

# *Навчальні проекти в позакласній роботі з фізики*

**(з використанням  
сучасних  
інформаційних технологій)**



Що необхідно нашим учням для успіху? \_\_\_\_\_

- Здатність творчо мислити, послідовно міркувати та репрезентувати свої ідеї
- Вміти працювати в команді та володіти навичками ефективного спілкування
- Визначати пріоритети, планувати конкретні результати і нести особисту відповідальність за їх реалізацію
- Ефективно використовувати знання в реальному житті
- Бути конкурентноспроможними
- + Комп'ютерна грамотність

УДК 373.5.016:53:371.385.4(043)

**ББК**

**О**

**Рецензенти:**

**Коршак Є. В.** – кандидат педагогічних наук, академік Академії наук вищої школи, професор (Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова)

**Бонч-Бруєвич Г. Ф.** – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри інформатики та фізико-математичних дисциплін (Київський міський педагогічний університет імені Б. Д. Грінченка)

**Онищук А. Ф.** – вчитель-методист, керівник районного методичного об'єднання вчителів фізики (Миньковецька ЗОШ I-III ступенів)

**Навчальні проекти в позакласній роботі з фізики (з використанням сучасних інформаційних технологій):** посібник для вчителів / Укл. О. П. Буйницька. – Кам'янець-Подільський: ПП Буйницький, 2007. – 60 с.

У посібнику міститься теоретичне обґрунтування використання навчальних проектів з використанням сучасних комп'ютерних технологій за програмою „Intel® Навчання для майбутнього” під час проведення позакласної роботи з фізики з метою розвитку інтересу учнів до вивчення предмету.

Подано методичні рекомендації, якими може скористатися вчитель в процесі позакласної роботи. Запропоновано Портфоліо навчального Проекту, яке передбачає ефективне використання інформаційно-комунікаційних технологій у позакласній роботі та сприяє самостійній дослідницько-пошуковій діяльності учнів, розвитку пізнавальних, творчих навичок, умінню самостійно конструювати свої знання, орієнтуватися в інформаційному просторі.

Призначено для вчителів фізики, студентів фізико-математичних факультетів, всіх, хто цікавиться проблемами методики викладання фізики в школі.

**ББК**

*Рекомендовано науково-методичною радою  
Київського міського педагогічного університету імені Б. Д. Грінченка  
протокол № 6 від 19 березня 2007 року*

## ПЕРЕДМОВА

*Дива творять не  
комп'ютери,  
а вчителі.*

Craig Barrett,  
генеральний директор  
корпорації Intel

Невідповідність стану шкільної освіти вимогам сучасного розвитку суспільства зумовила необхідність її реформування. Змінюються цілі та завдання, що постали перед сучасною освітою в інформаційному суспільстві. Поступово на зміну традиційній системі навчання приходить особистісно-орієнтована, традиційні методи замінюються інноваційними, що передбачають зміщення акцентів у навчальній діяльності, її спрямування на інтелектуальний розвиток учнів за рахунок зменшення долі репродуктивної діяльності; використання завдань для перевірки різних видів діяльності учнів, збільшення кількості завдань для пояснення навколишнього світу. Навчальний процес, який орієнтований на особистість учня і враховує його індивідуальні особливості та здібності, передбачає, що:

- в центрі навчального процесу знаходиться учень, його пізнавальна і творча діяльність;
- відповідальність за успіх навчальної діяльності переважно учні беруть на себе;
- головна мета такого навчання – розвиток інтелектуальних і творчих здібностей учнів, усвідомлення ними моральних цінностей, що згодом дозволить їм стати здатними до самореалізації, самостійного мислення, прийняття важливих рішень; вміння працювати над розв'язанням важливих проблем як самостійно, так і в групі;
- роль вчителя в навчальному процесі дуже відповідальна, але зовсім відмінна від тієї, що орієнтована на традиційне навчання;
- навчальна діяльність учнів має сприяти розвитку критичного та творчого мислення.

Активні методи навчання, методи пошуків, дослідні методи з одного боку, сприяють посиленню активності учня в процесі навчання, а з іншого – наближують його до життя. Бо саме в умовах активного пошуку та дослідження на перший план виступає випереджаючий розвиток самої людини, формування творчої особистості, яка проектує й організовує своє життя.

## 1. Метод проектів та його особливості

Метод проектів не є принципово новим у світовій педагогіці. Він застосовувався як у вітчизняній дидактиці, так і в зарубіжній. Виник у 20-ті роки минулого століття у США. Цей метод пов'язують з ідеями гуманістичного напрямку в філософії й освіті, висунутими американським філософом і педагогом Дж. Дьюї, а також його учнем В. Х. Килпатріком. Останнім часом цьому методу приділяється пильна увага в багатьох країнах світу. Метод проектів набув поширення і популярності завдяки раціональному поєднанню теоретичних знань і можливостей їх практичного застосування для розв'язування конкретних проблем дійсності в спільній діяльності учнів. „Все, що я пізнаю, я знаю, навіщо це мені потрібно, де і як я можу ці знання застосовувати” – основна теза сучасного розуміння методу проектів [10].

Метод проектів припускає можливість вирішення поставленої проблеми. У ньому передбачається, з одного боку, необхідність використання різноманітних методів, засобів навчання, а з іншого – інтегрування знань, умінь з різних галузей науки і мистецтва. Методом завбачено певну сукупність навчально-пізнавальних прийомів, які дозволяють вирішити ту чи іншу проблему шляхом самостійних дій учнів з обов'язковою презентацією чи представленням отриманих результатів, що сприяє використанню дослідницьких, пошукових, проблемних методів, творчих за своєю суттю.

В основі методу лежать розвиток пізнавальних, творчих навичок учнів, уміння самостійно конструювати свої знання, орієнтуватися в інформаційному просторі, критично мислити. Мета ж навчання за даною Програмою полягає у формуванні навичок ефективного використання інформаційно-комунікаційних технологій у навчанні учнів різного віку за допомогою інноваційних педагогічних технологій, якими передбачається самостійна (індивідуальна чи групова) дослідницько-пошукова діяльність учнів, використання методу навчальних проектів.

### 1.1. Вимоги до використання методу проектів

Серед основних вимог до використання даного методу доцільно виділити наступні:

- наявність значущої в дослідницькому або творчому плані проблеми чи задачі, для розв'язування якої потрібні інтегровані знання та дослідницький пошук;
- практична, теоретична, пізнавальна значущість передбачуваних результатів;
- самостійна (індивідуальна, парна, групова) діяльність учнів;
- визначення кінцевої мети проектів (спільних чи індивідуальних);
- визначення базових знань з різних галузей, необхідних для роботи над проектом;

- використання дослідницьких методів: визначення проблеми дослідницьких задач, які впливають з проблеми, висунення гіпотез щодо їх розв'язування, обговорення методів дослідження, оформлення кінцевих результатів, аналіз отримання даних, підведення підсумків, корегування, висновки (використання в ході спільного дослідження методів мозкової атаки і “круглого стола”, статистичних методів, творчих звітів, перегляду);
- результати виконаних проектів мають бути певним чином оформлені (відеофільм, комп'ютерна газета, анімаційний мультфільм, веб-сторінка).

## **1.2. Результат навчання за методом проекту**

Результатом ефективного навчання є розроблення та захист власного Портфоліо навчального проекту, подальша розробка якого передбачає використання інформаційно-комунікаційних технологій та відповідність спеціальним вимогам до змісту, подальше впровадження спланованого проекту при навчанні учнів. Навчальний проект є організаційною формою роботи, яка орієнтована на засвоєння навчальної теми або навчального розділу і становить частину стандартного навчального предмета. Під час позакласних занять її доцільно розглядати як спільну навчально-пізнавальну, дослідницьку, творчу або ігрову діяльність учнів, що мають спільну мету, застосовують ті ж самі методи і способи діяльності, спрямовані на досягнення спільного реального результату, необхідного для вирішення деякої вагомій проблеми. Для більш ефективного навчання діяльність учнів необхідно урізноманітнювати, практикувати роботу в парах, групах та індивідуальну.

Портфоліо проекту - це комплект інформаційних, дидактичних і методичних матеріалів до навчального проекту, розроблений з метою його ефективної організації та навчання з теми, яка відповідає навчальній програмі базового курсу. Ці матеріали створюються вчителями та учнями під час позакласних занять з використанням комп'ютерних технологій (засобів створення мультимедійних комп'ютерних презентацій, текстового та графічного редакторів, табличного процесора, комп'ютерних програм для створення публікацій і веб-сайтів, здійснення пошуку інформації в Інтернеті, роботи з електронною поштою тощо). Створення Портфоліо – це процес збирання, перегляду, поповнення змістової, методичної інформації, що стосується певної навчальної чи дослідницької теми, уроку, різних форм оцінювання діяльності учнів, прикладів їх робіт з метою зацікавлення до предмету.

## **1.3. Структура Портфоліо навчального проекту та вимоги до нього**

Портфоліо містить такі складові:

- План проекту, в навчальних цілях якого враховані вимоги державних освітніх стандартів та державних навчальних програм;

- Приклади робіт, виконаних автором в ролі учня за допомогою комп'ютера: учнівської мультимедійної презентації, учнівської публікації, виконаної у формі інформаційного бюлетеня, або ж буклету та учнівського веб-сайта;
  - Форми та критерії оцінювання діяльності учнів по створенню мультимедійної комп'ютерної презентації, публікації та веб-сайта;
  - Дидактичні матеріали для учнів: роздавальні матеріали, тести та шаблони документів;
  - Методичні матеріали для вчителя: вчительська мультимедійна презентація, публікація чи веб-сайт, інструкції для організації роботи в Проекті, правила роботи з різним обладнанням тощо;
  - План реалізації Проекту;
  - Список інформаційних джерел.
- Структуру Портфоліо подано на рисунку 1.

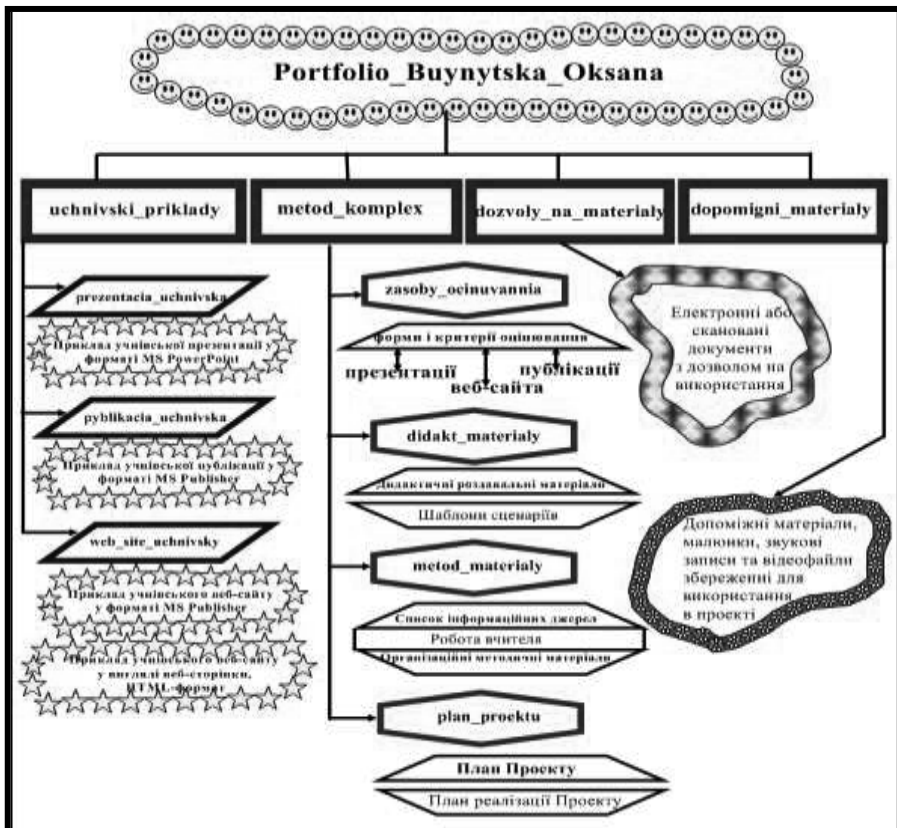


Рис.1. Структура Портфоліо навчального проекту

Загальні вимоги до Портфоліо навчального проекту подані у таблиці 1.

Таблиця 1

**Вимоги до оцінювання Портфоліо навчального проекту програми компанії „Intel ® Навчання для майбутнього”**

Критерії оцінювання	Відмінно	Добре	Задовільно
Застосування комп'ютерних технологій	<p>Запропоновані комп'ютерні технології застосовано цікаво і у відповідності до віку учнів, вони розширюють та поглиблюють знання і вміння учнів, дозволяють розвивати навички мислення високого рівня.</p> <p>Застосування комп'ютерних технологій є невід'ємною складовою успіху Плану навчального проекту</p> <p>За допомогою зразків учнівських робіт чітко продемонстровано зв'язок між застосуванням комп'ютерних технологій та одержанням нових знань та вмінь учнями</p> <p>Застосування комп'ютерних технологій збагачує План навчального проекту завдяки використанню комп'ютера як знаряддя проведення досліджень, створення публікацій та засобу обміну інформацією</p>	<p>Запропоновані комп'ютерні технології застосовано цікаво і у відповідності до віку учнів, але незрозуміло, як вони розширюють та поглиблюють знання та вміння учнів</p> <p>Застосування комп'ютерних технологій важливе для проекту, але не є його невід'ємною складовою</p> <p>Зразки учнівських робіт свідчать про обмежений зв'язок між використанням комп'ютерних технологій та одержанням нових знань та вмінь учнями</p> <p>Застосування комп'ютерних технологій зводиться до використання комп'ютера як знаряддя проведення досліджень, створення публікацій, або засобу обміну інформацією</p>	<p>Запропоновані технології застосовано без урахування вікових особливостей учнів; вони не розширюють та не поглиблюють знання та вміння учнів</p> <p>Незрозуміло, навіщо в Плані навчального проекту застосовано комп'ютерні технології</p> <p>Зразки учнівських робіт не виявляють зв'язку між використанням комп'ютерних технологій та одержанням нових знань та вмінь учнями</p> <p>План навчального проекту не використовує переваг застосування комп'ютерних технологій при проведенні досліджень, створенні публікацій та обміну інформацією</p>

Навчання та розвиток учнів	<p>План навчального проекту вимагає, щоб учні інтерпретували, оцінювали, узагальнювали та синтезували інформацію</p>	<p>План навчального проекту вимагає, щоб учні аналізували та використовували інформацію, розв'язували проблеми та/або робили висновки</p>	<i>Продовж. табл. 1</i>
	<p>Навчальні цілі сформульовано ясно і чітко та підкріплено Ключовим та Тематичними питаннями</p>	<p>Навчальні цілі сформульовано та певною мірою підкріплено Ключовим та Тематичними питаннями</p>	<p>План навчального проекту вимагає, щоб учні давали означення, розпізнавали, описували та/або узагальнювали інформацію. Навички творчого та критичного мислення майже не формуються за Планом</p> <p>Навчальні цілі сформульовано нечітко та не підкріплені Ключовим та Тематичними питаннями</p>
	<p>Приклади учнівських робіт за змістом пов'язані з Ключовим питанням</p>	<p>Приклади учнівських робіт до певної міри пов'язані з Ключовим питанням</p>	<p>Приклади учнівських робіт не пов'язані з Ключовим питанням</p>
	<p>Усі навчальні цілі чітко узгоджуються з державними освітніми стандартами та навчальними програмами даного предмету (предметів)</p>	<p>Деякі навчальні цілі узгоджуються з державними освітніми стандартами та навчальними програмами даного предмету (предметів)</p>	<p>Зв'язок між навчальними цілями та державними освітніми стандартами, навчальними програмами незрозумілий</p>
<p>План навчального проекту передбачає можливість повної адаптації з урахуванням диференційованого навчання учнів</p>	<p>План навчального проекту передбачає можливість помірної адаптації з урахуванням диференційованого навчання учнів</p>	<p>План навчального проекту не враховує особливостей навчання учнів</p>	



<p>Впровадження плану навчального проекту</p>	<p>План навчального проекту являє собою добре розроблений посібник щодо реалізації проекту</p> <p>Складові Портфоліо навчального проекту являють собою добре розроблені моделі для реалізації проекту</p> <p>План навчального проекту легко змінювати з метою реалізації у різних класах</p>	<p>План навчального проекту являє собою посібник щодо реалізації проекту, але деякі питання в ньому висвітлено не досить зрозуміло, неповно</p> <p>Складові Портфоліо навчального проекту розроблено, але вони не досить деталізовані, щоб бути ефективними моделями для реалізації проекту</p> <p>План навчального проекту можна змінити для реалізації у різних класах</p>	<p><i>Продовж. табл. 1</i></p> <p>Плану навчального проекту не вистачає ясності, в ньому немає ефективних інструкцій та рекомендацій щодо реалізації проекту</p> <p>Складові Портфоліо навчального проекту являють собою неповні або незрозумілі моделі для реалізації проекту</p> <p>Реалізація Плану навчального проекту обмежена класом, в якому працює його автор</p>
<p>Застосування засобів оцінювання діяльності учнів</p>	<p>Навчальний проект включає засіб (засоби) всебічного оцінювання усіх поставлених завдань</p> <p>Передбачається чіткий тісний зв'язок між навчальними цілями проекту та критеріями оцінювання знань та вмінь учнів, одержаних при його реалізації</p> <p>Засоби оцінювання включають спеціальні тематичні критерії, які допомагають учням в процесі навчання</p>	<p>Навчальний проект включає засіб (засоби) оцінювання більшості поставлених завдань</p> <p>Передбачається певний зв'язок між навчальними цілями проекту та критеріями оцінювання знань та вмінь учнів, одержаних при його реалізації</p> <p>Засоби оцінювання включають деякі спеціальні тематичні критерії, але вони можуть бути незрозумілими учням</p>	<p>В навчальному проекті немає засобу (засобів) оцінювання поставлених завдань або вони не відповідають поставленим завданням</p> <p>Незрозумілим є зв'язок між навчальними цілями проекту та критеріями оцінювання знань та вмінь учнів, одержаних при його реалізації</p> <p>Засоби оцінювання включають лише загальні критерії</p>

## 2. Приклад навчального проекту

Спробуємо довести доцільність застосування рекомендованих методів під час проведення позакласної роботи з фізики. Отож, автором було розроблено навчальний *Проект* та *Портфоліо* „*Фізика навколо нас*”, в центрі уваги якого знаходилась тема „Властивості речовин”.

