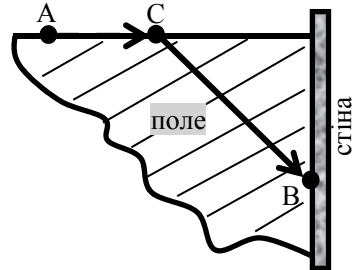
дослідження, сформульоване у вигляді творчої задачі. Декілька творчих задач можуть бути об'єднані в контрольну роботу та запропоновані учням на додачу до анкети та тестування, наприклад, у формі домашньої контрольної роботи. Нижче наведено приклад такої контрольної роботи, а у додатку Б – вказівки до розв'язування її завдань.

1. У Вашому розпорядженні є резистор невідомого опору, два шкільних вольтметри та стара на вигляд батарейка «Крона». На першому вольтметрі стоїть маркування «– 6 В, 6 кОм», на другому – «– 2 В, 200 Ом». Ваша задача – визначити опір резистора. Опишіть послідовність своїх дій. Виконайте рисунки електричних схем.

2. Визначте експериментально швидкість кулі, що вилетіла з пружинного пістолету. Придумайте найбільш підходящий експеримент та опишіть його.

3. Один винахідник запропонував такий спосіб вимірювання швидкості корабля. В каюті до стелі підвішено тягарець на нитці. За задумом винахідника, в стані спокою висок має розміщуватись вертикально, а при русі корабля – під кутом до горизонту. За кутом нахилу виска винахідник запропонував вимірювати швидкість корабля. Прорецензуйте цей проект.

4. Пішохід, йдучи по тротуару, проходить 1,5 м за 1 с, а по ораному ґрунті – 0,9 м за 1 с. Він вийшов з точки А, що знаходиться на відстані 42 м від стіни, й рухається до точки В, що знаходиться на 36 м південніше вздовж стіни. Визначте найменший час, необхідний пішоходу для того, щоб дістатися з точки А в точку В.



Четверте завдання контрольної роботи може бути розв'язано як шляхом аналогового моделювання (з використанням законів заломлення світла), так й шляхом побудови математичної моделі задачі оптимізації та проведення відповідного обчислювального експерименту (з використанням чисельних методів). Останнє надає можливість оцінити рівень сформованості здатності до проведення таких експериментів, оцінювання якої засобами, відмінними від матриць компетентностей, не передбачається.

Таким чином, для визначення рівня сформованості дослідницьких компетентностей старшокласників з фізики пропонуємо використовувати трикомпонентну систему оцінювання, яка складається з *анкетування*, спрямованого на з'ясування факту сформованості чи несформованості в учнів ІКТ-орієнтованих компетентностей; *тестування*, яке має на меті виявлення в першому наближенні рівня

сформованості базових дослідницьких компетентностей та *домашньої контрольної роботи*, за допомогою якої здійснюється уточнення рівня сформованості дослідницьких компетентностей старшокласників на середньому та високому рівнях.

Рівень сформованості дослідницьких компетентностей старшокласників з фізики за трикомпонентною системою оцінювання визначається за шкалою, наведеною у таблиці 3.16.

Таблиця 3.16

Визначення рівня сформованості дослідницьких компетентностей старшокласників з фізики за трикомпонентною системою оцінювання

Рівень сформованості дослідницьких компетентностей	Бали (у відсотках)
рівень несформованості	[0 %; 10 %)
низький рівень	[10 %; 40 %)
середній рівень	[40 %; 70 %)
високий рівень	[70 %; 100 %]

Отже, для вхідного оцінювання рівня сформованості дослідницьких компетентностей старшокласників з фізики, на нашу думку, доцільно використовувати трикомпонентну систему оцінювання. Її використання надає змогу побачити як вхідний рівень сформованості системи дослідницьких компетентностей, так і «проблемні місця» – компетентності, що сформовані гірше за інші. Також трикомпонентна система оцінювання надає певні уявлення про рівень володіння учнями класами ПЗ, застосування яких є корисним при виконанні навчальних фізичних досліджень. Таким чином, результати вхідного оцінювання, виконаного з використанням трикомпонентної системи оцінювання, надають вчителю дані, необхідні для того, щоб більш ефективно спланувати роботу з формування дослідницьких компетентностей старшокласників.

Для моніторингу ж рівня сформованості дослідницьких компетентностей у процесі їх формування доцільнішим є використання матриць компетентностей, оскільки вони дозволяють отримати більш повну картину сформованості системи дослідницьких компетентностей, адже охоплюють всі компетентності та містять критерії оцінювання кожного компоненту кожної з них. Використання матриць компетентностей для оцінювання рівня сформованості дослідницьких компетентностей старшокласників з фізики є досить громіздким процесом, що потребує значних часових витрат, та має виконуватись паралельно з процесом навчання фізики.