### 2.1. Структура проекту

Структуру *Проекту*, а саме, розташування папок *методичні* та *допоміжні матеріали*, *дозволи на використання матеріалів* та *учнівські приклади* подано на рис. 2. На цьому ж рисунку ми бачимо і вміст папки «*Допоміжні матеріали*», який буде проаналізовано далі.

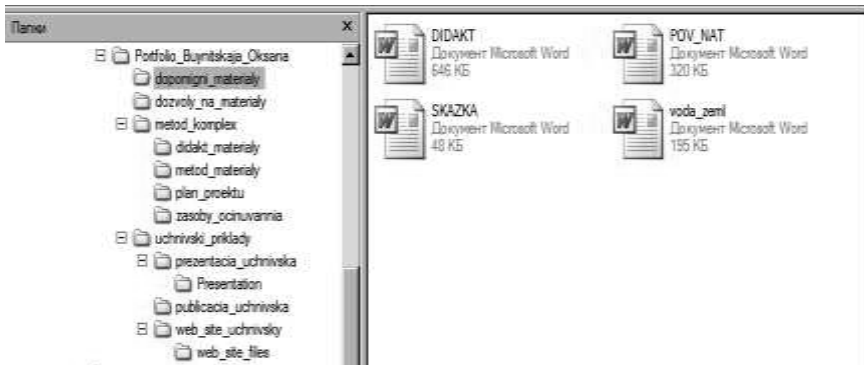


Рис.2. Структура Портфоліо навчального проекту «Фізика навколо нас»

Вміст папок *Портфоліо* навчального проекту, що входять до *методичного комплексу* відображено на рис. 3-6.

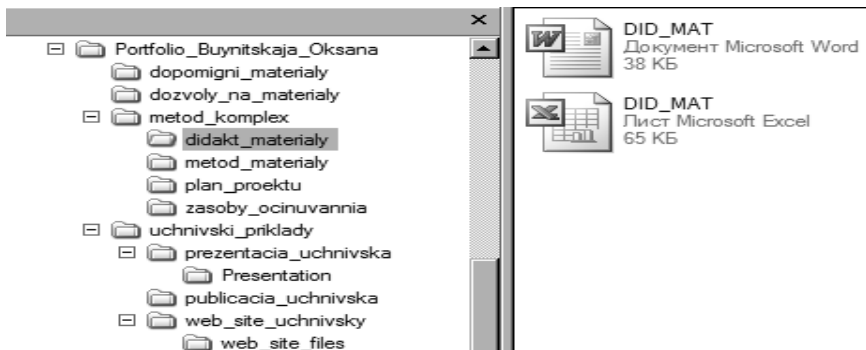


Рис.3. Складові папки Дидактичні матеріали

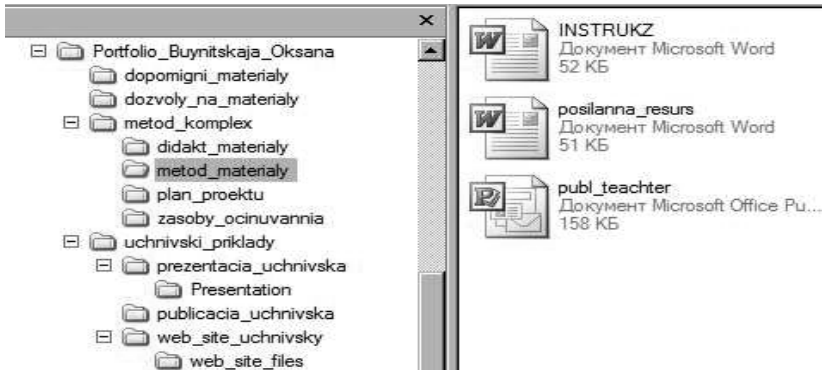


Рис.4. Складові папки Методичні матеріали

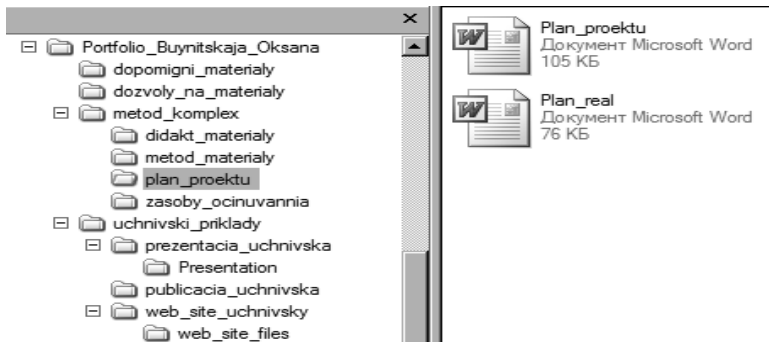


Рис.5. Складові папки План проекту

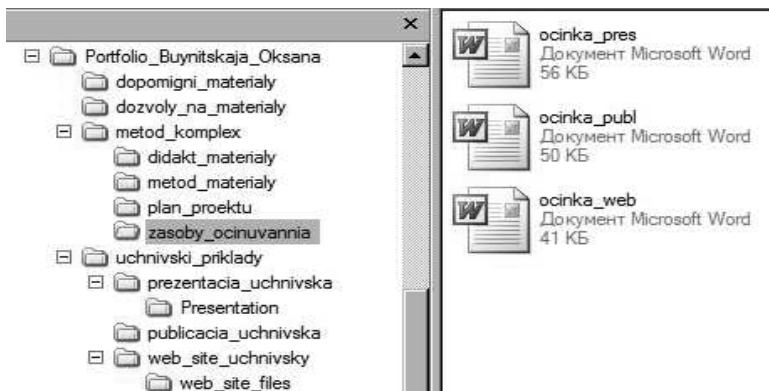


Рис.6. Складові папки Засоби оцінювання

Вміст папки *Учнівські приклади* показано на рис. 7, де для зручності, в окремих папках знаходяться відповідно презентація, публікація у вигляді інформаційного буклету або бюлетеня та веб-сайт, розроблені учнями під час позакласних занять.

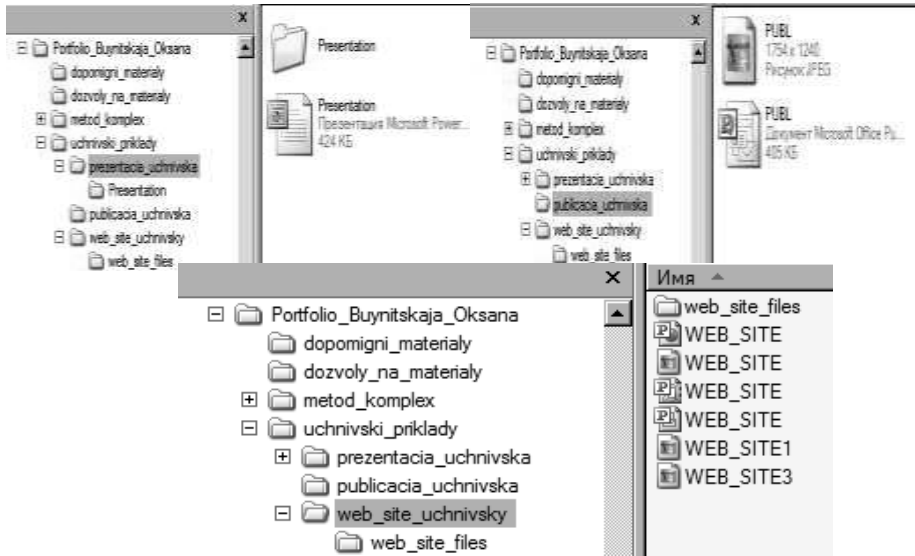


Рис. 7. Складові папки Учнівські приклади

## 2.2. Мета та вимоги оцінювання проекту. Інформаційний буклет

Основними вимогами до оцінювання *Портфоліо* навчального *Проекту* «Фізика навколо нас» необхідно виділити:

- ефективність застосування комп'ютерних технологій;
- навчання і розвиток інтересу учнів завдяки їх самостійній творчій діяльності із застосуванням знань із різних галузей наук, що спрямована на вирішення поставленої проблеми;
- можливість реалізації Плану навчального проекту та використання окремих складових Портфоліо;
- комплексне застосування засобів оцінювання всіх видів діяльності учнів.

*Мета проекту* полягає в тому, щоб зацікавити учнів різного віку до вивчення фізики, побачити по-новому звичайні природні явища, спробувати

їх пояснити з точки зору фізики, отримати практичні та експериментальні навички з фізики, інформатики. Для кращого сприйняття проекту та шляхів його реалізації запропоновано учням переглянути вчительську публікацію, подану у вигляді інформаційного буклету із зазначеною темою, ідеєю, метою та реалізацією *Проекту* (рис. 8-9).

**Мета нашого проекту:**

- Зацікавити учнів різного віку до навчання фізики;
- спонукати учнів задуматись про гармонію навколишнього світу, побачити по-новому звичайні природні явища, спробувати їх пояснити;
- отримати практичні та експериментальні навички з фізики та інформатики.

**Веіх, хто бажає взяти участь у роботі проекту, просимо звертатись до координатора проекту**

Онищука Петро Михайлович, вчитель фізики

ІНУ ім. М.П. Драгоманова

www.inu.edu.ua

**Проект "Сонце та Місяць"**

Будь-який природний процес має фізичне пояснення.

Вчимося бачити звичайне в незвичайному

Рис. 8. Методичні матеріали. Вчительська публікація. Зовнішня сторона буклету

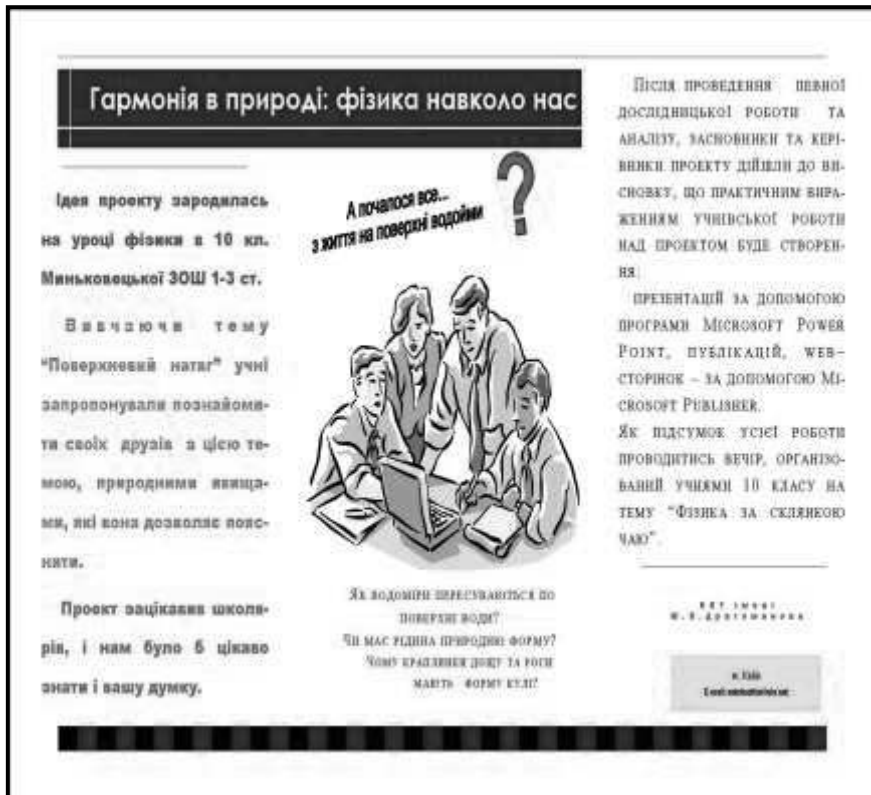


Рис. 9. Методичні матеріали. Вчительська публікація.  
Внутрішня сторона буклету

### 2.3. План навчального проекту

Після обговорення основних питань *Проекту*, його теми розглядався план *Проекту*, в описі якого зазначені стислий опис, державні освітні стандарти та навчальні програми, навчальні цілі та очікувані результати навчання, діяльність учнів, вхідні знання та навички, матеріали та ресурси, оцінювання знань та вмінь учнів. Для більш детального ознайомлення пропонуємо план навчального *Проекту* (таблиця 2).

## План навчального проекту

<b>Автор навчального проекту:</b>	
Прізвище, ім'я та по-батькові:	Буйницька Оксана Петрівна
Назва навчального закладу:	НПУ ім. М. П. Драгоманова
<b>Опис проекту</b>	
Назва проекту:	<b>Фізика навколо нас</b>
<b>Основні питання:</b>	<b>Чи існує гармонія в природі?</b>
Ключове питання:	
Тематичні питання:	Що сприяє життю на поверхні водоймищ ? Завдяки чому водомірки пересуваються по поверхні води? Що може мені допомогти пересуватись по поверхні?
Змістові питання:	Що таке поверхневий натяг? Чи змінюється сила поверхневого натягу від різних домішок?

**Стислий опис:**

Для зацікавлення учнів різного віку фізикою і кращого розуміння ними фізичних явищ та формування стійкого інтересу до предмета, десятикласники знайомлять їх з життям комах на поверхні озера, демонструють цифрові фото та відеофільми (при підготовці знайомляться та вивчають друковані та електронні публікації). Звертають увагу на фізичні явища в природі. Аналізують побачене. Зацікавившись пересуванням по поверхні водойми водомірки, перевіряють експериментально чи будуть утримуватися різні предмети на поверхні води, чи ні. Намагаються встановити залежність та зробити висновки. Проводячи ряд дослідів намагаються дізнатися за допомогою чого вони можуть пересуватися по поверхні водойми. Створюють мультимедійну презентацію, публікацію (буклет) та інтерактивний веб-сайт. По завершенню проекту готують вечір «Фізика за склянкою чаю», під час якого розповідають про оточуючі їх природні явища та пояснюють їх фізично, демонструють цікаві досліди, вказують на красу та гармонію в природі.

Продовж. табл.2

<b>Навчальні предмет(и):</b> відмітити предмети, з якими пов'язаний ваш навчальний проект		
<input type="checkbox"/> Основи економіки <input checked="" type="checkbox"/> Українська мова і література <input type="checkbox"/> Зарубіжна література <input type="checkbox"/> Музика, образотворче мистецтво <input checked="" type="checkbox"/> Інформатика <input type="checkbox"/> Всесвітня історія	<input type="checkbox"/> Людина і суспільство/Основи філософії <input type="checkbox"/> Я і Україна/Довкілля/Природознавство <input checked="" type="checkbox"/> Фізика, астрономія <input type="checkbox"/> Іноземна мова <input type="checkbox"/> Математика <input type="checkbox"/> Фізична культура, ОБЖ, ДПЮ <input type="checkbox"/> Біологія	<input type="checkbox"/> Географія <input checked="" type="checkbox"/> Хімія <input type="checkbox"/> Історія України <input type="checkbox"/> Основи правознавства <input type="checkbox"/> Трудове навчання <input type="checkbox"/> Інше: <input type="text"/> <input type="checkbox"/> Інше: <input type="text"/> <input type="checkbox"/> Інше: <input type="text"/>
<b>Класи:</b> відмітити класи, яких стосується ваш навчальний проект		
<input type="checkbox"/> 1-4 <input checked="" type="checkbox"/> 5-7 <input type="checkbox"/> Інше: <input type="text"/> <input type="checkbox"/> Інше: <input type="text"/>	<input checked="" type="checkbox"/> 8-9 <input checked="" type="checkbox"/> 10-11 <input type="checkbox"/> Інше: <input type="text"/> <input type="checkbox"/> Інше: <input type="text"/>	

### Державні освітні стандарти та навчальні програми:

**Освітня галузь "Природознавство". Фізична компонента освітньої галузі.**

Уявлення про молекулярну будову рідин. Знання одних з основних фізичних величин - коефіцієнт поверхневого натягу, відносна вологість повітря.

Уміння досліджувати фізичні параметри довкілля. Уміння застосовувати зазначені закономірності для пояснення фізичних явищ і процесів, розв'язування задач, проведення досліджень.

Уміння гармонійно взаємодіяти з навколишнім природним середовищем, приймати екологічно виважені рішення в природокористуванні.

Освітня галузь "Мова та література". Письмо.

Побудова письмових текстів (монолог, діалог) різних типів, стилів і жанрів (Уміння письмово переказувати (розгорнуто, стисло, вибірково), самостійно створювати письмові тексти, висловлювати в них власну думку про певну подію, ситуацію, прочитаний твір, дотримуватись вимог до мовлення, вдосконалювати написане).

Дизайн у сучасному техногенному середовищі. Функції та види дизайну. Ознаки і характеристики досконалості результату творчої діяльності.

Види, призначення та зміст проектних документів (знання законів і принципів конструювання та моделювання).



Уміння: здійснювати проектну діяльність за заданими умовами; графічно відображати творчий задум; давати творчу оцінку досконалості результатів проектної діяльності; застосовувати принципи конструювання та моделювання у творчій діяльності; здійснювати конструювання та моделювання за графічним зображенням, за технічними умовами чи власним задумом).

### **Навчальні цілі та очікувані результати навчання:**

Зацікавити до вивчення фізики, показати зв'язок фізики з природою, пристосування комах до життя на водоймах, познайомити з фізичними явищами, зафіксувати і порівняти переміщення комах по воді, спробувати переконатися чи існує сила поверхневого натягу, що втримує предмети на поверхні води. Робити висновки, що підтверджуються фізичними дослідями.

Познайомити з новинками по даній темі, визначити цікаві та необхідні матеріали, з'ясувати можливість і правильність дослідів та познайомити з ними інших учнів.

Провести дослідження та створити звіти про них для того, щоб: вдосконалювати навички: групової роботи, співпраці в команді; вмінні планувати свою роботу; узгоджувати свою діяльність з іншими.

Створити веб-сайт з розповіддю по тематичному питанню для закріплення вміння створення сайтів.

### **Діяльність учнів:**

На початку роботи над проектом учні переглядають методичні матеріали, запропоновані їм; ознайомлюються з формами оцінювання; добирають інформацію.