Тому нами запропоновано засіб фіксації рівня розвитку дослідницьких компетентностей учнів: електронний журнал моніторингу дослідницьких компетентностей учнів, що містить перелік дослідницьких компетентностей, опис компонентів, критеріїв та рівнів їх сформованості у вигляді матриць компетентностей, перелік учнів, сторінки для фіксування рівня сформованості компонентів дослідницьких компетентностей (рис. 3.2).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1		Прізвище, ім'я	ДК11	ДК12	ДК13	ДК14	ДК15	ДК21	ДК22	ДК23	ДК24	ДК31	ДК32	ДК33	ДК34	ДК35	Оцінка		
3		1	Аноцька Валерія	К	0	1	0	1	0	1	1	1	0	2	2	1	1	0	
4	П			0	2	0	1	0	2	1	2	0	2	2	2	1	1	0	
5	А			0	3	0	1	0	2	2	3	2	1	3	3	1	1	0	4.49
6	С			0	3	0	2	0	1	3	2	0	3	2	3	2	0		
7		2	Антощенко Дмитро	К	1	2	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	2	0	
8	П			1	2	0	1	1	1	1	1	0	1	2	1	2	0		
9	А			2	0	0	2	0	1	2	2	0	1	3	2	2	0	4.21	
10	С			3	1	0	2	1	1	2	2	1	2	1	3	2	0		
11		3	Башинська Катерина	К	2	2	0	1	1	0	1	2	0	2	2	3	3	1	
12	П			1	2	0	1	1	1	1	1	1	2	1	3	3	1		
13	А			1	1	0	1	0	0	1	3	1	2	2	1	1	1		
14	С			1	1	0	1	1	1	2	2	0	3	2	2	2	0	4.98	
15		4	Богун Михайло	К	2	3	1	3	2	2	3	1	1	3	2	3	2	1	
16	П			2	3	0	2	1	2	3	1	1	2	2	3	3	2		
17	А			2	2	2	2	1	1	3	2	2	2	3	2	2	2	7.69	
18	С			3	3	0	1	1	2	3	2	2	2	3	3	2	3	1	
19				К	0	1	1	1	0	1	1	2	1	1	1	0	1	0	

Рис. 3.2. Фрагмент електронного журналу моніторингу дослідницьких компетентностей учнів

Оскільки математичні дії, необхідні для оцінювання рівня сформованості дослідницьких компетентностей старшокласників з фізики, є шаблонними, то доцільним середовищем реалізації такого журналу є електронні таблиці. Використання ж однієї з хмарних реалізацій електронних таблиць (на рис. 3.2 – це Google Sheets) суттєво збільшує просторову, засобову, навчальну мобільність та надає всі переваги, властиві засобам хмарних технологій.

Такий електронний журнал може виступати не лише засобом моніторингу, а й засобом оцінювання рівня сформованості дослідницьких компетентностей. Цей засіб потрібен, адже слід розуміти, що оцінки за традиційні види діяльності при вивченні шкільного курсу фізики (в тому числі оцінки за виконання лабораторних робіт та робіт фізичного практикуму) не показують рівень сформованості дослідницьких компетентностей, адже враховують лише когнітивний та праксеологічний компоненти.

Постійний же моніторинг рівня сформованості дослідницьких компетентностей надає вчителю можливість оперативного корегувати навчально-дослідницьку діяльність учнів, зокрема, при визначенні індивідуальних ролей та завдань при виконанні групових проєктів.

4. АЛГОРИТМ ФОРМУВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ СТАРШОКЛАСНИКІВ У ПРОФІЛЬНОМУ НАВЧАННІ ФІЗИКИ

1. Перш за все необхідно провести вхідне оцінювання наявного рівня сформованості дослідницьких компетентностей учнів, з якими належить працювати. Для цього радимо використовувати трикомпонентну систему, описану на сторінках 69-75 цього посібника. Зразок завдань наведено у третьому розділі на сторінках 71-74, а ключі до їх розв'язання – у додатках А, Б. Як джерело натхнення можна використовувати наявні збірники творчих та дослідницьких завдань з фізики (зокрема, [33]), але врахуйте при цьому, що кожне завдання тестової чи контрольної роботи має відповідати конкретній дослідницькій компетентності.

2. Опрацювання результатів вхідного оцінювання надає можливість виявити не лише початковий рівень сформованості дослідницьких компетентностей, а й структуру цієї системи кожного учня, його сильні й слабкі сторони. Ці дані мають бути використані вчителем для коригування майбутньої навчально-дослідницької роботи учнів. Зокрема, це має допомогти вчителю визначитися з тими особистісно зорієнтованими засобами, які він планує використовувати, спланувати, де і в якій мірі їх використовувати, розставити акценти; визначити компетентності, формуванню яких в першу чергу варто приділити увагу.

3. Формування дослідницьких компетентностей старшокласників з фізики може відбуватися як при вивченні шкільного курсу фізики (перш за все під час лабораторних робіт та робіт фізичного практикуму), так і при виконанні учнями дослідницьких проектів у позаурочній роботі. Використання засобів хмарних технологій при проведенні лабораторних робіт надає можливість поліпшити ґрунтовність їх виконання учнями за рахунок винесення частини роботи, що не вимагає наявності лабораторного обладнання (теоретична підготовка до роботи, проходження оцінювання рівня підготовленості до роботи, опрацювання результатів тощо) за межі фізичної лабораторії на домашнє опрацювання, що вивільнить лабораторний час та надасть можливість більш ефективного його використання. Оптимальним варіантом є той, коли вчитель керує груповими учнівськими проектами й здатен систематично здійснювати педагогічний вплив як у рамках шкільного навчання, так і при виконанні учнями власних проектів. Групові проекти особливо ефективні у формуванні соціально-поведінкової складової дослідницьких компетентностей. На етапі формування вчитель сам визначає, в якій мірі які засоби хмарних технологій йому

використовувати. Непоганою ідеєю також було б прислухатися до побажань учнів щодо використовуваних засобів. Протягом усього процесу формування дослідницьких компетентностей обов'язковим є здійснення моніторингу, наприклад, з використанням електронного журналу моніторингу, описаного на с. 76 з урахуванням матриць компетентностей (с. 47-66).

4. Підсумковий рівень сформованості дослідницьких компетентностей також визначається за електронним журналом моніторингу дослідницьких компетентностей учнів.

Шаблон електронного журналу моніторингу рівня сформованості дослідницьких компетентностей учнів, розрахункову таблицю для його визначення за трикомпонентною системою та деякі інші матеріали можна знайти в електронному репозитарії <http://physics.ccjournals.eu>.