Працюють над пошуком матеріалу в різних джерелах: традиційних – друкованих виданнях, ресурсах мережі Інтернет. Аналізують знайдену інформацію; формують власні ідеї та бачення, висловлюють думки щодо заданої теми.

Обговорюють проект, фотографують водомірок, переглядають відеофільми по темі проекту, проводять досліди по поверхневому натягу рідин. Планують та розробляють презентацію для виявлення головних етапів роботи. Створюють презентацію. Презентують свої досягнення в класі перед своїми однокласниками.

Обговорюють проект, досліджують друковані та електронні публікації, демонстрації. Створюють власну публікацію, для чого добирають матеріали, аналізують одержану інформацію, вчаться робити висновки.

Знайомляться зі структурою веб-сайтів, навчаються робити гіперпосилання та навігацію по сайту, працювати з графікою. Створюють веб-сайт свого проекту, користуючись програмою Publisher.

На сайті розміщують інформацію про проект. Аналізують відгуки про створений сайт. На майбутнє – вдосконалення і доповнення сайту.

Підводять підсумки, публічно виступають з захистом проекту, оцінюють свою роботу та роботу інших.

Під час ознайомлення з теоретичним матеріалом використовують дидактичний матеріал.

Після вивчення теорії та виконання практичних досліджень виконують тестові завдання створені засобами Word. Використовуючи дидактичний матеріал створений в Excel учні підводять підсумки своєї роботи.

По завершенню проекту готують вечір, за допомогою якого намагаються зацікавити до вивчення фізики інших учнів та доводять, що фізика – цікава наука, яка пояснює навколишній світ.

### Приблизний час, необхідний для реалізації навчального проекту:

Місяць

### Вхідні знання та навички:

Знання клавіатури та вміння користуватися мишею, набір та редагування тексту, елементарні перетворення графічних об'єктів, зберігання та відкривання файлів.

Знання властивостей рідин та твердих тіл.

Базові предметні знання.

### Матеріали та ресурси:

Обладнання (відмітити необхідні прилади):		
<input checked="" type="checkbox"/> Фотоапарат	<input type="checkbox"/> Лазерний диск	<input checked="" type="checkbox"/> Комп'ютер(и)
<input checked="" type="checkbox"/> Принтер	<input type="checkbox"/> Відеокамера	<input type="checkbox"/> Відеомагнітофон
<input checked="" type="checkbox"/> Цифровий фотоапарат	<input checked="" type="checkbox"/> Проектор	<input type="checkbox"/> Обладнання для проведення відеоконференцій
<input type="checkbox"/> Програваач DVD-дисків	<input type="checkbox"/> Сканер	<input type="checkbox"/> Інше: _____
<input type="checkbox"/> Засоби для зв'язку з Інтернетом	<input type="checkbox"/> Телевізор	
Програмне забезпечення (відмітити необхідні програми):		
<input type="checkbox"/> Бази даних	<input checked="" type="checkbox"/> Програми опрацювання зображень	<input type="checkbox"/> Програми для створення веб-сайтів
<input type="checkbox"/> Табличний процесор	<input checked="" type="checkbox"/> Веб-браузер для перегляду веб-сайтів	<input checked="" type="checkbox"/> Текстовий редактор
<input checked="" type="checkbox"/> Видавничі системи	<input checked="" type="checkbox"/> Програми для створення мультимедійних презентацій	<input checked="" type="checkbox"/> Програми для створення публікацій
<input checked="" type="checkbox"/> Програми для підтримки роботи з електронною поштою		<input type="checkbox"/> Архіватори
<input checked="" type="checkbox"/> Енциклопедія на компакт-диску		<input type="checkbox"/> Інше: _____

Продовж. табл.2

<b>Друковані матеріали:</b>	Підручник «Фізика 10» за ред. Коршака Є. В. Перельман І. Я. Цікава фізика
<b>Додаткове приладдя та витратні матеріали:</b>	Фотоапарат, комп'ютер з необхідним програмним забезпеченням, принтер, папір, обладнання для дослідів: посудина з водою, голка, лезо, папір в клітинку, ножиці, шматочки цукру та мила.
<b>Ресурси Інтернету:</b>	<a href="http://www.onixtour.com.ua/books/speleo/part08.htm">http://www.onixtour.com.ua/books/speleo/part08.htm</a> ; <a href="http://razvlekon.h1.ru/Problema%20zagrjaznenija%20Mirovogo%20okeana.htm">http://razvlekon.h1.ru/Problema%20zagrjaznenija%20Mirovogo%20okeana.htm</a> ; <a href="http://svitlo.by.ru/bibloteka/ot_sozd_mira/ot_sozd_mira12.html">http://svitlo.by.ru/bibloteka/ot_sozd_mira/ot_sozd_mira12.html</a>
<b>Інше:</b>	Організація екскурсії на водоймище для спостереження і фотографування комах, жуків.
<b>Диференціація навчання:</b>	
Обдаровані учні:	Учням пропонується провести пошук матеріалів на заперечення поставленого питання.
<b>Оцінювання знань та вмінь учнів:</b>	Згідно складених форм оцінювання (див. відповідну папку), проведення конкурсів та ігор.
<b>Ключові слова:</b>	Фізика, природа, гармонія, поверхневий натяг, форма рідини

## 2.4. План реалізації проекту

В реалізації проекту брали участь учні 10-х класів Миньковецької загальноосвітньої школи I-III ступенів, що на Хмельниччині. Координатором проекту виступав вчитель фізики вище згаданої школи П. М. Онищук. Тому разом з ними було узгоджено та затверджено план реалізації даного *Проекту*, який подано у таблиці 3. У плані чітко визначено завдання, поставлені перед учнями, термін їх виконання та осіб, що можуть допомогти у реалізації намічених завдань. Для зручності користування планом

реалізації, усі завдання розділені на ті, які необхідно виконати до початку **Проекту**, під час проекту та по його завершенні.

Таблиця 3

## Планування реалізації проекту

№ п/п	Що потрібно зробити перед початком проекту?	Хто це зробить або допоможе?	Коли це слід зробити?
	Придбати/позичити необхідні пристрої, (камера, сканер, проектор)	Вчитель, батьки	За 2 дні
	Зарезервувати час в комп'ютерній лабораторії або бібліотеці	вчитель	За тиждень
	Знайти та зібрати книги/диски, що будуть використовуватись у Проекті	Учні, вчитель	За тиждень
	Налагодити зв'язок з класом-партнером і обговорити умови та взаємодію для виконання спільного проекту	Учні, вчитель	За тиждень
	Провести додаткове заняття з класом	вчитель	За 3 дні
	Призначити спеціальний урочистий вечір для демонстрації учнівських робіт	вчитель	За 3 дні
	Розіслати інформаційний бюлетень чи статтю, в якій розміщено інформацію про майбутній проект батькам з проханням про допомогу	учні	За тиждень
	Запросити директора школи, батьків, представників місцевої газети для ознайомлення з роботою учнів	Учні, вчитель	За тиждень
	Придбати/отримати матеріали та приладдя для практичної роботи	Учні, вчитель	За тиждень
	Розмістити на веб-сервері в Інтернеті учительський веб-сайт для використання учнями протягом виконання проекту	вчитель	За тиждень
	Перевірити URL-адреси, які будуть використовувати учні. Оновити папку Вибране та свій учительський веб-сайт	вчитель	Під час підготовки матеріалів
	Визначити порядок зберігання файлів на шкільному комп'ютері та можливості доступу до них учнями	вчитель	Під час підготовки матеріалів
	Переконатися, що учні мають відповідні навички роботи з комп'ютером, забезпечити навчання тих, хто їх не має	вчитель	За тиждень

	<b>Що потрібно зробити протягом проекту?</b>	<b>Хто це зробить?</b>	<b>Коли слід зробити?</b>
	Ознайомити учнів з критеріями оцінювання їх роботи в проекті	вчитель	Під час виконання
	Проглянути разом з учнями відібраний для проекту матеріал, надати рекомендації для подальшої роботи	вчитель	Під час виконання
	Організувати самостійну роботу учнів в проекті	вчитель	Під час виконання
	Обговорити з учнями майбутню форму подання результатів проекту	вчитель	Під час виконання
	Запросити фахівців, батьків прийти до школи	учні	Під час виконання
	Зробити фотографії учнів за роботою	учні	Під час виконання
	Запросити директора школи, представників місцевої газети подивитися, як працюють учні	учні	Під час виконання
	Призначити учнівські конференції, присвячені проекту	вчитель	Під час виконання
	Оцінити учнівські проекти	Вчитель, учні	Під час виконання
	Провести оцінювання проекту в цілому, отримати відгуки про те, наскільки вдалим він був (ваші власні висновки, висновки учнів, батьків).	Учні, батьки	Під час виконання
	<b>Що потрібно зробити по завершенні проекту?</b>	<b>Хто це зробить?</b>	<b>Коли слід зробити?</b>
	Розіслати листи подяки особам, що допомогли у реалізації проекту своєю роботою та фінансуванням	учні	По завершенні
	Призначити презентацію для шкільної ради, батьківської ради, а головне для учнів – вечір «Фізика за склянкою чаю»	Вчитель, учні	По завершенні
	Вручити нагороди та відзнаки учням	Вчитель, учні	По завершенні
	Подумати про наступний проект, в якому можна ефективно застосувати комп'ютерні технології	Вчитель, учні	Після завершення проекту

Знайомлячи учнів з прикладами *Проектів*, увага зосереджувалась на вирішенні питань із розділу Навчання та розвиток учнів, що подані у вимогах до *Портфоліо*. Користуючись критеріями таблиці оцінювали наскільки ефективно вирішуватимуться завдання, сформульовані у планах.

Аналізуючи приклади *Портфоліо* навчальних *Проектів* у школярів виникло бажання створити свої власні роботи. Тому було організовано три групи, які готували відповідно презентацію, публікацію та створювали веб-сайт для обговорення даної теми з учнями різних шкіл.

Увагу учнів було звернено на те, що в роботах доцільно використовувати цікавий матеріал, що стосується даної теми. Щоб визначити цікаві для учнів явища, факти розроблено анкету, яка наведена у *дидактичних матеріалах* навчального *Проекту* (рис. 10).

Ім'я \_\_\_\_\_

## Що я знаю?

Напишіть, які явища в природі ви вже спостерігали. Чи пояснює їх фізика?  
 Це допоможе вам дізнатись, яких знань ще не вистачає!  
 А що найцікавіше – ви побачите що фізика і природа нероздільні!

Що я знаю	Що я хочу дізнатись
<p><i>Приклад:</i> Роса. Краплинки її майже ідеально круглі.</p>	<p><i>Приклад:</i> Чому з'являється роса? Чому краплинки води зберігаються на траві та квітах, а не розтікаються по їх поверхні? Чому невеликі краплинки роси мають круглу форму? Від чого сплющуються самі великі краплі?</p>

Це допоможе вам відповісти на питання: „Чому важливо знати фізику? Як пов'язана фізика і природа? Які природні явища вас зацікавили? Про що ще хочете дізнатися?”

Рис. 10. Дидактичні матеріали. Анкета

## 2.5. Пошук інформаційних ресурсів

Після аналізування анкет перед учнями постала проблема, де знайти ґрунтовне пояснення та опис цікавих явищ та фактів, що хвилювали їхніх друзів. Для цього необхідно вірно підібрати інформаційні ресурси та створити список джерел, посилання на які має бути оформлено згідно визначених правил. Доцільно користуватися і Інтернет-ресурсами. *Посилання на використані ресурси знаходяться в методичних матеріалах і відображені в таблиці 4.*

Таблиця 4

Посилання на використані ресурси Інтернету

Назва веб-сайта	URL-адреса_сайта	Ресурси (текст, малюнок, звук) для проекту, які можна знайти на веб-сайті
ЦСТ Ониск-Тур	<a href="http://www.onixtour.com.ua/books/speleo/part08.htm">http://www.onixtour.com.ua/books/speleo/part08.htm</a>	Вода під землею
	<a href="http://razvlekon.h1.ru/Problema%20zagrjaznenija%20Mirovogo%20okeana.htm">http://razvlekon.h1.ru/Problema%20zagrjaznenija%20Mirovogo%20okeana.htm</a>	Проблема заґрязнення мирового океана
	<a href="http://svitlo.by.ru/bibloteka/ot_sozd_mira/ot_sozd_mira12.html">http://svitlo.by.ru/bibloteka/ot_sozd_mira/ot_sozd_mira12.html</a>	От создания мира

Самі ж матеріали, які допоможуть у створенні або ж будуть використовуватись у навчальному *Проекті*, заносяться у папку *Допоміжні матеріали*. Як видно з рис. 2., названа папка містить чотири допоміжних файли. Ознайомимось детальніше зі змістом даних матеріалів.

Перший файл – *didakt*. В ньому подані за темою навчального *Проекту* цікаві матеріали, які розділені на чотири види, а саме: цікаві запитання, рубрика «Цікаво знати», цікаві досліди та запитання до кросворду.

## 2.6. Допоміжні матеріали

### *Фізика і природа – єдині.*

/didakt

#### I. Цікаві запитання:

Запитання 1. Мандрівники, які побували в пустелі Судану, були вражені тим, що їх сорочки висихали миттєво. Як це пояснити?

Відповідь. Повітря пустелі майже не містить пари і волога з сорочок миттєво випаровується.

Запитання 2. У портфель поклали покупку і через деякий час його зовнішня стінка вкрилась краплями води. Що могло бути в портфелі?

Відповідь. Тіло, яке мало значно нижчу від повітря температуру: заморожені овочі, морозиво тощо.

Запитання 3. Якщо перевозити сталні вироби у вугільному порошок, то вони навіть у вологих тропіках не ржавіють. Чому?

Відповідь. Водяну пару поглинають частинки активованого вугілля і тому іржа не утворюється.

Запитання 4. У пустелі в спеку вода у неполиваному глечичку буде значно холоднішою, ніж у склянній пляшці. Чому?

Відповідь. Стінки глечика мають мікроскопічні пори, крізь які вода випаровується.

Запитання 5. Одну склянку вщерть заповнили гарячим чаєм, а другу таким же гарячим бульйоном. Яка з рідин охолоне швидше, чому?

Відповідь. Охолоне швидше чашка з чаєм, тому що молекули чаю будуть випаровуватись, а на бульйоні утвориться плівка жиру, яка і буде заважати випаровуванню.

Запитання 6. Чи на кожній речовині ртуть зберігає форму крапель?

Відповідь. Тільки на тих, які вона не змочує.

Запитання 7. Відомий вислів "як мокра курка". Чому не має вислову "як мокра гуска"?

Відповідь. Мокрою гуска не може бути, оскільки її пір'я змащене жиром.

Запитання 8. Чому в решеті (сітку якого попередньо опустили в розплавленій парафін і стряхнули, щоб парафін не заліпив отворів) можна носити воду?

Відповідь. Тому що вода не змочує покриті шаром парафіну дротинки решета і утворює в його комірках тонку плівку.

Запитання 9. Для чого при будівництві цегляного будинку на сирій землі між фундаментом і стінами стелять толь або руберойд?

Відповідь. Для того, щоб запобігти підніманню води по капілярах цегли і будинок був сухим.

Запитання 10. Пляму з одягу за допомогою бензину починають виводити з краю плями. А чому не з центра?

Відповідь. Бензин зменшує поверхневий натяг і введення його в центр плями призведе до її швидкого збільшення.

## *II. Повідомлення з рубрики «Це цікаво знати»*

### **1. Казка-загадка "Три троянди".**

"У прекрасному Болістані - країні троянд - жив молодий акин, поет-співець. А у саду в акина цвіли три чудові троянди. Якось уночі, складаючи свої пісні, акин почув, що йому вторить із саду чийсь, надзвичайно приємний, дзвінкий голос. Він оглянув весь сад, але нікого не знайшов. Наступної ночі повторилось те саме. Хтось разом із ним співав його пісні, а



він не міг збагнути, хто це. Знову настала ніч. Акин вийшов у сад, заспівав свою пісню і ясно почув позаду знайомий дзвінкий голос. Акин швидко озирнувся і побачив прекрасну дівчину. Дівчина спробувала сховатись.

- Стій! - вигукнув акин. Зупинись! Хто ти, звідки знаєш мої пісні?

- Я одна з тих троянд, що цвітуть біля твоєї юрти. Щоночі я перетворююся у дівчину, але як тільки зачервоніє схід, знову стаю трояндою, і якщо вранці, серед трьох троянд, ти впізнаєш мене, чари розсіються, і я знову стану дівчиною. Тільки ж не помились! Якщо помилишся, я назавжди залишусь трояндою.

Сказавши це, дівчина зникла. Коли зійшло сонце, акин підійшов до трояндового куща. Він довго дивився на троянди, боячись помилитись.

Це ти! - нарешті, сказав він і показав на одну з троянд. Червоні пелюстки обспалились, і біля куща з'явилась дівчина... Як акин серед трьох зовсім однакових троянд впізнав чарівну?

Перетворивши таким чином казку на загадку, учням пропонується висловити свої міркування. Учні здогадуються, що на одній з троянд роси не було.

Казка-загадка змушує бути уважним, спостережливим, зацікавленим наукою про природу, яку доводиться вивчати. Використання на уроках казок-загадок, вікторин сприяє розвитку кмітливості учнів, допомагає формуванню елементів логічного мислення.

## 2. Цікава особливість гасу.

Англійський гуморист Джером не дуже перебільшував, коли в повісті «Трое в одной лодке» розповідав про гас наступне:

«Я не знаю вещества, более способного просачиваться всюду, чем керосин. Мы держали его на носу лодки, а он оттуда просочился на другой конец, пропитав своим запахом все, что попадалось ему на пути. Просачиваясь сквозь обшивку, он капал в воду, портил воздух и небо, отравлял жизнь. Иногда керосиновый ветер дул с запада, иногда с востока, а иной раз это был северный керосиновый ветер или, может быть, южный, но, прилетал ли он из снежной Арктики или зарождался в песках пустыни, он всегда достигал нас, насыщенный ароматом керосина. По вечерам это благоухание уничтожало прелесть заката, а лучи месяца положительно источали керосин... Привязав лодку у моста, мы пошли прогуляться по городу, но ужасный запах преследовал нас. Казалось, весь город был им пропитан».