ПІСЛЯМОВА

У цьому посібнику наведено загальні рекомендації щодо використання засобів хмарних технологій у процесі формування дослідницьких компетентностей учнів у профільному навчанні фізики. Цей процес має бути варіативним, а той, хто їм керує – учитель – повинен максимально враховувати індивідуальні особливості учнів, тому посібник не містить готових «рецептів» (деякі приклади навчальних досліджень можна знайти в електронному репозитарії за адресою <http://physics.ccjournals.eu>). Необхідною умовою високого рівня сформованості дослідницьких компетентностей учнів, на наше переконання, є спільна творчість вчителя та учнів. Тут запропоновано лише набір інструментів, використання яких здатне підвищити ефективність роботи з формування дослідницьких компетентностей старшокласників у профільному навчанні фізики. Щодо способів використання цих інструментів, то вони можуть суттєво відрізнятись у залежності від того, яке саме дослідження виконується.

Посібник може стати в нагоді для вчителів не лише фізики, а й інших природничих дисциплін. Так, для більшості цих дисциплін система дослідницьких компетентностей зазнає змін здебільшого в змістовій частині, в цілому зберігши структуру. Використання засобів хмарних технологій широкого призначення (електронні органайзери, засоби контент-аналізу, лабораторні журнали, медіа-редактори, мови програмування та бібліотеки, ПЗ для захоплення чи запису відео, аудіо тощо ПЗ побудови діаграм зв'язків, станів, класів, об'єктів тощо, ПЗ управління проектами, редактори презентацій, системи комп'ютерної математики, статистичні пакети, табличні процесори, текстові процесори) для підтримки навальних досліджень з інших природничих дисциплін є практично таким самим, як і для підтримки навчальних фізичних досліджень. А спеціалізовані фізичні засоби хмарних технологій (віртуальні лабораторії, віртуальні тренажери, ПЗ моделювання фізичних процесів) часто можуть бути замінені аналогічними засобами для іншої природничої дисципліни. Засоби моніторингу та діагностики рівня сформованості дослідницьких компетентностей також можуть бути без змін використані при навчанні інших природничих дисциплін.

Зауваження та побажання будуть прийняті із вдячністю за адресою avm@ccjournals.eu. Чекаємо на запитання на форумі за адресою <http://physics.ccjournals.eu>.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Aleksandrova A. Using video analysis to investigate conservation impulse and mechanical energy laws / Aleksandrija Aleksandrova, Nadezhda Nancheva // Methodologies and Tools of the Modern (e-) Learning : Supplement to the International Journal «INFORMATION TECHNOLOGIES & KNOWLEDGE» Volume 2/2008 / Krassimir Markov, Krassimira Ivanova, Ilia Mitov (ed.). – Sofia : FOI ITHEA, 2008. – (Information Science and Computing. Number 6). – P. 91-96.
2. Beichner R. J. Video Graph: A New Way to Study Kinematics / Robert J. Beichner, Michael J. DeMarco, David J. Etestad, and Edward Gleason // The Conference on Computers in Physics Instruction : Proceedings (Raleigh, North Carolina, August 1-5, 1988) / Edited by Edward F. Redish and John S. Risley. – Redwood : Addison-Wesley Publishing Company, The Advanced Book Program, 1990. – P. 244-245.
3. Bothun G. D. Virtual Laboratory (University of Oregon) [Electronic resource] / Gregory Bothun, Sean Russell, Amy Hulse // Computers in Physics. – AIP Publishing. – January 1998. – Volume 12, Issue 1. – 2 p. – Access mode :
<http://scitation.aip.org/deliver/fulltext/aip/journal/cip/12/1/1.168650.pdf>.
4. Branson R. K. Formative Evaluation Procedures Used in Designing a Multi-Media Physics Course : materials of Annual Meeting of the American Educational Research Association / Robert K. Branson. – New York, February 1971. – 20 p.
5. Branson R. K. Interservice Procedures for Instructional Systems Development. Executive Summary and Model : Final rept. 25 Jun 1973-31 Dec 1975 / Robert K. Branson, Gail T. Rayner, J. Lamarr Cox, John P. Furman, F. J. King. – Tallahassee : Florida State University, Center for Educational Technology. – 1975. – 185 p.
6. Brungardt J. B. Influence of interactive videodisc instruction using simultaneous-time analysis on kinematics graphing skills of high school physics students / John B. Brungardt, Dean Zollman // Journal of Research in Science Teaching. – 1995. – October. – Volume 32, Issue 8. – P. 855-869.
7. Bryan J. A. Investigating the conservation of mechanical energy using video analysis: four cases / J. A. Bryan // Physics Education. – 2010. – No 4. – P. 50-57.
8. Carlson E. H. An Example of «Task Management» in Constructing a Computer Program / Edward H. Carlson // The Conference on Computers in Physics Instruction : Proceedings (Raleigh, North Carolina, August 1-5, 1988) / Edited by Edward F. Redish and

- John S. Risley. – Redwood : Addison-Wesley Publishing Company, The Advanced Book Program, 1990. – P. 400-402.
9. Checinski M. P. Using FireFly in Education and Research at Home [Electronic resource] / M. Checinski. – 34 p. – Access mode : <http://classic.chem.msu.su/gran/games/marek/en/docs/PCG-Tutorial-Usage.pdf>.
 10. Computer Physics Communications Program Library [Electronic resource]. – Access mode : <http://www.cpc.cs.qub.ac.uk/>
 11. Esquembre F. Computers in Physics Education [Electronic resource] / Francisco Esquembre // Computer Physics Communications. – Amsterdam : North-Holland, 1 august 2002. – Vol. 147, Issue 1. – P. 13-18. – Access mode : <http://colos.inf.um.es/DiseGrafSimula/Docs/Article%20Esquembre.pdf>.
 12. Kimel J. D. Microcomputer-Based Integrated Statistics, Analysis, and Graphics Software for Introductory Physics Laboratories / J. D. Kimel // The Conference on Computers in Physics Instruction : Proceedings (Raleigh, North Carolina, August 1-5, 1988) / Edited by Edward F. Redish and John S. Risley. – Redwood : Addison-Wesley Publishing Company, The Advanced Book Program, 1990. – P. 251-253.
 13. Laws P. W. Visual Photogate Timing and Graphical Data Analysis / Priscilla Laws and John Luetzelschwab // The Conference on Computers in Physics Instruction : Proceedings (Raleigh, North Carolina, August 1-5, 1988) / Edited by Edward F. Redish and John S. Risley. – Redwood : Addison-Wesley Publishing Company, The Advanced Book Program, 1990. – P. 240-241.
 14. Misner Ch. W. Spreadsheets in Research and Instruction / Charles W. Misner // The Conference on Computers in Physics Instruction : Proceedings (Raleigh, North Carolina, August 1-5, 1988) / Edited by Edward F. Redish and John S. Risley. – Redwood : Addison-Wesley Publishing Company, The Advanced Book Program, 1990. – P. 382-398.
 15. Nave C. R. Laboratories in Sound Analysis Using Fast Fourier Transforms / Carl R. Nave, Darrell L. Bell // The Conference on Computers in Physics Instruction : Proceedings (Raleigh, North Carolina, August 1-5, 1988) / Edited by Edward F. Redish and John S. Risley. – Redwood : Addison-Wesley Publishing Company, The Advanced Book Program, 1990. – P. 236-237.
 16. Rodriguez B. Advanced Physic Using Handhelds [Electronic resource] / Bill Rodriguez // Palm™ Education Pioneers Program : Final Evaluation Report / Prepared by : Phil Vahey, Valerie Crawford. – Palm. – P. 43. – Access mode : http://palmgrants.sri.com/PEP_Final_Report.pdf.

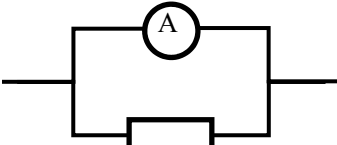
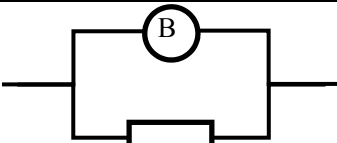

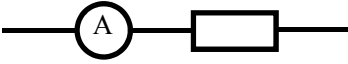
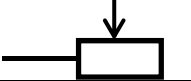
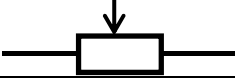
17. Simulation programs for physics education using virtual reality technique / Jong-Heon Kim, Sang-Tae Park, Heebok Lee, Keun-Cheol Yuk, Heeman Lee // Teaching and Learning of Physics in Cultural Contexts : Proceedings of the International Conference on Physics Education in Cultural Contexts / Editor : Park Yunebae. – World Scientific Pub Co Inc, 2004. – P. 401-408.
18. Weyer S. A. As We May Learn / Stephen A. Weyer // Learning Tomorrow : Journal of the Apple Education Advisory Council / Managing Editors : Sueann Ambron, Kristina Hooper. – Cupertino : Apple Computer, Spring 1987. – [vol.] 3 : Multimedia in Education : Proceedings of an Invitational Conference on Multimedia in Education (Cupertino, California, June 19-20, 1986). – P. 89-109.
19. Yankelovich N. Issues in Designing a Hypermedia Document System: The Intemedia Case Study / Nicole Yankelovich, Karen E. Smith, L. Nancy Garrett, Norman Meyrowitz // Learning Tomorrow : Journal of the Apple Education Advisory Council / Managing Editors : Sueann Ambron, Kristina Hooper – Cupertino : Apple Computer, Spring 1987. – [vol.] 3 : Multimedia in Education : Proceedings of an Invitational Conference on Multimedia in Education (Cupertino, California, June 19-20, 1986). – P. 35-87.
20. Абдулов Р. М. Использование интерактивных средств в процессе развития исследовательских умений учащихся при обучении физике : автореф. дисс. ... канд. пед. наук : 13.00.02 – теория и методика обучения и воспитания (физика, уровень общего образования) / Абдулов Рашид Миниахметович ; Урал. гос. пед. ун-т. – Екатеринбург, 2013. – 23 с.
21. Биков В. Ю. ІКТ-аутсорсінг і нові функції ІКТ-підрозділів навчальних закладів і наукових установ [Електронний ресурс] / Биков Валерій Юхимович // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2012. – № 4 (30). – 29 с. – Режим доступу : <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/download/717/529>.
22. Биков В. Ю. Технології хмарних обчислень – провідні інформаційні технології подальшого розвитку інформатизації системи освіти України / В. Ю. Биков // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2011. – № 6. – С. 3-11.
23. Бібік Н. М. Компетенції / Н. М. Бібік // Енциклопедія освіти / Акад. пед. наук України ; головний ред. В. Г. Кремень. – К. : Юрінком Інтер, 2008. – С. 409-410.
24. Буч Г. Объектно-ориентированное проектирование с примерами применения / Гради Буч. – М. : Конкорд, 1992. – 519 с.
25. Гармашов М. Ю. Формирование исследовательской компетентности