Насправді, звичайно, просочене гасом було лише плаття мандрівників.

Здатність гасу змочувати зовнішню поверхню резервуарів подала привід до неправильної думки, начебто гас може проникати крізь метали і скло.

На суднах, якщо не прийняті міри, практично неможливо перевозити ніякі товари, крім тих же газу чи нафти, тому що ці рідини, виповзаючи з баків через непомітні шпари, розтікаються не тільки по металевій поверхні самих баків, але проникають рішуче усюди, навіть в одяг пасажирів, надаючи всім предметам свій запах. Спроби боротися з цим злом залишаються часто безрезультатними.

3. Чи відомо вам, що одна тонна нафти утворює на морській поверхні плівку площею 12 км<sup>2</sup>. Щорічно до океану потрапляє 5-10 млн. т. нафти. А 1 л. цієї розлитої рідини позбавляє кисню 40000 л. води, тому під нафтовою плівкою гинуть усі види зоопланктону.

4. Вчення про поверхневі явища виросло з теорії капілярності, створеної на початку XIX ст. Лапласом, Гаусом і іншими вченими. Потім над цим питанням працював Гіббс.

### *III. Цікаві досліді*

#### **«Бездонний» келих.**

Налийте в келих до країв води. Він повний. Біля келиха поставте булавки. Спробуйте, може для одної-двох булавок ще знайдеться місце в келиху?

Почніть кидати булавки і рахуйте їх. Кидати треба обачно: дбайливо занурюйте вістря у воду і потім обережно випускайте булавку з руки, без поштовху чи тиску, щоб струсом не розплескати воду. Одна, дві, три булавки упали на дно – рівень води залишився незмінним. Десять, двадцять, тридцять булавок... Рідина не виливається. П'ятдесят, шістдесят, сімдесят... Ціла сотня булавок лежить на дні, а вода з келиха усе ще не виливається.

Не тільки не виливається, але навіть і не піднялася помітно над краями. Продовжуйте кидати булавки. Друга, третя, четверта сотня булавок виявилася в посудині – і жодна крапля не перелилася через край; але тепер уже видно, як поверхня води здулася, піднімаючись над краями келиха. У цьому здутті вся розгадка незрозумілого явища. Вода погано змочує скло, якщо воно хоча б трішки забруднене жиром; край келиха – як і весь уживаний нами посуд – неминуче покривається слідами жиру від дотику пальців. Не змочуючи країв, вода, що витісняється булавками утворює опуклість, а не виливається з келиха.

#### **Плавання важких суцільних тіл на поверхні води.**

Краще всього показати плавання алюмінієвого диска діаметром 150-250 мм. Щоб зручніше було при досліді класти диск плазом на поверхню води, при його вирізуванні треба залишити досить широкий відросток біля краю диска і загнути його вгору під прямим кутом (або підвісити диск на трьох нитках).

Установивши на підйомному столику яку-небудь миску з водою, диск змащують по нижній поверхні і по краях вазеліном і кладуть його на поверхню води. Диск плаває. Після цього диск рівномірно навантажують гирками або кусочками заліза (залежно від його діаметра) і спостерігають, що поверхня води навколо диска прогинається, але диск не тоне.

Нарешті, натиснувши пальцем на край диска, плівку води проривають і показують, що диск при цьому тоне.

Плавання тіла в цьому випадку відбувається не за законом Архімеда, бо вага тіла більша за вагу витісненої рідини. Тіло підтримує на воді пружна поверхнева плівка рідини.

Змачення тіла сприяє плаванню, бо вода не змочує його, і поверхнева плівка води не руйнується.

### Малюнок-задача “Проект капілярно-гнітового вічного двигуна”.

За припущенням винахідника вода з нижньої посудини піднімається вгору по звичайному гноту і стікатиме у верхню посудину. Виливаючись звідти, вода, падаючи на колесо, приведе його в рух. А потім з нижньої посудини вода знову підніметься по гноту вверх і т. д. (рис. 11). Знайти помилку в цьому проекті.

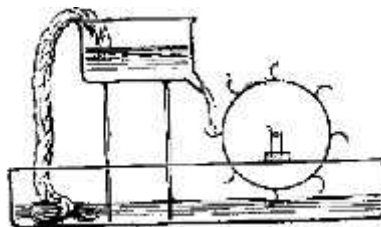


Рис. 11. Проект двигуна

Відповідь. Сили поверхневого натягу, внаслідок яких рідина піднімається по капілярах гноту, втримують її від падання з гноту на дно верхньої посудини.

### IV. Запитання, що можна використати для складання кросворду,

у якому ви зможете по горизонталі (1) побачити назву приладу, яким вимірюють вологість повітря.

*По вертикалі.*

1. Через яку величину водяної пари можна визначити відносну вологість повітря? (густина).

2. Який тиск водяної пари може характеризувати абсолютну вологість повітря? (парціальний).

3. Якою буквою позначають коефіцієнт поверхневого натягу? (сигма).

4. Як напрямлена сила поверхневого натягу, що діє на контур до лінії контуру? (перпендикулярно).

5. Яка величина характеризує вміст водяної пари в атмосфері? (вологість).

6. Чим вкривають металеві вироби, щоб захистити їх від хімічної корозії? (мастило).

7. Викривлення вільної поверхні рідини на межі з посудиною (меніск).

8. Від чого залежить підняття рідини в капілярі? (тиск).
9. Форма меніска у тонких трубках (сферична).

Другий файл - *rov\_nat*, в якому зібраний матеріал про природну форму рідин.

### ***Природна форма рідини.***

*/rov\_nat*

Ми звикли думати, що рідини не мають ніякої власної форми. Це невірно. Природна форма рідини – куля. Звичайно, сила тяжіння заважає рідині приймати цю форму, і рідина або тонко розтікається, якщо розлита, або набуває форми посудини, в яку налита. Знаходячись всередині іншої рідини з такою ж густиною, рідина, за законом Архімеда, втрачає свою вагу: начебто нічого не важить, тяжіння на неї не діє – і тоді рідина приймає свою природну, сферичну форму.

Оливкове масло плаває у воді, але тоне у спирті. Тому можна приготувати суміш води та спирту, в якій масло не тоне і не піднімається на поверхню, а збирається у круглу краплю, яка висить нерухомо у суміші (рис. 12).

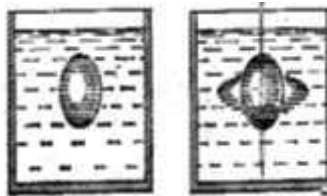


Рис. 12. Дослід 1

Та це ще не все. Пропустивши через центр масляної кулі довгий дерев'яний стержень (провід) бачимо що її можна крутити. Під впливом обертання куля спочатку починає сплющуватись, а через декілька секунд відділяє від себе кільце. Розриваючись на частинки кільце створює не безформні шматки, а нові кулеподібні краплі, які продовжують крутитися біля центральної кулі.

Спостерігаючи за крапельками ранкової роси на траві чи листочках, важко не помітити, що ці крапельки майже ідеально круглі. Відомо також, що і ртуть на склі теж збирається в ідеально круглі кульки. І тільки самі великі з них сплющуються під дією власної ваги. Чи доводилося вам спостерігати за висячим на гілці бджолиним роєм? Він виглядає як величезна жива крапля. Бджоли безупинно повзають одна по одній, намагаючись потрапити в середину рою.

Порівнюючи ці спостереження, робимо висновок: для того, щоб роса збиралася в крапельки, необхідно, щоб якась сила притягувала поверхневі молекули води до центра краплі, не даючи їй розпливитися по листу рослини. І така сила дійсно є. Але про неї – трохи пізніше, а зараз познайомимся з явищем поверхневого натягу ближче. Проведемо дослід.

Зігнемо з дроту кільце, до протилежних сторін якого прив'яжемо кінці нитки, залишивши її не натягнутою. Опустимо кільце з ниткою у ванночку з мильним розчином. Вийнявши кільце з розчину, помітимо, що нитка не натягнута, а лежить "змієюю" на поверхні мильної плівки в кільці. Доторкнемося пальцем до плівки ліворуч від нитки. У той же момент вона лопне, а нитка натягнеться, прогнувшись вправо. Чому нитка натягнулася? Мабуть, тому, що мильна плівка праворуч від нитки прагне "стягтися", зменшити площу своєї поверхні. Чому так відбувається?

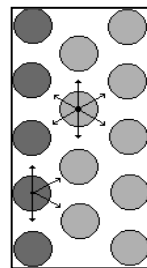


Рис. 13. Дослід 2

На малюнку (рис. 13) ви бачите схематичне зображення молекул мильної плівки, укладеної між ниткою і кільцем. Темно-сірим кольором позначені молекули розчину, що прилягають до нитки, ясно-сірим – молекули плівки праворуч нитки. Розглянемо діючі сили. "Світлу" молекулу з усіх боків оточує рівна кількість сусідів. Тому всі сили, що діють на неї, взаємно врівноважують одна одну, і молекула залишається в спокої. Інша справа, коли молекула знаходиться поблизу границі рідини і нитки ("темна" молекула). Зверху і знизу цю молекулу як і раніше оточує рівна кількість сусідів, і сили їхнього притягання також врівноважують одна одну. А ось притягання правих молекул залишається невірноваженим і "втягує" розглянуту нами молекулу вправо, всередину рідини, прагнучи зменшити площу поверхні рідини. Саме тому і натягується нитка.

У природі поверхнева плівка води відіграє роль опори для багатьох організмів. Личинка комара, наприклад, підвішується знизу до поверхневої плівки за допомогою особливих гачків, що оточують її органи подиху. Якщо залити поверхню води тонким шаром нафти, то міцність поверхневого шару зменшується, він не може утримати личинку, вона тоне, і, позбавившись можливості дихати, гине.

Виявляється, що і воду носити в решеті можливо не лише у казці... Знання фізики допоможуть виконати таку класично неможливу справу. Для цього необхідно занурити сітку решета в розігрітій парафін. Тепер у ньому можна утримувати досить велику кількість води. Покриті шаром парафіну дротинки решета вода не змочує, вона утворює в його комітках тонку плівку, опуклу донизу. Саме ця поверхнева плівка води понад дном і вздовж стінок решета і стримує воду. Доторкаючись мокрим пальцем до дна, ми порушуємо цю плівку, через що в цьому місці вода починає виливатись. Те саме відбувається при механічному струшуванні решета. В такому решеті втримується досить високий шар води, не проливаючись крізь комірки; потрібно лише обережно наливати воду і обережати решето від поштовхів.

Таке парафінове решето можна поставити на воду, і воно буде утримуватись на ній. Отже, можна не лише носити воду в решеті, але й плавати на ньому.

Цей парадоксальний дослід пояснює ряд незвичайних явищ, до яких ми звикли і не замислюємось про їх причину. Смоління бочок і човнів, окраска масляною фарбою, і взагалі покриття масляними речовинами всіх тих предметів, які ми хочемо зробити непроникними для води, а також прорезинювання тканин – все це не що інше, як виготовлення описаного вище решета. Природа явища і там і тут однакова, лише у випадку з решетом вона виступає в незвичайному вигляді.

*Третій файл - **skazka**, в якому подано казку-загадку із фізичним змістом, а саме властивостями рідин. Вона змушує бути уважним, спостережливим, зацікавлює наукою про природу, яку доводиться вивчати. Використання казок-загадок сприяє розвитку кмітливості, допомагає формуванню елементів логічного мислення.*

*«В одного царя було три доньки: старша, середня і наймолодша. Полюбила наймолодша прекрасного принца і захотіла з ним одружитись. Та батько не дозволив, адже не вийшли заміж дві старші доньки. Вона дуже образилась, оскільки її сестри і не збирались ще виходити заміж. І сильно засумувала. Тоді батько, щоб заспокоїти свою улюбленицю, поміркувавши, покликав їх до себе, і сказав.*

*– Любі мої! Я не хочу бачити вас засмученими. А тому зробимо так: я накажу на площі розвести три однакових вогнища, над ними підвісити три однакових котли, наповнених водою. В якому котлі вода закипить найшвидше, та з вас вийде заміж першою, а в якому закипатиме найдовше – відповідно останньою.*

*Так і вирішили. Наповнили котли водою, розвели вогнища. І стали чекати. Наймолодші дуже кортіло, щоб вода закипіла найшвидше, і вона раз за разом піднімала кришку, дивлячись чи не кипить ще вода. Середній теж було цікаво знати, коли вона вийде заміж, а тому також зрідка підходила до котла і поглядала, чи не кипить ще вода. Оскільки старша заміж не хотіла виходити, то сиділа біля батька, очікуючи результату...*

*В якому котлі вода закипить швидше?»*

У четвертому файлі **voda\_zem!** знаходиться інформація, знайдена в мережі Інтернет. Адреси сайтів із поданими матеріалами наведені у таблиці 4, а самі матеріали, що будуть використовуватись при створенні навчального **Проекту** подано у рубриці «Вода под землей», яка наведена нижче. (Подана інформація представлена у тому ж вигляді, що й на сайті).

## Вода под землей

*Есть много струй в подлунном мире,  
Ключи поют в пещерах, где темно,  
Звезда, как дух...*  
К. Бальмонт

### Многоликая странница

Карстовые пещеры являются порождением движущейся воды и одновременно - ее вместилищем. Еще натурфилософы Древней Греции отмечали многообразие форм существования воды: в атмосфере она находится в виде пара; в порах, трещинах и кавернах - в капельно-жидком виде, стекая по их стенкам; в пещерах образует скопления стоячей (лужицы, озера) или движущейся (ручьи, реки) воды; в благоприятных климатических условиях она формирует значительные скопления снега и льда. Законы движения воды в разных состояниях различны и исследуются методами метеорологии, гидрологии и гляциологии. Чтобы правильно оценить особенности подземного ландшафта, спелеологу приходится использовать основные положения как этих, так и многих других научных дисциплин. Попробуем и мы кратко ознакомиться с "тонкостями" поведения воды под землей.

С парообразной влагой связана одна из самых противоречивых проблем современной гидрогеологии - проблема конденсации. Первые упоминания о возможности конденсации влаги в пещерах Средиземноморья принадлежат древнегреческим философам Фалесу Милетскому и Аристотелю (VII-VI вв. до н. э.). В XVII в. их идеи развили Рене Декарт и Цезарь Кюн, а в 1887 г. Отто Фольгер предложил гипотезу о преобладающем значении конденсации в питании подземных вод. В 1890-91 гг. с ее резкой критикой выступил метеоролог Отто Ганн, и лишь глубокие исследования русского гидролога А. Ф. Лебедева (1908-1936 гг.), оставшиеся почти неизвестными за рубежом, возродили эти идеи на новой теоретической основе.

Прежде всего, было установлено, что парообразная влага может передвигаться независимо от потока воздуха. Она перемещается из зон с большей абсолютной влажностью ( $e$ , мм рт. ст.) к зонам с меньшей влажностью, а при их равенстве - из зоны с большей температурой воздуха ( $t$ , °C) к меньшей. Оценить значения  $e$  и  $t$  на поверхности и под землей можно легко с помощью психрометра.

Второй важный момент. По микроклиматическим данным, в теплый период времени (апрель-сентябрь) абсолютная влажность воздуха под землей на 1-7 мм рт. ст. ниже, чем на поверхности. Таким образом, возникает устойчивый поток влаги из атмосферы в карстовые пещеры и шахты, где и происходит ее конденсация.

Теоретические выкладки А. Ф. Лебедева хорошо подтверждались наблюдениями в карстовых районах. По историко-археологическим данным, именно конденсационную влагу использовали жители античных и средневековых поселений Южной Европы и Центральной Азии; гидрогеологические данные свидетельствуют о существовании небольших, но постоянных источников близ горных вершин, перевалов, на изолированных возвышенностях - останцах, где питание дождевыми осадками близко к нулю; гидрологи давно отметили, что карстовые реки не пересыхают все лето, причем их расходы в период без дождей, длящийся иногда 3-4 месяца, поддерживаются на одном уровне (3-6 л/с). Наконец, прямые эксперименты по получению влаги в специальных установках с различным наполнителем (глибы, щебенка, галька, песок), проведенные в самых разных климатических зонах - от сухих субтропиков до тундры, - показали, что каждые 5 м<sup>3</sup> наполнителя генерируют в среднем 1 литр воды.

В 60-70-е гг. в разных районах бывшего СССР были выполнены десятки тысяч замеров микроклиматических параметров полостей. Их обработка показала, что расходы 25 различных карстовых источников, расположенных в 30-1800 м над уровнем моря, строго следуют за изменениями температуры и абсолютной влажности атмосферного воздуха. Только реагируют они на них по-разному и запаздывают на 1-16 часов, что определяется геологическими и гидрогеологическими особенностями района. Связь между расходом и влажностью характеризуется очень высоким коэффициентом корреляции (0,84+0,12). Расчеты показали, что

конденсация под землей в среднем составляет 3,5% от годового количества атмосферных осадков. Казалось бы, мелочь. Но не спешите с выводами. Дело в том, что около 50% выпадающих осадков испаряется и, следовательно, не идет на питание подземных вод. Это повышает реальный вклад конденсации до 7% от осадков. Кроме того, конденсация происходит в теплый период, когда дождей сравнительно немного. Поэтому в отдельных карстовых районах летняя конденсация составляет до 30% от разности осадки/испарение, обеспечивая работу одного условного карстового источника с расходом 4-5 л/с с каждого квадратного километра территории.

Казалось бы, проблема решена. Но гидрогеологи, далекие от спелеологии, не верили ее "ползучим" методам. Повод для сомнений был: ведь конденсация происходит только в теплый период, а зимой абсолютная влажность под землей выше, чем на поверхности! Отсюда напрашивается вывод - зимнее испарение компенсирует летнюю конденсацию...

Пришлось опять залезть под землю. Материалы по крымским пещерам не давали ясного ответа, так как там снег в горах стает 5-7 раз за зиму, все время "подпитывая" карстовые воды. В такой ситуации отделить конденсационные воды от инфильтрационных почти невозможно. Другое дело - высокогорье и приполярные области, где он лежит всю зиму! "Первый звонок" прозвучал в шахте Снежная на Бзыбском массиве (Грузия). В стремлении преодолеть рубеж 1000 м А. Морозов, Д. Усиков, Т. Немченко и их коллеги с 1977 г. начали проводить зимние экспедиции. В это время им не угрожали катастрофические паводки (летом здесь иногда выпадает до 100 мм осадков в сутки!). Правда, резко повышалась опасность лавин на подходах (что и привело в 1985 г. к трагической гибели трех спортсменов во главе с опытейшим А. Морозовым). Работая зимой под землей, спелеологи обратили внимание на то, что, несмотря на низкие температуры, на поверхности (до -30 °С), капель под землей не прекращалась.

"Второй звонок" последовал из гипсовых пещер Пинего-Кулойского плато (Архангельская область). В 1981 г. спелеологи В. Н. Малков и Н. К. Франц рассказали о результатах наблюдений над "зимней" конденсацией. Оказалось, что ее интенсивность увеличивается с понижением температуры воздуха на поверхности.

Теперь оставалось обосновать фактические наблюдения теоретическими расчетами. Для этого опять пришлось вернуться в Крым, где имелся богатейший банк данных по микроклимату пещер. В холодный сезон температура воздуха под землей составляет в среднем +10 °С, абсолютная влажность - 9,0 мм рт. ст., а на поверхности -10 °С и 2,2 мм рт. ст. Таким образом, действительно, в этот период происходит вынос влаги из карстового массива. Но (очень важное "но") происходит он не в открытую атмосферу! Парообразная влага из глубины массива поднимается вверх, конденсируется в верхней, охлажденной части массива и на нижней поверхности покрывающего его снега и в виде капли поступает по трещинам и полостям обратно в глубину массива. Таким образом, летняя конденсация - это прибавка в водном балансе карстовых массивов, а зимняя - "вечный двигатель" коррозийных процессов в приповерхностной зоне.

Но не надо думать, что проблема конденсации разрешена. Конденсационная влага в момент зарождения (*in statu nascendi*, как говорят химики) обладает нулевой минерализацией и очень высокой агрессивностью - способностью растворять горную породу. Это определяет роль конденсации в холодном (образование микроформ на стенах, разрушение напечков) и горячем (образование пещер-шаров над поверхностью термальных, нагретых свыше 20 °С вод) спелеогенезе. Конденсационное происхождение имеют (или могут иметь) десятки подземных новообразований - сталактиты, коры, кораллиты, геликтиты, цветы и пр. Далеко не все ясно и в теории конденсации, и в методах ее определения.

Все это дало основания для постановки Международным союзом спелеологов специальной программы по комплексному изучению конденсационных процессов в карстовых коллекторах. К ее разработке в 90-е гг. подключились лучшие специалисты мира. Можно утверждать, что через несколько лет здесь нас ждут важные открытия.



### "Кап-кап - капает вода..."

Второй формой движения воды, проникшей под землю в виде атмосферных осадков или образовавшейся вследствие конденсации, является капельно-жидкая. Ну уж тут-то не будет никаких неожиданностей, подумаете вы. Ведь капли дождя мы наблюдаем и на поверхности...

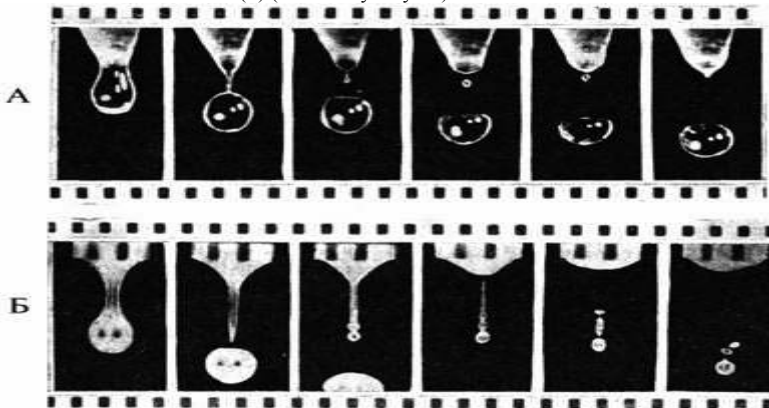
Каплям, действительно, посвящены десятки серьезных исследований и популярных книг /5, 8 и др./ . Они всегда в движении, в динамике рождения, преобразования, исчезновения. Их полет - это колебания размеров и формы, распад и слияние, испарение и конденсация. С микроскопических капель горючего начинались ракетная авиация и ракетостроение. Многообразие проблем, связанных с ними, породило мысль о создании науки о капле - "сталагмологии". Не утомляя читателя математическими формулами, коснемся только некоторых особенностей поведения капель воды в карстовых полостях.

"...Мы сидим на покрытом глыбами известняка втором этаже Красной пещеры. Над нами на 135 метров (45-этажный дом...) взметнулся купол Голубой Капели. Там, в недосыгаемой высоте, зарождаются капли. В свете наших сильных фонарей видно, как происходит их отрыв. Они набирают скорость - кажется, прямо в лицо летят сверкающие шарики... Но нет. Они проносятся мимо. Удар - и во все стороны разлетаются блестящие осколки. Воздух насыщен водяной пылью и пронизан волнами ритмичных звуков, создающих тот неповторимый фон, который свойствен только подземному миру..."

Приведенные строки - выписка из полевой книжки автора, по специальности гидрогеолога. Интересно сравнить их с восприятием сидевшего рядом физика и кристаллографа Владимира Илюхина. В его блокноте несколько коротких фраз со знаками вопроса: *Размеры капель? Скорость и характер падения? Удар?* Ответы на них пришли значительно позже.

Размеры капель воды, образующихся в карстовых полостях, зависят от диаметра питающего канала или ширины трещины, интенсивности поступления воды (времени каплеобразования), температуры, поверхностного натяжения (для чистой воды - 70 дин/см), плотности воздуха и многих других причин. Используя формулу Стокса и выполнив ряд несложных расчетов, можно прийти к понятиям о "маленькой" и "большой" каплях. Маленькая капля имеет размеры, при которых сила поверхностного натяжения больше, чем сопротивление воздуха. Маленькие капли имеют диаметр меньше 0,02 мм. Большие капли (диаметр около 1 мм), напротив, имеют размеры, при которых сила поверхностного натяжения меньше, чем сопротивление воздуха. В условиях пещер мы имеем дело в основном с большими каплями, маленькие капли образуются только близ водопадов, где происходит дробление водяной струи.

Рис. 58. Капелька, возникшая из перемычки, возвращается к сталактиту (А) или образует множество капель сателлитов (Б) (по Я. Гегузину /8/).



Процесс образования капли далеко не так прост, как кажется. Его удалось восстановить, только используя кино съемку. Набухающая капля увеличивает свой объем, постепенно достигает предельной для данной трещины кривизны (рис. 58). Выходя из трещины, она образует тонкую перемычку, затем отрывается от нее и падает. Перемычка же меняет форму, постепенно превращаясь во вторую каплю меньших размеров. Судьба ее неожиданна: она не летит за большой каплей, а как бы подскакивает вверх, поглощаясь трещиной. Если приток воды из трещины сравнительно большой, то из перемычки образуется множество капель-сателлитов.

Расчеты свидетельствуют, что маленькие капли летят со скоростью, пропорциональной квадрату их радиуса (около 1 м/с), а крупные - до 10 м/с. Сопротивление воздуха расплющивает их - плоская лепешка, надутая воздухом, становится подобной парашюту. Образующая его "пленка" в конце концов прокалывается воздушной струей и распадается на более мелкие капли. Если диаметр капель недостаточен для парашютирования, они начинают вибрировать - менять форму от сферической до эллипсоидальной. Это влияет на отражение света: капля смотрится то темной, то светлой, а на фотографии возникает "пунктир".

Движение капель происходит равноускоренно. По формуле  $S = gt^2/2$  легко рассчитать, что при скорости скапывания 0,1 с расстояние между двумя смежными каплями через 0,1 с будет 5 см, а через 1с - уже 93,1 см... Именно это является причиной образования капель из струй, вытекающих из полностью заполненных водой трещин.

Поведение капель в полете помогло разгадать еще одну загадку. В шахтах массива Алек впервые было отмечено, что температура воды в верхней и нижней частях 40-50-метровых каскадов различается на несколько десятых долей градуса. Причем увеличение температуры происходит не при стекании, а в свободном полете. Вода имеет вязкость, поэтому при переходе к более "экономной" сферической форме часть освободившейся энергии расходуется на нагрев капель.

Что же происходит при ударе капли о преграду? Конечный результат ясен: каждый спелеолог видел эгугационные ямки, выдолбленные в скале или в натеке капающей водой. Но какова кинематика этого процесса? Почему "капля камень долбит"? При столкновении капли с преградой она испытывает на себе гидродинамический удар: через нее в противоположном падению направлении распространяется волна торможения (наш современный мир подсказывает аналогию - внезапная остановка у светофора распространяется на все автомашины в пределах квартала). Используя закон Ньютона (сила есть произведение массы на ускорение), легко определить давление, развиваемое в момент удара, - до 100 кг/см<sup>2</sup>... Его вполне достаточно для разрушения породы, поворота песчинок и косточек, на которых нарастают слои кальцита, образуя пещерный жемчуг.

### Порядок и хаос

Регулярно падающие из отдельной обводненной трещины капли - классический пример упорядоченной во времени динамической системы. Однако она легко переходит в неупорядоченную - хаотическую. Если скорость поступления воды из трещины мала, то образование и отрыв капель происходят очень медленно и распадаются на два процесса. Набухающая капля начинает совершать колебательные движения вверх-вниз, а отрыв ее от перемычки происходит в любой момент времени. Оставшаяся часть капли, втянувшись обратно в трещину, начинает колебаться внутри нее с амплитудой, зависящей от притока воды. Взаимодействие между ними и порождает хаотический процесс.

В пещерах часто наблюдается пространственно-временной хаос, выражающийся в неупорядоченной капели с плоских потолков, на первый взгляд не связанной с трещинным водопритокком. Механизм его довольно прост: капли, образующиеся на потолке, "подпитываются" из трещин за счет образования тонкой пленки воды. Капля, образующаяся в каком-либо месте потолка в результате случайных причин, начинает расти благодаря перетеканию воды от ближайших капель. Рост выделившейся капли ведет к подавлению других. Этот нелинейный процесс повторяется в разных точках поверхности, создавая хаотическую картину падения капель.

Реальная картина формирования капель на плоских поверхностях и их последующего стекания по стенам пещер осложняется влиянием сил адгезии (прилипания). Рассмотрим простейший случай - стекание капли воды по наклонной стене. Здесь все происходит почти так же, как при скольжении твердого кубика по гладкой поверхности, - действуют сила тяжести, сила реакции опоры и сила трения. Любой участок жидкости, контактирующий с поверхностью, со временем оказывается перед необходимостью оторваться от нее. Положение и размеры капли определяются значениями поверхностных натяжений на границах раздела фаз: жидкость - воздух (ж-в), жидкость - порода (ж-п) и порода - воздух (п-в), которые воздействуют на нее, подобно лебедю, раку и щуке. "Щука" (ж-п) стремится сократить площадь контакта жидкости с породой, препятствуя растеканию и способствуя образованию сферической поверхности капли; "рак" (п-в), напротив, стремится увеличить площадь этого контакта, а "лебедь" (ж-в), как и положено, "тянет" вверх, действуя на каплю под углом к поверхности контакта и помогая то "щучке", то "раку". В результате этого взаимодействия скатываться по поверхности начинают лишь капли, достигшие диаметра 4 мм... Но капля воды не твердый кубик. И перемещается она подобно гусенице: в тыльной части капли вода отрывается от поверхности и перетекает в лобовую часть.

Но стены пещер далеки от абсолютно гладкой поверхности. Они обладают шероховатостью, которая меняет угол скатывания капель. Наличие продольных и поперечных бороздок способствует растеканию воды. Она объединяется в струйки, которые движутся не прямолинейно, а по извилистому пути, "выбирая" наиболее подходящую дорогу. Порой, кажется, что вода движется случайно. На самом деле процесс закономерен: выступы препятствуют, а выемки и бороздки способствуют растеканию воды. Если вода движется не отдельными струйками, а тонким слоем, ее поверхность как бы покрыта муаром интерферирующих волн.

Движение воды в виде капель и струй под землей изучено слабо. Это "ничейная зона", не попадающая в поле зрения гидрогеолога, карстолога и минералога. А между тем именно с ней связано образование многих форм микрорельефа пещер, являющихся великолепной иллюстрацией самоорганизации неживой материи, изучением которой начала заниматься новая наука - синергетика. Переход от порядка к хаосу и от хаоса к порядку в пещерах осуществляется в самых разных формах: если движение воды - это динамический процесс, то осаждение карбонатного материала с образованием различных отложений - спелеотем - это переход к статике. Об их особенностях мы поговорим позже.

### **Обманчивая гладь**

Поверхность озер породила ряд поэтических сравнений: зеркальная, гладкая, спокойная, вечная... Ни один из этих эпитетов не применим к карстовым озерам. Много интересного можно рассказать об исчезающих озерах севера России или о полях Словении, днища которых за несколько часов затапливаются водой и столь же быстро осушаются.

Но вернемся под землю... Капель и струйки гравитационной воды, стекая по стенам, образуют на дне пещер подземные озера. Согласно классификации Г. А. Максимовича они могут иметь коррозионно-котловинное, аккумулятивно-котловинное, плотинное или сифонное происхождение. Котловинные озера в основном "подвешенные", располагающиеся выше уровня подземных вод. Образуются они за счет растворяющей деятельности воды или в результате накопления на дне пещеры песчано-глинистых отложений. Пополняются они во время паводков и, так как под землей почти нет испарения, имеют слабо меняющиеся уровни, которые иногда фиксируются красивыми оторочками кальцита. Они могут терять воду, которая уходит в трещины, открывающиеся после землетрясений (пещера Домбровского в Крыму), или прорывают пробку глины на дне (шахта Эмине-Баир-Хосар). Тогда только по остаткам оторочек на стенах залов можно сказать, что здесь некогда была вода. Объем таких озер невелик и редко превышает первые сотни кубических метров.

Подвешенные озера часто являются существенным препятствием для спелеологов. Яркое описание борьбы с таким озером в шахте В. Пантюхина на Бзыбском массиве дал И. Вольский /6/: *"Ход расширяется и заканчивается небольшим озерком на дне. В него втекает тонкая*

*струйка воды. Ага! Значит, она должна вытекать где-то там, за стеной. Сажусь в озеро, которое мгновенно мутнеет, так как чистой воды в нем тонкий слой - ниже мягкая глина. Толкаю ноги под стену. Получается засунуть только до колен. Пробую прокопать для себя канаву в этом месиве. Понемногу выходит. Свод, под который я пытаюсь проникнуть, примерно на полметра ниже уровня озера. Через четверть часа подобной возни я уже почти весь залез ногами вперед под свод. Жижга подступила к лицу, набираю воздуха, закрыл рот и снова вперед, вперед... Решающий рывок - и я отфыркиваюсь на той стороне глиняного сифона". Отважное прохождение Игоря Вольского позволило преодолеть рубеж 600 м, а затем выйти на максимальную в бывшем СССР отметку - 1508 м.*

Плотинные озера возникают в руслах подземных рек у скоплений обрушившихся со сводов камней или у натечных плотин, вырастающих в потоке при ритмичном отложении карбоната кальция. С серией из нескольких десятков таких озер, разделенных двухметровыми плотинами, в 60-е гг. мы столкнулись при исследовании Красной пещеры. Такие озера обычно существуют довольно долго и исчезают, только если река пропиливает или прорывает плотину. Их объемы также невелики (100-500 м<sup>3</sup>).

Самые удивительные и опасные для спелеолога - сифонные озера, заполняющие U-образные каналы неизвестной глубины и протяженности. Встретив сифонное озеро, спелеолог решает нелегкую задачу: что за ним? Вариантов здесь два: или это "подвешенный" сифон, преодолев который можно вести исследование дальше (именно так были открыты продолжения в сотнях пещер и шахт мира); или это "люк", ведущий в подвальные этажи карстовой системы, полностью заполненные водой и никогда от нее не освобождающиеся (тогда единственный шанс продолжить работу - использовать акваланг, о чем мы рассказывали в гл. 4).

Решить эту проблему иногда помогают наблюдения за поведением сифонного озера. В ближней части Красной пещеры, в каких-то 50 м от входа, есть удивительный канал, резко выделяющийся чистотой своих стенок от покрытых глиной каналов в стенах второго этажа пещеры. Было ясно, что в паводок из этого канала вытекает вода. Но действительность оказалась более загадочной: вода заполняет канал только в первый (не обязательно самый большой) паводок... Разливаясь по полу галереи, она образует временное озеро, которое частью стекает на первый этаж, частью с бульканьем уходит обратно. Разгадка оказалась простой: метрах в пяти ниже, зажатый между двумя водяными пробками, находится небольшой зал. В начале первого в этом году паводка воздух в нем сжимается и "выстреливает" водой, как стреляет пробкой детский пистолет-пугач. Вторично воздух попадает в зал только в летнюю межень. Такое периодическое подтопление - довольно редкий и сравнительно безопасный случай.

Значительно опаснее подъем уровня карстовых вод, при котором затопляются все (или почти все) ходы пещер. Исследования Скельской пещеры (Крым, рис. 9) показали, что при наложении дождей на снеготаяние уровень подземных озер в ней поднимается на 45 м и из входа в пещеру вырывается бурный поток. Классическим стал пример подтопления карстовой системы Шкоциан-Тимаво в Словении. Река Нотранска поглощается провальными воронками и поступает в Шкоцианску пещеру. Пройдя по ней 2,5 км, она уходит в сифон, а затем прослеживается во вскрытой пещере Качна Яма и в шахте Лабодница, выходя через 50 км в подводном источнике Тимаво близ Триеста. Вследствие ограниченной пропускной способности сифонов уровень воды во всех трех полостях испытывает резкие колебания: в Шкоциане до 94 м (1826 г.), в Качной Яме и Лабоднице - до 117 м (1965 г.). Паводок 1965 года прошел во время IV Международного спелеологического конгресса, и его участники, посетив Шкоциан через 10 дней, могли оценить последствия - размытые и занесенные илом пешеходные дорожки, бревна, застрявшие в 30-40 метрах над ними, разбитые прожектора... Горе тем, кто находится в это время под землей.