- учащихся средней школы при обучении физике на основе видеокomпьютерного эксперимента : автореф. дисс. ... канд. пед. наук : 13.00.02 – теория и методика обучения и воспитания (физика) / Гармашов Михаил Юрьевич ; Волгогр. гос. соц.-пед. ун-т. – Волгоград, 2013. – 24 с.
26. Желюк О. М. Удосконалення навчального фізичного експерименту засобами сучасної електронної техніки : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 – теорія і методика навчання (фізики) / Желюк Олег Миколайович ; Рівн. держ. пед. ін-т. – Рівне, 1996. – 222 с.
 27. Литвинов Ю. В. Комп'ютерні технології в експерименті з механіки / Юрій Литвинов, Євген Малець, Олена Мялова, Віктор Сергєєв // Наукові записки. Серія : Педагогічні науки. Випуск 82. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2009. – Частина 2. – С. 312-316.
 28. Мерзликін О. В. Наступність та неперервність формування дослідницьких компетентностей старшокласників та студентів у навчанні фізики / Олександр Мерзликін, Юлія Єчкало // Наукові записки / МОН України, Кіровогр. держ. пед. ун-т ім. Володимира Винниченка. – Кіровогр., 2014. – Вип. 6. – Сер.: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. Ч. 2. – С. 81-86.
 29. Мерзликін О. В. Програме забезпечення відеоаналізу у навчальному фізичному експерименті / Мерзликін О. В. // Зб. наук. пр. Кам.-Под. нац. ун-ту. Серія педагогічна / [редкол. : П. С. Атаманчук (гол., наук. ред.) та ін.]. – Кам.-Под. : Кам.-Под. нац. ун-т ім. Івана Огієнка, 2012. – Вип. 18: Інновації в навчанні фізики: національний та міжнародний досвід. – С. 123-125.
 30. Пояснювальна записка // Збірник програм з профільного навчання для загальноосвітніх навчальних закладів. Фізика та астрономія. 10-12 класи. – Харків : Основа, 2010. – С. 3-19.
 31. Про затвердження Державного стандарту базової і повної загальної середньої освіти [Електронний ресурс] : Постанова № 1392, Стандарт, План / Кабмін України. – К., 23.11.2011. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1392-2011-p>.
 32. Про затвердження Концепції профільного навчання у старшій школі [Електронний ресурс] : Наказ № 1456 / МОН України. – К., 21 жовтня 2013 р. – 14 с. – Режим доступу : <http://old.mon.gov.ua/files/normative/2013-11-08/1681/1456.doc>.
 33. Разумовский В. Г. Творческие задачи по физике / В. Г. Разумовский ; Акад. пед. наук РСФСР. – М. : Просвещение, 1966. – 156 с.
 34. Салихов З. Б. Комплекс современных информационно-технических средств кабинета физики как условие повышения эффективности обучения : дисс. ... канд. пед. наук : 13.00.02 – теория и методика

- обучения и воспитания (физике в общеобразовательной школе) (по педагогическим наукам) / Салихов Заурбек Багаутдинович ; Дагест. ин-т повыш. квалиф. пед. кадров. – М., 2003. – 200 с.
35. Сельдяев В. И. Развитие исследовательских умений учащихся при использовании компьютеров в процессе выполнения лабораторных работ на уроках физики : дисс. ... канд. пед. наук : 13.00.02 – теория и методика обучения физике / Сельдяев Валерий Иванович ; Рос. гос. пед. ун-т им. А. И. Герцена. – Санкт-Петербург, 1999. – 207 с.
 36. Старовиков М. И. Формирование учебной исследовательской деятельности школьников в условиях информатизации процесса обучения : автореф. дисс. ... д-ра пед. наук : 13.00.02 – теория и методика обучения и воспитания (физика) / Старовиков Михаил Иванович ; Челяб. гос. пед. ун-т. – Челябинск, 2007. – 43 с.
 37. Теплицкий И. О. Розвиток творчих здібностей школярів засобами комп'ютерного моделювання : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 – теорія та методика навчання (інформатика) / Теплицкий Илья Александрович ; Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова. – К., 2001. – 234 с.
 38. Технології використання мережевих ресурсів для підготовки молоді до дослідницької діяльності : монографія / О. Ю. Буров, В. В. Камишин, Н. І. Поліхун, А. Т. Ашерев ; за ред. О. Ю. Бузова. – К. : Інформаційні системи, 2012. – 416 с.
 39. Фейнман Р. Ф. Фейнмановские лекции по физике / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. – М. : Мир, 1965-1967. – 9 т. – [Вып.] 1: Современная наука о природе. Законы механики. – 1965. – 267 с.
 40. Фейнман Р. Ф. Фейнмановские лекции по физике / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. – М. : Мир, 1965-1967. – 9 т. – [Вып.] 10: Задачи и упражнения с ответами и решениями / Фейнман Р., Леванюк А. П. – 1969. – 624 с.
 41. Хаманн Д. Р. Компьютеры в физике: общий обзор [Электронный ресурс] / Д. Р. Хаманн // Успехи физических наук. – М. : Физ. ин-т им. П. Н. Лебедева РАН, июнь 1984. – Т. 143, вып. 2. – С. 239-256. – Режим доступа : <http://ufn.ru/ru/articles/1984/6/c>.
 42. Чернецький І. С. Методика використання цифрового аналізу відеозображень у лабораторних роботах з механіки / І. С. Чернецький // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики. – Кривий Ріг : Видавн. від. НМетАУ. – 2008. – Том VII. – Вип. 2: Теорія та методика навчання фізики. – С. 298-302.

ДОДАТОК А. РОЗВ'ЯЗКИ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ

1. Позначте варіанти правильного підключення приладів.

	
X	
	
X	
X	
X	

Коментар. Обидва останні варіанти є вірними: перший з них показує спосіб підключення реостата з можливістю зміни опору, а другий – підключення того ж приладу, але в режимі потенціометра, що надає можливість зміни напруги.

2. Перед Вами стоїть задача змоделювати рух штучного супутника Землі. Вкажіть, які взаємодії Ви врахуєте в своїй моделі (дії яких сил є суттєвими при розв'язуванні цієї задачі).