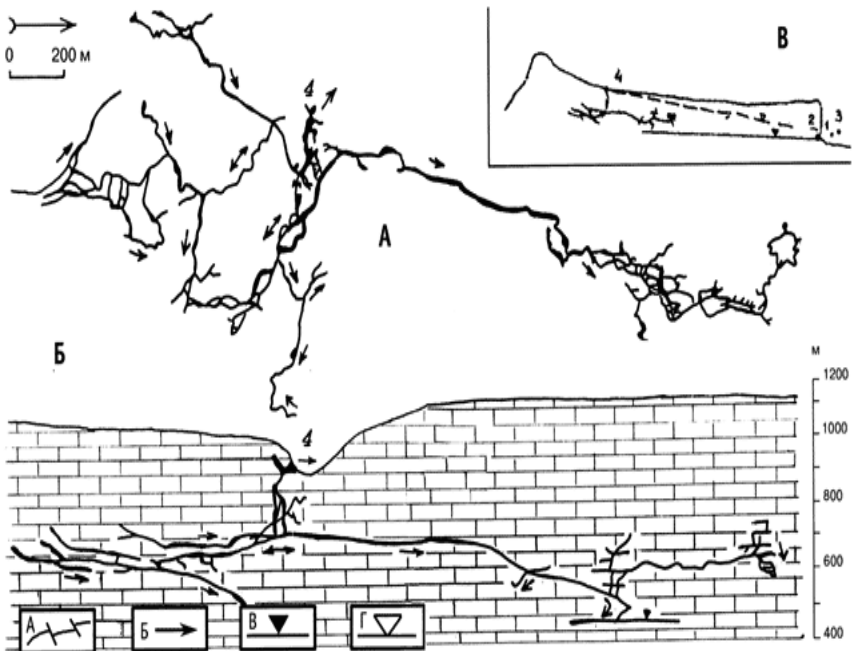
Именно в такой ситуации оказалась в августе 1988 г. группа крымских спелеологов в шахте Пантюхина. Спустившись до дна, они при подъеме оказались запертыми водой в тупиковом Крымском ходе. Подъем воды продолжался 12 часов, тремя волнами со скоростью от 0,22 м/мин (в начале) до 0,02 м/мин (в конце паводка); затем ее уровень на протяжении 23 часов оставался практически постоянным (колебания 1-2 см). Все это время спелеологи провели в куполе последнего, самого верхнего зала... Это был как бы водолазный колокол, избыточное давление в котором, по ощущениям Е. Сандрова, работавшего водолазом, достигало 5 атмосфер. Позднее

это подтвердилось и данными основной группы: пещера была затоплена на 50 м выше кровли зала... В эти тяжелые часы характер каждого проявлялся по-разному. Евгений Очкин как руководитель группы подбадривал ребят, а как врач - контролировал их состояние; флегматичный Евгений Сандров дремал; обычно жизнерадостная Галина Шемонаева грустила, думая о своей маленькой дочери; Василий Ерастов вел наблюдения, фиксируя время и высоту подъема воды, а также все сопутствующие ему явления ("вжимание" небольшого сифонного озера, звуки переливающейся где-то в недрах гигантской системы воды, свист воздуха, уходящего в немедленно заделанные глиной щели...). К счастью, воздуха им хватило. Еще около суток спелеологи спускались до развилки вслед за отступающей водой, пока не вырвались из заключения. Быстро поднявшись по главному ходу, они успели отменить по телефону (а с поверхности - по радио) вылет спасательного отряда, сформированного из лучших спелеологов Крыма. Этот уникальный случай свидетельствует, как опасны исследования сложных карстовых систем и какой непомерно высокой может быть цена спортивных достижений и научных открытий...

Еще более удивительная пещера известна во Франции. Это знаменитая Луир на массиве Веркор, сложенном меловыми известняками, смятыми в пологую синклиналиную складку. Вход в пещеру расположен в борту долины, выработанной по оси складки. Она начинается стометровой галереей, в конце которой располагается каскад колодцев общей глубиной 200 м. Из них можно попасть в два объемных лабиринта (рис. 59).

**Рис. 59. Затопление пещеры Луир, Франция (по П. Гарнье, 1990).**

А - план, Б - разрез, В - положение системы в массиве Веркор. А - галереи пещеры, Б - направления движения воды в межень; уровни воды: В - в межень, Г - в паводок; постоянные источники: 1 - Арбуа; периодические источники: 2 - Бурнийон, 3 - сифон Арбуа, 4 - Луир



Протяженность пещеры 20,6 км, амплитуда 547 м (+25... -451 м). Ее питание осуществляется с бортов синклинали, представляющих собой горные хребты высотой 800-1800 м. В межень в пещере известны только отдельные, не связанные между собой потоки с расходами до 3 м<sup>3</sup>/с. В паводок вся система постепенно затопливается (темп подъема воды 12-22 м/час); нижняя часть (-200...-451 м от входа) - ежегодно, верхняя (-40...-200 м) - один раз в два-три года. Во время весеннего или зимнего снеготаяния происходит излияние воды из входа. За 100 лет оно наблюдалось 18 раз: в 1887, 1892, 1896, 1902, 1935, 1951, 1956, 1959, 1968, 1969 (три раза!), 1973, 1982, 1983, 1984, 1986 и 1990 гг. Продолжительность излияния составляла 2-6, реже - 20-48 часов. Разгрузка подземных вод происходит в 15 км от входа, на склоне массива, через пещеры-источники Бурнийон и Арбуа. Между пещерой и источниками имеются связи, доказанные опытами с окрашиванием воды. Об очень хорошей проницаемости массива свидетельствует высокая скорость движения красителя (до 9,5 км/сут) и быстрое увеличение расхода источников (от 0 до 50 м<sup>3</sup>/с за 15 минут!).

Исследования системы Луир-Бурнийон - это своеобразная "спелеологическая рулетка". Чтобы хоть немного обезопасить работы в объемных лабиринтах, входные колодцы пещеры оборудованы постоянными лестницами. Но надо еще успеть добраться до них... Особенно опасны спелеоподводные исследования источников на склонах. Несмотря на это, и здесь пройдены довольно крупные сифоны (в Бурнийоне 200/-40 и 270/-17, в Арбуа - 605/-10). Емкость системы в паводок превышает 12 миллионов м<sup>3</sup>. На основании ее исследований А. Манжен предложил новый расчетный метод определения расхода турбулентного потока в закарстованных известняках.

Пещерные озера, возникающие на уровне карстовых вод, иногда имеют огромные размеры, достигая 1-2 гектаров.

### **Мир без форм**

В своем стремлении проникнуть как можно глубже в недра земли спелеолог неизбежно выходит к подземным водотокам, которые свободно текут между каменными стенами или полностью заполняют округлые каналы-сифоны. Знание их особенностей необходимо и карстологу, и спортсмену. Без него не ответить на бесчисленные "почему", возникающие при изучении карста.

Прежде всего, каковы параметры подземных потоков? На заре спелеологии своеобразным порогом был расход в десятки литров в секунду. Если он превышал два ведра (примерно 20 л/с), то исследование считалось невозможными. Шли годы. Менялись снаряжение, техника и тактика, и в конце XX в. зародилось новое направление: работа при расходах подземных потоков сотни м<sup>3</sup>/с... Именно такие расходы имеют в малую воду подземные реки, обнаруженные в Индонезии, Малайзии, Папуа-Новой Гвинее.

Второй параметр - скорость течения. Следует различать среднюю и местную скорости. Средняя скорость характеризует подземный водоток на всем его протяжении и определяется с помощью запуска красителя или использования других способов индикации. По данным более тысячи экспериментов, в разных районах мира она составляет 2,5 км/сут (0,03 м/с). Максимальная средняя скорость, полученная в массиве Пинаргезию в Турции, почти на два порядка выше - 155 км/сут. (1,3 м/с). Отдельные замеры, выполненные в основном в пещерах Европы, дают максимальные значения местной скорости до 10 м/с (по правилам горного туризма преодолевать водные преграды можно только при скоростях движения воды до 1 м/с...). Но спелеологу надо не просто преодолеть поток, но работать в нем.

Скорости, рассмотренные выше, это те, с которыми движется отдельная частица воды, проходящая путь от точки А до точки Б. Но ведь в воде могут возникать и волны... Проведем простой мысленный эксперимент: возьмем заполненную водой 600-метровую трубу с двумя закрытыми вентилями на концах. Откроем их и посмотрим, как скоро придет в движение вода у вентиля Б. Это произойдет после "добегания" звуковой волны, которая распространяется в воде со скоростью примерно 1,5 км/с. Проведем простой расчет ( $t = 0,6/1,5$ ), получим, что это произойдет практически мгновенно (через 0,4 с). А вот краска, запущенная у вентиля А, при средней скорости движения воды в трубе 0,03 м/с появится у вентиля Б через 20 тыс. секунд (5,5

часа). Именно комбинация этих двух процессов, осложненных местными условиями (пещера - это не труба), определяет удивительное поведение карстовых источников, связанных с сифонными системами.

Следующий очень важный вопрос: как движется вода. Давно известно, что имеются ламинарные и турбулентные потоки. При ламинарном движении струйки жидкости движутся строго в одном направлении, очень экономно расходуя свою энергию; при турбулентном - они пересекаются, быстро теряя энергию. Английский гидродинамик О. Рейнольдс еще в 60-е гг. XIX в. предложил специальный критерий для их разделения. Он дал им такую образную характеристику: *"Жидкость можно уподобить отряду воинов, ламинарное течение - монолитному походному строю, турбулентное - беспорядочному движению. Скорость жидкости и диаметр трубы - это скорость и величина отряда, вязкость - дисциплина, а плотность - вооружение. Чем больше отряд, быстрее его движение и тяжелее вооружение, тем раньше распадется строй. Турбулентное движение возникает в жидкости тем быстрее, чем выше ее плотность, меньше вязкость, больше скорость и диаметр трубы"*. В карстовых полостях происходит непрерывная смена видов движения: и в пространстве (вниз по течению реки), и во времени (в высокую и малую воду). Это создает большие трудности при практических расчетах, так как ламинарное и турбулентное движения описывают разные уравнения гидродинамики.

Следующая особенность движения подземных вод - неразрывность потока, обоснованная еще в XVIII в. Д. Бернулли. Генеральная идея очень проста: если какой-то неизменный объем жидкости перемещается по трубе с расширениями или сужениями, то он должен двигаться с разной скоростью: быстрее - в сужениях, медленнее - в расширениях. Облеченный в строгую математическую форму (сумма энергий давления, положения и кинетической в любом поперечном сечении постоянна), он стал мощным оружием в руках гидрологов и гидрогеологов. С его помощью удалось объяснить множество прихотей движущейся воды, этого "мира без форм".

В спелеологии критерий Рейнольдса и уравнение Бернулли определяют морфологию образующихся полостей, характер их поверхностей, особенности размыва стенок, переноса и отложения твердых частиц и многое-многое другое. Далеко не все загадки подземного мира еще разгаданы. Одна из них - "холодное кипение".

...Весной 1915 г. в Атлантический океан вышел новый английский миноносец "Деринг". По проекту скорость его должна была вдвое превышать достигнутую ранее. Машины работали на максимальных оборотах, корабль дрожал, вода за кормой кипела, а скорость не увеличивалась. На базу он вернулся с изуродованными непонятными углублениями гребными винтами. Так ученые впервые столкнулись с кавитацией (от латинского - пустота). Если спросить специалиста-гидравлика, возможна ли кавитация в пещерах, он уверенно ответит "нет", так как там не бывает достаточно высоких скоростей движения воды. И ошибется.

Физика процесса кавитации довольно проста. Вода при обычном давлении (1 атм.) кипит при 100 °С. Но если понизить давление до 0,006-0,043 атм., то кипение возможно в диапазоне температур 0-30 °С. На поверхности обтекаемых движущейся водой или движущихся в ней предметов образуются каверны - пузырьки, наполненные парами воды. Образуются в зоне пониженного давления и исчезая (конденсируясь, растворяясь) там, где давление выше, пузырьки меняют характер течения, вызывая большие потери энергии, шум и кавитационную эрозию обтекаемых поверхностей. Особенно агрессивны пузырьки в момент исчезновения ("схлопывания"), которое происходит практически мгновенно. Частицы жидкости, окружающей пузырек, с огромной скоростью устремляются в освободившееся пространство, ударяясь друг о друга. На этих участках давление повышается до 100 тысяч атм. Исчезновение пузырьков напоминает взрыв микроскопической мины. Если обтекаемые поверхности могут растворяться, то возникает кавитационная коррозия: парциальное давление  $\text{CO}_2$  в пузырьках воздуха, растворенных в воде, выше, чем в атмосфере.

Кавитация наблюдается на лопастях быстро вращающихся гребных винтов, турбин, насосов, в водоводных тоннелях электростанций. Опыты показали, что для ее возникновения нужны скорости потока более 6 м/с. Но ведь в пещерах отмечены местные скорости до 10 м/с! Так возникает самовозбуждающийся процесс: сперва начинается кавитационная коррозия, затем

зарождаются микровпадины и гребешки, усиливающие ее. Возможна кавитация и при падении капель воды. Фотосъемка со скоростью 1000 кадров в секунду показала, что в момент "приземления" капля сперва сплющивается, а затем растекается со скоростью, достаточной для возникновения кавитации.

В последние годы выяснилось, что кавитация может возникать и при отсутствии движения. Если в жидкости, омывающей неподвижные поверхности, вследствие сейсмических или иных причин возникают ультразвуковые волны, то во впадинах формируются пузырьки газа, исчезающие на гребнях. Сильная кавитация отмечена также в морских пещерах, находящихся в зоне прибоя, а также - во фреатических полостях при движении воды через каналы, разделенные перемычками. Так что спелеолог, не подозревая об этом, не раз сталкивается с проявлениями кавитации.

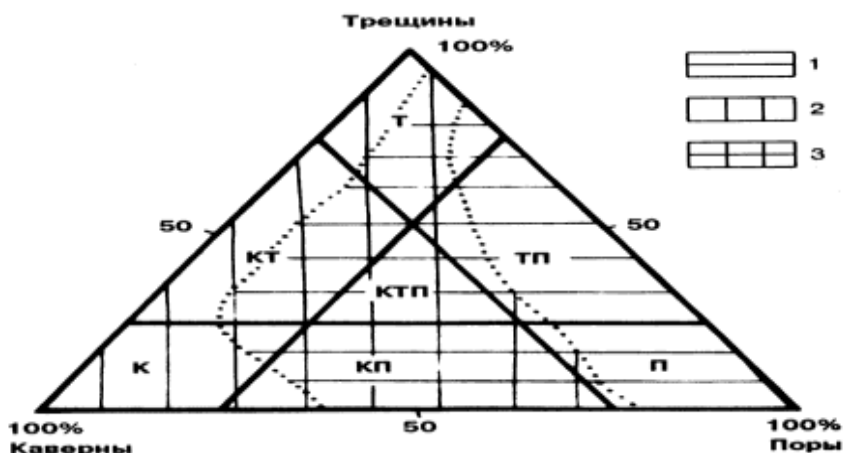
Итак, мы кратко рассмотрели некоторые особенности поведения парообразной и капельно-жидкой воды под землей. О воде в твердой фазе (лед) поговорим дальше. А сейчас попробуем подвести некоторые итоги.

Гидрогеология как самостоятельная наука сложилась в начале XX в., в основном на основе изучения закономерностей ламинарного движения в поровых средах (песок). В середине XX в. в ней выделилось направление, посвященное трещинным коллекторам, в которых часто наблюдается турбулентное движение. В конце XX в., в связи с хозяйственным освоением закарстованных территорий и развитием спелеологии, начала складываться гидрогеология карста. По аналогии хотелось бы сказать, что это раздел, посвященный каверновым коллекторам с турбулентным движением, но это будет ошибкой. В природе все много сложнее.

На рис. 60 объединены две треугольные диаграммы, предложенные американским геологом Т. Аткинсоном. Принципы их построения очень просты: основания равностороннего треугольника отвечают 0%, жирные линии - 25%, вершины - 100% количеств данного признака. Так выделяются поля поровых (П), трещинных (Т), каверновых (К), смешанных двойных (ТП, КП, КТ) и тройных (КТП) коллекторов. Штриховка соответствует трем формам движения воды в них: турбулентной (1), ламинарной (2) и смешанной (3). Следовательно, если мы имеем дело с карстом, где в разных соотношениях встречаются К, Т, П, КТ, КП, ТП и КТП-коллекторы, то в нем должны иметь место в основном турбулентное и смешанное движения воды.

**Рис. 60. Комбинированная диаграмма для определения типа коллекторов и видов движения карстовых вод (по Т. Аткинсону, 1985, переработано автором).**

**Коллекторы: К - каверновые, Т - трещиноватые, П - поровые, ТК, КП, ТП, КТП - смешанные; Движение карстовых вод: 1 - ламинарный, 2 - турбулентный, 3 - смешанный**





Несмотря на обилие работ, посвященных гидрогеологии карста, это все еще "наука будущего". Необходимо найти теоретические решения и разработать расчетные характеристики, дающие ответы на ряд нерешенных вопросов. С позиций гидрогеолога любой горный массив - "черный ящик", о процессах, происходящих внутри которого, можно лишь догадываться по реакциям, наблюдаемым на входе (в области питания) и на выходе (в области разгрузки). Карстовый массив, являясь очень трудным объектом для исследований, в то же время обладает ценным свойством - он доступен для спелеологических исследований. Изучение гидрологического компонента подземного ландшафта спелеологическими методами в комбинации с набором классических гидрогеологических методов открывает путь к новым открытиям и неожиданным решениям.

Проаналізувавши план проекту та методичні матеріали, виникло питання щодо оцінювання робіт, що мають виконуватися. Оскільки створюватимуться презентація, публікація та веб-сайт, то для кожного із видів розроблені свої критерії оцінювання, котрі знаходяться у методичному комплексі навчального проекту і будуть розглянуті безпосередньо перед виконанням завдань.