+	Сила Архімеда
+	Сила опору повітря
(X)	Сила тяжіння з боку Землі ($F=mg$)
-	Сила тяжіння з боку Місяця
-	Сила тяжіння з боку Сонця
X	Гравітаційна сила з боку Землі $\left(F = G \frac{M_1 M_2}{r^2} \right)$
+	Гравітаційна сила з боку Місяця
+	Гравітаційна сила з боку Сонця
+	Сила тиску сонячного світла

Коментар. На це запитання немає однозначної відповіді. Обов'язково має бути позначена чи то гравітаційна сила з боку Землі, чи то сила тяжіння з боку Землі. Але якщо обидві вони позначені одночасно, це свідчить про нерозуміння учнем природи сили тяжіння. Також можуть бути позначені дві інші гравітаційні сили, сила опору повітря, сила тиску сонячного світла та, навіть, сила Архімеда. Адже за певних додаткових умов, що не вказані в завданні, вплив кожної з цих сил може виявитися суттєвим. Помилкою буде говорити про сили тяжіння як з боку Місяця, так і з боку Сонця.

3. На поверхні води плаває дерев'яна кулька. Як зміниться глибина занурення кульки, якщо густина повітря над нею збільшиться? Вкажіть, яка сила (чи декілька сил) стала причиною такої поведінки кульки.

	Кулька зануриться глибше
1	Кулька підніметься над поверхнею води
2	Глибина занурення кульки не зміниться

Відповідь. 1. Виштовхувальна сила води. 2. Виштовхувальні сили води та повітря.

Коментар. На це питання існує дві в цілому правильні відповіді. Менш точна відповідь 2, при якій враховано лише дію виштовхувальної сили води. Виштовхувальна сила повітря при збільшенні його тиску збільшиться. Оскільки виштовхувальна сила діє вгору, то кулька трохи підніметься над поверхнею води.

4. Вимірювання прискорення вільного падіння різними способами дали такі значення. Позначте той ряд значень, який, на Вашу думку, відповідає найкращому способу. Якщо можете, прокоментуйте свій вибір.

	10,26 м/с ² ; 9,36 м/с ²
(X)	10,00 м/с ² ; 10,05 м/с ² ; 9,97 м/с ² ; 13,21 м/с ² ; 9,95 м/с ²
X	9,78 м/с ² ; 9,62 м/с ² ; 10,02 м/с ² ; 9,99 м/с ²

Коментар. Порівняємо другий та третій ряди даних. У другому ряді значення 13,21 м/с² вибивається із загального ряду значень. Його можна вважати промахом і не враховувати при подальшому аналізі. Оскільки в умові сказано, що об'єктом вимірювання є прискорення вільного падіння, то можна припустити, що математичне сподівання складає близько 9,8 м/с². Підрахувавши середнє квадратичне відхилення від цього значення для обох рядів, побачимо, що значення третього ряду є більш точними. Зазначимо, що порівнявши середні арифметичні відхилення від значення 9,8, прийдемо до того ж висновку. Разом з тим, якщо орієнтуватися не на значення 9,8 м/с², а на середнє арифметичне кожної вибірки (виключивши значення 13,21 м/с² з другого ряду), побачимо, що для другого ряду відхилення від середнього

арифметичного будуть менші. Це дозволяє зробити припущення про наявність повторюваної (наприклад, інструментальної) похибки. Якщо можливо встановити природу цієї похибки, оцінити її величину та врахувати при подальшому опрацюванні даних, перевагу слід віддати другому способу вимірювання прискорення вільного падіння.

5. Учень досліджує рух тіла. Отримані ним дані подані в таблиці. Зробіть Ваші припущення про характер цього руху.

Час, с	0,5	1	1,5	2	3	4	5	7
Координата x , м	17,5	35,4	53,0	70,7	106,0	141,4	176,8	247,5
Координата y , м	16,5	30,4	42,0	51,0	61,9	63,0	54,2	7,1

Відповідь. Рух вздовж вісі x є рівномірним, а вздовж вісі y – рівносповільненим з початковою швидкістю. Прикладом такого руху є рух тіла, кинутого під кутом до горизонту.

6. Учень провів експеримент з визначення коефіцієнту пружності пружини. При цьому відомо, що частину вимірювань учень провів насправді, а частину фальсифікував. Позначте ті результати, які, на Вашу думку, були «підроблені» учнем.

	Маса тягарців (m), г	Видовження пружини (Δx), мм
7	100	6
9	200	10
6	300	14
1	400	16
5	500	24
4	600	29
3	700	40
10	800	42
8	900	47
2	1000	57

Коментар. Числа у таблиці показують, які комірки слід було б відмітити в яку чергу. Для описаного експерименту ми очікуємо виконання закону Гука. Тобто, очікуємо на лінійну залежність, а це означає, що за однакової зміни маси, зміна видовження теж має бути однаковою. Отже, не застосовуючи статистичних методів, «на око» можна зробити припущення про найменш достовірні дані, саме аналізуючи ці різниці. Якщо припустити, що при зміні маси на 100 г, видовження мало б змінитися на 5 мм, найбільше вибиватися з ряду будуть точки (400; 16), (700; 40) та (1000; 57).

Лінійна апроксимація за методом найменших квадратів показує, що при зміні маси на 100 г, видовження мало змінюється на 5,29 мм. Тоді дані в порядку зменшення їх достовірності: (800; 42), (200; 10), (900; 47),

(100; 6), (300; 14), (500; 24), (600; 29), (700; 40), (1000; 57), (400; 16).

7. При проведенні лабораторної роботи з дослідження прискорення вільного падіння учень однією рукою кидає кульку з висоти 1,5 метри, а іншою вимірює час за допомогою секундоміру. Він запускає секундомір, коли відпускає кульку та зупиняє його в момент удару кульки об підлогу. Середнє значення прискорення вільного падіння, вираховане за результатами такого дослідження дорівнювало $11,2 \text{ м/с}^2$. Запропонуйте шляхи підвищення точності такого експерименту.