## **2.7. Презентація. Створення та основні вимоги**

Презентація повинна відповідати навчальним цілям проекту, допомагати у розкритті поставлених у проекті питань. Вона не має бути великою і нагадувати інформаційний довідник із обраної теми. Колір шрифту та фон мусять узгоджуватися, легко сприйматися. Презентація повинна відображати дослідницьку діяльність учнів у навчальному проекті, оскільки використовувати її необхідно для наочного подання результатів своєї самостійної діяльності. При розробці форм та критеріїв оцінювання презентації увагу необхідно звертати на зміст, грамотність викладу матеріалу, достовірність інформації, оформлення та взаємодію учнів в процесі роботи. Враховуючи вище сказане, для оцінювання презентації було запропоновано форму та вимоги, наведені у таблиці 5.

Презентація демонструє формування в процесі проектної діяльності розвитку в учнів навичок мислення високого рівня, на що спрямовує дослідницька діяльність учнів, уміння інтерпретувати, оцінювати, узагальнювати та аналізувати явища, процеси, що спостерігаються в природі. Оскільки в презентації використовуються елементи цікавої фізики, вона ще більше сприяє зацікавленню до вивчення предмета, поглиблює знання учнів по обраній темі. Запропонована організація такої роботи формує також звичку слухати та аналізувати, обґрунтовано вибирати, приймати аргументовані рішення, прислуховуватись до думки інших, шукати нові підходи, тобто розвиватися. Адже презентація – це засіб усного подання висновків учнів, які вони зробили, працюючи над своїм дослідженням. Що досліджували, оцінювали, аналізували. Маємо на увазі розумову діяльність школярів.

## Технологія оцінювання Проєкту

Критерії		3 Бали Дескриптори	2 Бали Дескриптори	1 Бал Дескриптори	Оцінка учнів	Оцінка вчителя
<b>Презентація: Розповідь: Проблема</b>	Пропес створення x 10	Завершені всі сценарії, графічні програми, та шаблони. Успішно відредаговано. Переглянуто і перероблено на основі порад і рекомендацій, наданих вчителем чи учнями.	В основному завершені, але не всі сценарії, робота з зображеннями та шаблонами. Відредаговано з хорошим результатом, проте є помилки. Зроблено тільки декілька змін на основі порад і рекомендацій наданих іншими учнями або вчителем.	Не завершені сценарії, робота з зображеннями та шаблонами. Відредаговано з слабким результатом, великою кількістю помилок. Не зроблені ніякі зміни. Відредаговано з слабким результатом, великою кількістю помилок.		
	Розуміння x 10	Легко читати і розуміти проблему. Демонструє повне розуміння проблеми. Пропонує коректне вирішення та вірну відповідь.	Не дуже легко читати і розуміти проблему. Демонструє неповне розуміння проблеми. Пропонує вирішення, яке не зовсім вірне.	Важко читати і розуміти проблему історії. Погано демонструє розуміння проблеми, або зовсім не розуміє його. Не пропонує вирішення та дає невірну відповідь.		
	Перегляд однолітків x 5	Матеріал подано цікаво, доступно та зрозуміло. Розкриває цілком тему проєкту.	Матеріал подано доступно та зрозуміло. Розкриває тему проєкту не повністю, на деякі питання не можливо знайти відповідь	Матеріал важко зрозуміти. Тему проєкту майже не розкриває, на більшість запитань не можливо знайти відповідь		
<b>ВСЬОГО БАЛІВ НА ЦІЙ СТОРІНЦІ</b>						

	Комп'ютерні навички	Вміє створювати файли і працювати з файлами. Добре вміє вставляти малюнки, зображення з Сліpart, анімацію з файлів. Вміє сканувати зображення та зберігати їх як графічні файли.	Вміє створювати файли і працювати з файлами при наданні допомоги іншими. Вміє вставляти, але не всі малюнки, анімацію з файлів. Добре вставляє зображення з Сліpart. Потребує допомоги при скануванні зображень та зберіганні їх як графічних файлів.	Не вміє створювати файли і працювати з файлами. Не вміє вставляти малюнки, анімацію з файлів. Не завжди вставляє зображення з Сліpart. Не може працювати без допомоги при скануванні зображень та зберіганні їх як графічних файлів.		
Публікація	Мультимедійна презентація x 2	Презентація добре організована, творча, включає всі необхідні елементи та сторінки. Зміст чіткий, легко читається текст, немає помилок.	Презентація організована без творчих знахідок, деякі необхідні елементи та сторінки пропущені. Зміст не завжди точний, легко читається текст, декілька помилок.	Презентація погано організована, без творчих знахідок, багато необхідних елементів та сторінок пропущено. Зміст не чіткий, важко читається текст, багато помилок.		
	Інформаційний буклет x 2	Сторінки добре організовані, творчо виконані, включають всі необхідні елементи. Зміст чіткий, легко читається текст, немає помилок.	Сторінки організовані без творчості, включають не всі необхідні елементи. Зміст не завжди точний, легко читається текст, декілька помилок.	Сторінки погано організовані, без елементів творчості, багато необхідних елементів пропущено. Зміст не чіткий, важко читається текст, багато помилок.		
<b>ВСЬОГО БАЛІВ НА ЦІЙ СТОРІНЦІ</b>						

<b>Веб-сторінка</b>	<b>Конструкція</b>	Сторінки добре організовані, хороший дизайн. Зміст чіткий, легко читається текст, немає помилок.	Сторінки повинні бути краще організовані. Зміст не завжди точний, легко читається текст, декілька помилок.	Бідний дизайн, погано організовані сторінки. Зміст не чіткий, важко читається текст, багато помилок.		
	<b>Розміщення</b>	Потребує дуже незначної допомоги, чи зовсім не потребує допомоги при розміщенні своїх сторінок на веб-сайті.	Потребує допомоги при розміщенні своїх сторінок на класному веб-сайті.	Не може зовсім сам розмістити свої сторінки на класному веб-сайті		
<b>Поведінка при роботі</b>	<b>Спільна робота</b>	Гнучкий в використанні комп'ютерного часу та організації робочого місця. Добре співпрацює з іншими / ділиться інформацією.	Не завжди гнучкий у використанні комп'ютерного часу та організації робочого місця. Співпрацює з іншими при керівництві	Не вміє поділитися з іншими комп'ютерний час та робоче місце. Не вміє співпрацювати з іншими.		
	<b>Самостійна робота</b>	Постійно показує власний ріст, самостійно працює над завданням. Ніколи не заважає працювати іншим.	Показує власний ріст, може самостійно працювати над завданням. Іноді заважає працювати іншим.	Показує невеликий прогрес та самостійно не працює над завданням. Часто заважає працювати іншим.		
<b>ВСЬОГО БАЛІВ НА ЦІЙ СТОРІНЦІ</b>						
<b>ВСЬОГО БАЛІВ (102 максимально)</b>						

В презентації, створеній однією групою учнів, досліджується взаємозв'язок природи і фізики.

Кадри учнівської презентації по даній темі подано на рис. 14, а сама презентація виконана в програмі PowerPoint і знаходиться в папці *Учнівські приклади*.

# Гармонія в природі

## Життя на поверхні води.

Дослідження взаємозв'язку природи і фізики

Мартинка Алла, учениця 10 класу

### Цікава історія з життя вододірок

А ти так не зможеш!

Я не тону, бігаю по воді, ходю і навіть відпочиваю. А якщо вода після мого тришестки прогнеться...

Моя історія починається з того моменту, як покриття на окоці. У мене навіть зустріли особини і в одні місця не заходили. Як тільки вони вступили в контакт, зустрілися, і швидко їх замінив, щоб покриття не замірило, щоб покриття не замірило, щоб покриття не замірило, щоб покриття не замірило.

Ха-ха! Та ти навіть навмисне не можеш порвати цю тоненьку плівку, а я – без проблем, бо маю рідину, що розчиняється у воді. Кап-кап – і покриття як і не було. Попадеш на таке місце – провалишся. Ха!

Хітрий хуліганство! Скажи, як ти розумієш, чому це покриття не розривається, хоча вода після мого тришестки прогнеться... Як це так?

### А в цей час...

#### Паразит, чи плаваєть голка та цвях у воді?

Ура!

Важко!

Мі голки, мі цвях не тонує у воді! Це ж утримує та тоненька, яка міцна плівка поверхні рідини. Сиребує так з такими предметами і розуми чом.

А як зміниться сила поверхневого натягу від різних домішок?

Торкаючись до води цукром – клаптики паперу збігаються

Торкаючись до води милом – клаптики паперу розбігаються

- Рух частинки до центру свідчить про зменшення сили поверхневого натягу.
- Рух від центру свідчить, що сила поверхневого натягу збільшилася.

А що буде при додаванні інших домішок?

### 10 – й радіє...

1. Завдяки силі притягання між молекулами поверхня рідини – ніби натягнута пружна плівка, що намагається зменшити свою площу до найменшої.
2. Вододірка втримується на поверхні води завдяки поверхневому натягу.
3. Сили поверхневого натягу не залежать від величини площі поверхні рідини.
4. Різні домішки по-різному змінюють силу поверхневого натягу.

Ура! Нарешті!

А отже, дякуючи силі поверхневого натягу а значить – без фізики нікуди життя на поверхні вододірок існує!

Школярі задоволені, їм сподобалось.

Фізика – це ж не тільки сухі факти і формули.

А якщо торкати фізики буди не хочеться, то й фізику.

Твій вчитель не коректний – він не розуміє чому в усьому переконуєшся!

Рис. 14. Кадри презентації «Гармонія в природі»

Інструкція по виконанню досліду, відображеного на п'ятому слайді, подана у *методичних матеріалах* проекту (рис. 15).

**Інструкція для виконання досліду.**

1. Приготуйте дві однакові посудини з водою.
2. Візьміть папір в клітинку та ножичці.
3. Наріжте однакові квадратики.
4. Поставте їх на поверхню води по колу.
5. Візьміть шматочок цукру.
6. Доторкніться ним до поверхні води по центру.
7. Зверніть увагу на поведінку клаптиків паперу.
8. Візьміть шматочок мила.
9. Доторкніться ним до поверхні води по центру.
10. Зверніть увагу на поведінку клаптиків паперу.

II. Зробіть висновки.



Рис. 15. Методичні матеріали. Інструкція для виконання досліду

## 2.8. Публікація. Особливості публікації

Увагу учнів необхідно звернути на вибір типу публікації, яка буде створена. Важливо розглянути відмінності між інформаційним бюлетенем та буклетом, визначити їх місце й призначення у навчальному *Проекті*. Необхідно визначити мету та особливості розвитку учнів під час створення публікації, зокрема використання при описуванні процесу чи явища власних думок, поєднання тексту і зображень, добору стилю. Публікація повинна створюватись з урахуванням віку учнів, аудиторії, на яку вона розрахована, і, відповідно, змісту, що їй притаманний. Необхідно ретельно продумати, яким чином можна досягнути поставлених навчальних цілей. Для цього варто розробити спочатку схему планування її змісту та структури. При оцінюванні публікації бажано звертати увагу на те, чи вносить вона певні якісні зміни до навчального процесу, наскільки ефективно використовувались комп'ютерні технології, чи сприяє вона формуванню в учнів навичок мислення високого рівня. Враховуючи названі вимоги, розроблено засоби оцінювання публікації (табл. 6).


## Критерії оцінювання публікації

Бали	4	3	2	1
<b>Розуміння змісту</b> (x 10)	<p>Учень виконав всі компоненти проекту</p> <p>Учень показує глибоке розуміння всіх концепцій та/або процесів.</p> <p>Все написане точною науковою мовою, сфокусоване на науковому дослідженні</p> <p>Учень пропонує цікаву інтерпретацію чи пояснення (використовує узагальнення, застосування теорії, аналогії), супроводжується цікавими деталями</p> <p>Учень обирає більш ефективний та ймовірний процес дослідження</p>	<p>Учень виконав всі найбільш важливі компоненти проекту</p> <p>Учень показує розуміння основних концепцій та/або процесів, проте деякі ідеї він може не розуміти.</p> <p>Все написане науковою мовою, деякі наукові терміни вжиті правильно.</p> <p>Учень пропонує точну інтерпретацію</p> <p>Учень обирає ефективний процес</p>	<p>Учень виконав деякі, проте важливі компоненти проекту</p> <p>Учень показує розвиток свого розуміння основних концепцій та/або процесів.</p> <p>Все написане зрозуміло, але словник не науковий.</p> <p>Учень пропонує декілька інтерпретацій</p> <p>Учень потребує допомоги, для вибору ефективного процесу</p>	<p>Учень виконав деякі, компоненти проекту з допомогою дорослих</p> <p>Учень показує мінімальне розуміння</p> <p>Все написане не відображає знання наукового словника.</p> <p>Інтерпретацій майже немає, вони необгрунтовані</p> <p>Учень потребує постійної допомоги дорослих для виконання роботи</p>
<b>Оформлення</b>	<p>Оформлення логічне та зрозуміле</p> <p>Елементи дизайну добре підтримують зміст</p> <p>Тип та розмір шрифтів, фон та розміри добре підібрані</p>	<p>Оформлення продумане</p> <p>Елементи дизайну підтримують зміст</p> <p>Текст легко читати, фон присмний</p>	<p>Положення матеріалів випадкове</p> <p>Дизайн елементів не завжди підтримує зміст повідомлень</p> <p>Шрифти та фон можуть відволікати від змісту</p>	<p>Розміщення матеріалів плутане</p> <p>Елементи дизайну не відповідають змісту повідомлень</p> <p>Шрифт та фон не дозволяють вільно читати текст</p>
<b>Графіка</b>	<p>Зображення добре підібрані, допомагають пояснити зміст, сприяють загальному враженню від роботи</p>	<p>Зображення підходять за змістом</p>	<p>Мало зображень, або вони не підходять за змістом</p>	<p>Дуже мало зображень, вони зовсім не пов'язані зі змістом</p>
<b>Грамастика та орфографія</b> (x 2)	<p>Зовсім немає граматичних, механічних та орфографічних помилок.</p>	<p>Мінімальна кількість помилок, що не заважає доброму сприйняттю роботи</p>	<p>Грамастичні помилки заважають доброму сприйняттю роботи</p>	<p>Багато граматичних помилок, механічних описок та невірної побудови речень</p>

Скориставшись планом навчального **Проекту** та критеріями оцінювання, обміркувавши вид публікації, процес її створення, розроблено інформаційний буклет за поданою темою (рис.16).

**Цікаво знати, що...**

Склянка, наповнена доверху водою



Може помістити ще 600 шпильок

**Інформаційна картка:**

1. Авторські і Г. Давидович, М. Давидович, Л. Давидович, А. Давидович.
2. Авторські і Г. Давидович, М. Давидович, Л. Давидович, А. Давидович.
3. Авторські і Г. Давидович, М. Давидович, Л. Давидович, А. Давидович.
4. Авторські і Г. Давидович, М. Давидович, Л. Давидович, А. Давидович.

Місцевий офіс: <http://www.msk.gov.ua>

Місцевий офіс: <http://www.msk.gov.ua>

Фізика і природа – єдині

**СИЛА ПОВЕРХНЕВОГО НАТЯГУ В ПРИРОДІ**



**Сила поверхневого натягу**

Місцевий офіс Державний р.н. Хмельницька обл.

Телефон: 0986 68 054  
E-mail: [info@msk.gov.ua](mailto:info@msk.gov.ua)

Тел. 098 68 054

**Цікава фізика навколо нас**

**Висхідність, шир і віду несити в рясній можливо не лише у маці...**

Завдяки фізичним властивостям молекули води мають певну масу, яка утримує її в певній висоті над поверхнею води. Це означає, що молекули води мають певну висхідність.

Висхідність молекули води залежить від її маси, яка утримує її в певній висоті над поверхнею води. Це означає, що молекули води мають певну висхідність.

Висхідність молекули води залежить від її маси, яка утримує її в певній висоті над поверхнею води. Це означає, що молекули води мають певну висхідність.

**Чи знаєте Ви, що...**

Ми часто чуємо, що вода не може текти вгору. Але це не так. Вода може текти вгору, якщо її температура вища за температуру навколишнього середовища. Це означає, що молекули води мають певну висхідність.

Висхідність молекули води залежить від її маси, яка утримує її в певній висоті над поверхнею води. Це означає, що молекули води мають певну висхідність.

Порівнюючи зі спостереженнями, робимо висновок для того, щоб роса з'явилася в хмаринках, необхідно, щоб сила притягання поверхневого натягу води до центра кріптів, не діючи на висхідність, по густоті рослини і тиску повітря дійсно в—це сила поверхневого натягу.

Чи відомо вам, що одна тонна нафти утворено на морській поверхні літальною літаком 12 км? Щорічно до океану потрапляє 5-10 млн. т нафти. А 1 л цієї рідкої нафти може вистачити на 40000 л води, тому під нафтовою плівкою гинуть усі види асольпланктону.

**Вчення про поверхневий натяг виникло на початку XIX ст. Давидом, Гауссом і іншими вченими. Потім над цим питанням працював Гіббс.**

**ФІЗИКА І ПРИРОДА – ЄДИНІ**

Місцевий офіс Державний р.н. Хмельницька обл.

Телефон: 0986 68 054  
E-mail: [info@msk.gov.ua](mailto:info@msk.gov.ua)

Рис. 16. Учнівські приклади. Буклет. Зовнішня та внутрішня сторони



Після перегляду публікації необхідно її проаналізувати, визначити в чому її сильні сторони, чи відображається зв'язок між використанням комп'ютерних технологій та одержанням учнями нових знань і навичок. Варто встановити, яким чином вона демонструє уміння учнів інтерпретувати, оцінювати, узагальнювати, аналізувати інформацію, чи свідчить про розуміння учнями поставлених навчальних цілей, взагалі, чи відповідає розробленим критеріям оцінювання.

Так, у буклеті (рис. 16) висвітлені фізичні явища, пов'язані з силою поверхневого натягу та змочуванням, досліди, результати яких зацікавили учнів своєю казковістю, неймовірні та цікаві факти з історії фізики, незвичайні явища, до яких ми звикли і не замислюємось про їх причину.

Важливим є те, що під час створення публікацій учні вчаться добирати стиль, комбінувати текст і зображення, використовувати при описуванні процесу чи явища свої думки, розраховані на читання однією людиною.