Коментар. Очевидно, що за описаної схеми досліду суттєвою є похибка від невчасного вмикання та вимкнення секундоміру. Є декілька основних шляхів підвищення точності вимірювання. По-перше, це збільшення часу падіння, наприклад, відстані. Так, якщо учень робитиме все так само, але кидатиме кульку з вікна класу, це надасть можливість суттєво збільшити точність вимірювання. По-друге, це уповільнення кульки. Так, кидаючи кульку у в'язкій рідині чи скочуючи по жолобу, учень отримає більші значення часу і, відповідно, менший вплив похибки, пов'язаної із запуском секундоміру. Але слід розуміти, що опрацювання результатів такого експерименту суттєво ускладниться. По-третє, це автоматизація пуску секундоміра. Тут існує велика кількість способів: це і застосування відеоаналізу, і використання оптичних рамок, і складання електричного кола (наприклад, електромагнітом та металевою кулькою), і багато інших.

8. У Вашому розпорядженні є терези (ваги з коромислом) та динамометр з набором тягарців, вага кожного з яких має бути 1 Н. Опишіть, яким чином Ви підготуєте обладнання для проведення досліду.

Коментар. Перед використанням динамометру слід перевірити його справність. Зокрема, що при додаванні кожного наступного тягарця пружина видовжується на однаково величину. Якщо стрілка ненавантаженого динамометру показує ненульове значення, але при його навантаженні закон Гука все ж виконується, динамометр варто чи то переградувати, чи то просто враховувати стаціонарну інструментальну похибку при виконанні експерименту. Шальки терезів перед використанням слід зрівноважити. Не зайвим також буде перевірити, чи є однаковою вага тягарців.

9. Поштові голуби здатні знаходити свою домівку, незважаючи на значні відстані та проміжки часу. Наразі точно невідомий механізм, за допомогою якого їм це вдається. Запропонуйте схему досліду, який дозволяв би перевірити, чи пов'язано це явище зі здатністю птахів запам'ятовувати шлях.

Коментар. При проведенні такого дослідження метою є

виключення дії лише одного з факторів – можливості запам'ятовування птахами шляху. Для цього для початку слід виокремити всі можливі способи запам'ятовування: від візуального до «м'язового». Тому можна запропонувати безліч варіантів від зав'язування птахам очей до намагання звуковими чи візуальними перешкодами збити птахів зі шляху. Кожен з таких способів має свої недоліки. Так, зір є життєво важливою функцією для птахів, тому зав'язування їм очей наразить їх на значну небезпеку, що може привести навіть до їх загибелі. Намагання ж технічними засобами змінити траєкторію конкретного птаха, як мінімум, досить складно реалізувати на практиці. Разом з тим виявлення значних невідповідностей між траєкторіями птаха при русі від дому та до дому стало б досить переконливим спростуванням гіпотези про те, що птахи саме запам'ятовують шлях. Таке дослідження можна досить просто виконати, наприклад, скориставшись супутниковою системою навігації. Тому розпочати було б доцільно саме з такого дослідження.

ДОДАТОК Б. ВКАЗІВКИ ДО РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАВДАНЬ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

1. У Вашому розпорядженні є резистор невідомого опору, два шкільних вольтметри та стара на вигляд батарейка «Крона». На першому вольтметрі стоїть маркування «– 6 В, 6 кОм», на другому – «– 2 В, 200 Ом». Ваша задача – визначити опір резистора. Опишіть послідовність своїх дій. Виконайте рисунки електричних схем.

Коментар. Це завдання в можна просто розв'язати, якщо здогадатись використати другий вольтметр як резистор, підключивши його послідовно до батарейки та резистору невідомого опору. Після чого, виміряти першим вольтметром напругу на другому та на резисторі. Далі, знаючи опір другого вольтметру, за законом Ома можна знайти силу струму на цій ділянці кола. Як відомо, ця сила струму дорівнює силі струму, що протікає через резистор, опір якого треба знайти. Маючи силу струму та напругу на резисторі, за законом Ома знаходимо його опір.

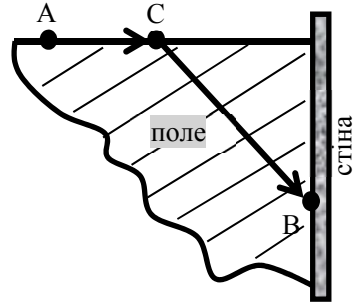
2. Визначте експериментально швидкість кулі, що вилетіла з пружинного пістолету. Придумайте найбільш підходящий експеримент та опишіть його.

Коментар. Ця задача має велику кількість розв'язків. Найбільш очевидний – це виміряти час та дальність польоту кулі. Проте такий спосіб навряд чи дасть точне значення швидкості, адже він пов'язаний з вимірюванням малих проміжків часу. Уникнути необхідності вимірювати час можна, якщо вистрілити з пістолету з відомої висоти під відомим кутом до горизонту. Тоді можна обмежитись лише вимірюванням відстані польоту кулі. Іншим способом вимірювання початкової швидкості кулі є використання балістичного маятника відомої маси та довжини підвісу з вимірюванням лише кута його відхилення.

3. Один винахідник запропонував такий спосіб вимірювання швидкості корабля. В каюті до стелі підвішено тягарець на нитці. За задумом винахідника, в стані спокою висок має розміщуватись вертикально, а при русі корабля – під кутом до горизонту. За кутом нахилу виска винахідник запропонував вимірювати швидкість корабля. Прорецензуйте цей проект.

Коментар. По куту відхилення виска можна визначити прискорення корабля, але неможливо нічого сказати про його швидкість. При рівномірному прямолінійному русі висок завжди буде розміщуватись вертикально.

4. Пішохід, йдучи по тротуару, проходить 1,5 м за 1 с, а по ораному ґрунті – 0,9 м за 1 с. Він вийшов з точки А, що знаходиться на відстані 42 м від стіни, й рухається до точки В, що знаходиться на 36 м південніше вздовж стіни. Визначте найменший час, необхідний пішоходу для того, щоб дістатися з точки А в точку В.



Коментар. Цю задачу можна розв'язувати двома шляхами.

Перший спосіб більш творчий. Він вимагає від учня побачити аналогію між описаним рухом пішохода та рухом світла, що заломлюється при переході з одного середовища в інше. Як відомо, світло завжди обирає найшвидший шлях, а швидкість світла в різних середовищах є різною. Тому для розв'язання цієї задачі можна застосувати закон заломлення світла:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2}.$$

Для зручності позначимо відстань від точки С до стіни через x . Тоді:

$$\frac{\sqrt{x^2 + 36^2}}{x} = \frac{1,5}{0,9}.$$

Розв'язавши це рівняння, отримаємо $x = 27$ м. Тобто пішохід рухався 15 м ($42 - 27$) зі швидкістю 1,5 м/с та 45 м ($\sqrt{27^2 + 36^2}$) зі швидкістю 0,9 м/с. Отже, найменший час, необхідний пішоходу для того, щоб дістатися з точки А в точку В дорівнює 60 с ($\frac{15}{1,5} + \frac{45}{0,9}$).

Другий спосіб більш складний та «прямолінійний». Він полягає в тому, щоб записати час, необхідний для подолання відстані ACB , як функцію відстані від точки С до стіни (раніше позначену нами як x):

$$t(x) = \frac{42 - x}{1,5} + \frac{\sqrt{x^2 + 36^2}}{0,9}.$$

Тепер необхідно знайти мінімум цієї функції. Це можна зробити аналітично, знайшовши похідну $\frac{dt}{dx}$ та прирівнявши її нулю, знайти x :

$$\frac{dt}{dx} = \frac{-1}{1,5} + \frac{x}{0,9\sqrt{x^2 + 36^2}} = \frac{-2}{3} + \frac{x}{0,9\sqrt{x^2 + 36^2}}.$$

Прирівнявши цей вираз до нуля, отримаємо квадратне рівняння

$$1,8\sqrt{x_0^2 + 36^2} - 3x_0 = 0.$$

Розв'язавши це рівняння та підставивши додатній його розв'язок у рівняння $t(x)$ отримаємо $t_{min} = 60$ с.

Очевидним недоліком такого підходу є те, що він вимагає від учня вміння знаходити похідні та знання про те що в точках екстремуму похідна функції дорівнює нулю. Проте, наближено знайти мінімальне значення функції $t(x)$ можна й не маючи відповідних знань і вмінь, застосувавши чисельні методи. Наприклад, знайти мінімальне значення $t(x)$ досить просто з використанням електронних таблиць Google.

	A	B	C	D	E
1	dx= 3			x	t
2	v_1= 1,5			0	$= (D2 - D2) / D2 + (D2^2 + D5^2) / D3$
3	v_2= 0,9			$= D2 + D1$	$= (D3 - D3) / D2 + (D3^2 + D5^2) / D3$
4	L_1= 42			$= D3 + D1$	$= (D4 - D4) / D2 + (D4^2 + D5^2) / D3$
5	L_2= 36			$= D4 + D1$	$= (D5 - D5) / D2 + (D5^2 + D5^2) / D3$
6				$= D5 + D1$	$= (D6 - D6) / D2 + (D6^2 + D5^2) / D3$
7				$= D6 + D1$	$= (D7 - D7) / D2 + (D7^2 + D5^2) / D3$
8				$= D7 + D1$	$= (D8 - D8) / D2 + (D8^2 + D5^2) / D3$
9				$= D8 + D1$	$= (D9 - D9) / D2 + (D9^2 + D5^2) / D3$
10				$= D9 + D1$	$= (D10 - D10) / D2 + (D10^2 + D5^2) / D3$
11				$= D10 + D1$	$= (D11 - D11) / D2 + (D11^2 + D5^2) / D3$
12				$= D11 + D1$	$= (D12 - D12) / D2 + (D12^2 + D5^2) / D3$
13				$= D12 + D1$	$= (D13 - D13) / D2 + (D13^2 + D5^2) / D3$
14				$= D13 + D1$	$= (D14 - D14) / D2 + (D14^2 + D5^2) / D3$
15				$= D14 + D1$	$= (D15 - D15) / D2 + (D15^2 + D5^2) / D3$
16				$= D15 + D1$	$= (D16 - D16) / D2 + (D16^2 + D5^2) / D3$
17					
18				t_min=	=min(E2:E16)
19					

Для цього необхідно заповнити таблицю так, як показано вище. При цьому слід розуміти, що в загальному випадку отримане таким чином значення t_{min} буде наближеним. Підвищити точність можна, зменшивши крок dx . Під час аналізу з учнями контрольної на це обов'язково слід звернути увагу, адже для цієї задачі такий підхід дає точний результат, що може ввести учнів в оману.

Науковий журнал

**Теорія та методика навчання
математики, фізики, інформатики**

**Теория и методика обучения
математике, физике, информатике**

**Theory and methods of learning
mathematics, physics, informatics**

Том XII

Випуск 3 (34): спецвипуск «Методичний посібник у журналі»

О. В. Мерзликін

**Формування дослідницьких компетентностей
старшокласників з фізики засобами хмарних технологій**

Підп. до друку 04.12.2014
Папір офсетний № 1
Ум. друк. арк. 5,37

Формат 60×84/16
Зам. № 1-0412
Тираж 300 прим.

Віддруковано у КП «Жовтнева районна друкарня»
Україна, 50014, м. Кривий Ріг, вул. Електрична, 5
Тел. +380564072902

E-mail: semerikov@ccjournals.eu