## 2.9. Веб-сайт. Критерії оцінювання

Для встановлення зв'язку з іншими учнями у світі доцільно створювати веб-сайти. Вони слугують водночас і засобом пошуку партнерів для здійснення завдань *Проекту*, й інформаційними ресурсами для інших учнів. Веб-сайти можна використовувати для демонстрації процесу навчання, для опублікування результатів анкетних опитувань, для подання учнівських робіт, висвітлення результатів *Проекту*, відображення подій з життя класу чи школи. Необхідно визначити, на яку аудиторію розрахований веб-сайт і створити зручний та цікавий формат, звернути увагу на узгодженість елементів дизайну, пам'ятаючи, що основне призначення учнівських веб-сайтів полягає в відображенні поточної інформації, результатів досліджень, спілкуванні з аудиторією інших шкіл країни чи світу, збиранні інформації.

Розробляючи веб-сайт, потрібно планувати його розмір не більше ніж чотири сторінки, оскільки їх цілком вистачить для опанування початковими знаннями та вміннями по створенню навчальних сайтів, з одного боку та відображення результатів самостійного дослідження учнів, що виконувалось у *Проекті* – з іншого.

Як і інші учнівські роботи, веб-сайт теж має оцінюватись. Тому розроблені відповідні форми та критерії оцінювання веб-сайту (табл. 7), які також знаходяться у *методичному комплексі Портфоліо*.

Орієнтуючись на дослідження кожного учасника, враховуючи розроблені форми та критерії оцінювання діяльності учнів та дотримуючись навчальних цілей, на досягнення яких спрямована робота над веб-сайтом, було визначено його зміст, форму та дизайн. Вигляд кожної зі сторінок подано на рисунках 17-19, а сама розробка міститься в *учнівських прикладах Портфоліо*.

## Критерії оцінювання веб-сайта.

Бали	4	3	2	1
Зміст	Дуже інформативний, ви дійсно описуєте те, що знаєте та розумієте добре	Якість прийнятна, ви презентуєте небагато цікавої інформації	Дуже стисла інформація, зміст міг би бути кращим	Дуже мало інформації, неінформативний зміст
Навігація	Зрозуміла організація матеріалу, продовження сторінок сприймається дуже природно	Зрозуміла організація, легко переходити від сторінки до сторінки	Навігація по сторінці в принципі зрозуміла, але дещо заплутана	Дуже заплутана, важко зорієнтуватись, на якому місці сторінки ви знаходитесь
Використання технологій	Ви знайшли декілька нових прийомів!	Ви яскраво показали, що створення веб-сторінки – це для вас легко і цікаво	Хороший початок, але багато над чим треба ще попрацювати	Ви все ще боретесь зі своєю веб-сторінкою
Графіка	Графіка виглядає професійно, доповнює зміст сторінки	Графіка представлена на сторінці, але не додає змісту	Небагато графіки, часто псує вигляд сторінки	Графіка? А де вона?
Творчість	Ого! Як ви це зробили?	У вас непоганий творчий потенціал	Потенціал є, але треба попрацювати	Творчість? Та що ви?
Грамотність	Спробуй знайти помилку!	Дві-три несерйозні помилки, виглядає добре	Ой, я не помітив декілька серйозних помилок!	Мої помилки зовсім зіпсували сторінку...



Рис. 17. Учнівські приклади. Веб-сайт. Головна сторінка

ВСЕ ДЛЯ НАШИХ ДРУЗІВ  
 Розроблено учнями 10 класу

Головна сторінка

Фізика в природі

Цікаві веб-сторінки

Скажіть, хіба ж не правда, що всі процеси в природі пов'язані?

Яка краса і гармонія!

Любо глянути.

## Чи має форму рідина?

Ми звикли думати, що рідини не мають ніякої власної форми. Це невірно. Природна форма рідини – куля. Звичайно, сила тяжіння зважає рідину приймати цю форму, і рідина або тонко розтікається, якщо розлита, або набуває форми посудини, в яку налита.

Спостерігаючи за крапельками ранкової роси на траві, або диточках, важко не помітити, що ці крапельки – майже ідеально круглі. Відомо також, що і ртуть на склі теж збирається в ідеально круглі кульки. І тільки самі великі з них сплюснюються під дією власної ваги. Чи доводилося вам спостерігати за високим на гілці бджолиним роєм? Він виглядає як величезна жвава крапля. Бджоли безумовно повзають одна по одній, прагнучи потрапити в середину рою.

Порівнюючи ці спостереження, робимо висновок для того, щоб роса збиралася в крапельки, необхідно, щоб якась сила притягувала поверхневі молекули води до центра краплі, не даючи їй розливатися по листочку рослини. І така сила дійсно є – це сила поверхневого натягу.



Допоможіть принцу серед зачарованих троянд знайти дівчину



Принц чекає ваших порад.  
Надсилайте їх скоріше

Name:

Address:

E-mail:

[Home](#) | [About Us](#) | [Contact Us](#)

Рис. 18. Учнівські приклади. Веб-сайт. Друга сторінка «Фізика в природі»



Рис. 19. Учнівські приклади. Веб-сайт. Третя сторінка «Цікаві веб-сторінки»

Веб-сайт цікавий тим, що дозволяє зробити багато гіперпосилань на матеріали, яких ми не бачимо потрапивши на ту чи іншу сторінку. Так на даному сайті є посилання на казки з фізичним змістом, цікаві запитання на тему поверхневого натягу та кросворди, запропоновані учням на закріплення теми „Властивості речовин”, які знаходяться у *допоміжних матеріалах* даного *Портфоліо* і розглядались раніше, а також вказана адреса для спілкування з друзями.

Доцільно і корисно після завершення роботи обговорити створений веб-сайт. Адже, коли учень задоволений результатами своєї роботи, коли є йому чим похвалитися перед друзями, іншими учнями, і навіть родиною – тільки тоді приходить успіх. А успішне навчання – це найкраща мотивація для його подальшого продовження.

## 2.10. Дидактичні матеріали та їх застосування

Опісля варто визначити які розробки відносяться до *дидактичних матеріалів* та чим вони відрізняються від *методичних*. Пропонується продумати *дидактичні матеріали* та створити їх за допомогою текстового або ж табличного процесорів, звернувши увагу на методичне призначення і роль матеріалів, особливості їх створення. Необхідно визначитись з якою метою створюватимуться *дидактичні матеріали*, на якому етапі реалізації *Проекту* їх можна використати.

Мета створення *дидактичних матеріалів* полягає в управлінні процесом засвоєння учнями знань з конкретної теми, підведення підсумків їх дослідницької, пошукової, творчої діяльності в рамках навчального *Проекту*. Працюючи над змістом матеріалів не забувайте про мету та завдання *Проекту*, його основні питання. *Дидактичні матеріали* можуть містити перевірочні тести, кросворди, діаграми. Вони допомагають краще зрозуміти проблеми, які досліджуються, одержати необхідні знання, уміння і навички.



Рис. 20. Дидактичні матеріали. Анкета

З метою визначення зрозумілості та ефективності даних матеріалів, розроблено анкету для школярів (рис. 20), у вигляді таблиці подано результати анкетування (рис. 21) та побудовано гістограму доцільності використання **Проекту** по окремих класах (рис. 22) і загальну діаграму (рис. 23), які знаходяться в *дидактичних матеріалах Портфоліо*.

Результати анкетування школярів			
номера запитань			
класи	цікаво	зрозуміло	хочемо це
7	35	25	30
8	31	28	38
9	28	25	30
10	24	28	21

Рис. 21. Результати анкетування

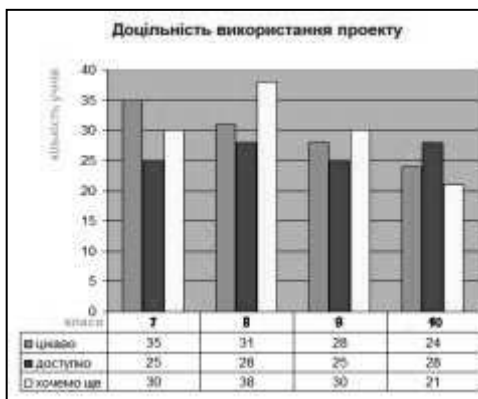


Рис. 22. Гістограма

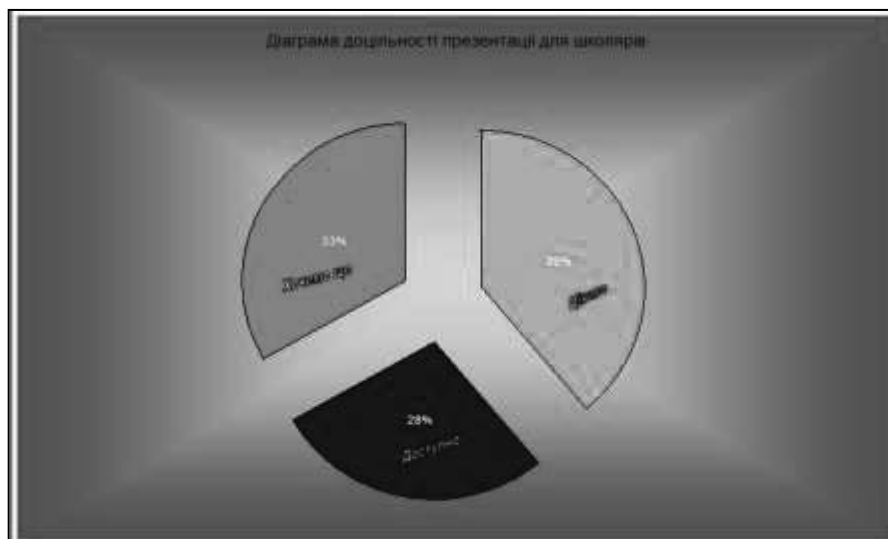


Рис.23. Діаграма доцільності використання навчальних проектів

Після завершення **Проекту** проведено тестові завдання за даною темою та анкетування щодо ефективності використання даних методів роботи. 72% учнів виявили бажання надалі використовувати та створювати такі **Проекти**. Подібні навчальні Проекти доцільно розробляти по всіх темах курсу фізики. Найбільш цікавими для даного виду роботи є наступні теми: «Елементи механіки рідин та газів», «Основи молекулярно-кінетичної теорії», «Основи термодинаміки», «Властивості газів, рідин і твердих тіл», «Основи електростатики», «Електричний струм у різних середовищах», «Механічні коливання і хвилі». Саме за ними і рекомендуємо створювати подібні навчальні **Проекти**.

Розглянувши ці *учнівські приклади*, бачимо, що під час реалізації **Проекту** в учнів формуються навички мислення високого рівня, вони проводять самостійну дослідницьку діяльність, намагаються осмислювати та аналізувати свою роботу і, що найважливіше, ці неординарні завдання сприяють підвищенню пізнавального інтересу учнів. Реалізація такого **Проекту** стимулює та мотивує застосування проблемної, дослідницької діяльності учнів, для здійснення якої передбачається використання інформаційно-комунікаційних технологій, яке в свою чергу дає змогу учням працювати краще, плідніше та швидше. Учень виступає активним учасником колективної та групової роботи, він з повагою ставиться до інших учнів, здатний успішно співпрацювати з ними.

## 2.11. Демонстрація проекту на інтерактивній дошці

Після створення **Портфоліо** навчального **Проекту** його необхідно продемонструвати. Для цього необхідно роздрукувати план **Проекту**, буклет, форми оцінювання учнівських робіт.

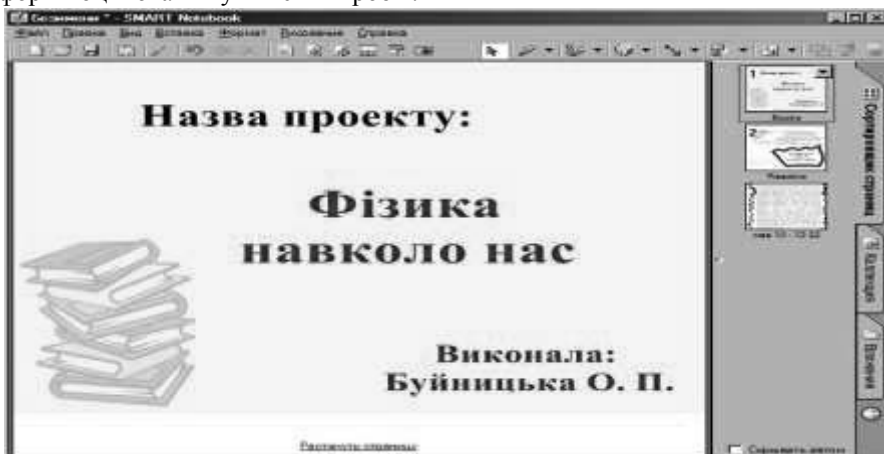


Рис. 24. Підготовка файлу до демонстрації



Користуючись програмою Smart Notebook, створюємо файл, за допомогою якого будуть демонструватися основні складові розробленого **Портфоліо** (рис. 24).

За допомогою вкладень доцільно ознайомити всіх з *учнівськими прикладами, методичними та дидактичними матеріалами*.

Мета демонстрації полягає в тому, щоб показати кінцевий результат виконаної роботи.

Розуміння учнями того факту, що результати їхньої роботи побачать не лише вчителі та однокласники, стає додатковою мотивацією їх відповідального ставлення до навчання, що зумовлює отримання кращих результатів.

Робота з методу **Проектів** потребує чіткого планування дій, наявності чи задуму гіпотези рішення цієї проблеми, чіткого розподілу ролей, тобто завдань для кожного учасника за умови тісної взаємодії.

Як відомо, сутність проектної технології – у функціонуванні цілісної системи дидактичних засобів, що адаптує навчально-виховний процес до структурних і організаційних вимог щодо навчального проектування. А воно вже передбачає системне та послідовне моделювання тренувального вирішення проблемних ситуацій, які потребують активізації пошукових зусиль учасників педагогічного процесу; дослідження й розробки оптимальних шляхів вирішення **Проектів**; неодмінного публічного захисту й аналізу підсумків упровадження.

Проектна технологія принципово відповідає за встановлення міцного зворотного зв'язку між теорією й практикою в процесі навчання, виховання й розвитку особистості учня.

Практикою доведено, що тільки активні дослідження та метод **Проектів** перетворюють учня на суб'єкт педагогічного процесу. Набуті в процесі реалізації **Проекту** знання, вміння та навички не тільки здобувають особливу міцність і усвідомленість, а й асоціативно пов'язані з отриманням задоволення, що стає стимулом для нового пошуку.

Інноваційний підхід полягає в комплексному поєднанні інформаційно-комунікаційних та інноваційних педагогічних технологій; кінцевим результатом є не перевірка знань та вмінь, а оприлюднений захист власної роботи; фокус на інноваційні педагогічні технології робиться через призму інформаційно-комунікаційних технологій; навчання проходить під керівництвом вчителя, самостійно, в парах, у групах, з застосуванням інтерактивних методик.

А отже, використання інноваційних педагогічних технологій формує стійкий інтерес до навчання фізики у позакласній роботі, описових елементів цікавої фізики, самостійної дослідницької роботи під час позаурочної та науково-пошукової роботи, сприяє розвитку творчості, спрямованої на використання та підвищення мотивації учнів, розвиток навичок високого рівня та практичних життєвих навичок учнів. Саме це і стверджує Тетяна

Нанаєва – директор програми «Intel Навчання для майбутнього» в Україні – у власній презентації, порівняльні кадри якої наведено далі (рис. 25).

**Що відбувалось в школах до програми «Intel® Навчання для майбутнього»**

- Комп'ютери використовувались для вивчення лише інформації і не використовувались при вивченні предметних галузей
- Лише окремі вчителі-ентузіасти впроваджували ІКТ на уроках і часто лише як наочність
- Школярі в основному використовували комп'ютери для ігор
- Прогулянки по Інтернету приводили до слухання рефератів и розваг
- Вільний доступ до шкільних комп'ютерів використовувався не в навчальних цілях
- Використання комп'ютерів було щось на зразок "винагороди за хорошу поведінку"
- Порухення авторських прав при використанні інформації з мережі Інтернет




**Що відбувається в школах після програми «Intel® Навчання для майбутнього».**

- Технології використовуються для підтримки вивчення предметних галузей, а не тільки інформації
- Починає інтенсивно застосовуватись проектні та проблемно-пошукові методи навчання
- Вчителі починають впевнено використовувати технології, працювати разом з іншими вчителями
- Зростає креативність і правова грамотність вчителів. Стандартні офісні додатки використовуються для самостійних методичних розробок
- З'являються нові форми контролю знань і навичок учнів
- Учні і вчителі приймають участь у міжнародних телекомунікаційних проєктах
- Зростають
  - мотивація учнів
  - інтеграція предметів
  - практична спрямованість знань та навичок учнів




Рис. 25. Порівняльні кадри презентації Т. Нанаєвої [10]

### Список використаних джерел

1. *Буйницька О.* Елементи цікавої фізики та експерименту під час вивчення фізики. // *Фізика та астрономія в школі.* – № 2, 2005. – с. 41-44.
2. *Буйницька О.* Використання інформаційно-комунікаційних технологій в шкільному курсі фізики. // *Фізика та астрономія в школі.* – № 4, 2005. – с. 6-12.
3. *Буйницька О.* Ігри на уроках фізики. // *Фізика та астрономія в школі.* – № 6, 2006. – с. 24-31.
4. *Буйницька О.* Використання нових інформаційних технологій у позакласній роботі з фізики. /Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного університету: Проблеми дидактики фізики та шкільного підручника фізики в світлі сучасної освітньої парадигми. – Кам'янець-Подільський: КПДУ, 2006. – Вип. 12. – С.182-184.
5. *Буйницька О.* Цікавість як засіб підвищення ефективності навчання фізики. // *Фізика та астрономія в школі.* – № 1. – 2007. – С. 24-35.
6. *Жалдак М. И.* Система подготовки учителя к использованию информационной технологии в учебном процессе // *Использование информационной технологии в учебном процессе.* – К.: КГПИ, 1990. – С. 8–10.
7. *Коршак Є. В., Ляшенко О. І., Савченко В. Ф.* Фізика, 10 кл.: Підруч. для загальноосвіт. навч. закл. – К., Ірпінь: Перун, 2002. – 296 с.
8. *Пометун О. І., Пироженко Л. В.* Сучасний урок. Інтерактивні технології навчання: наук.-методичний посібник / За ред. О. І. Пометун. – К.: Видавництво А.С.К., 2003. – 38 с.
9. *Янушкевич Ф.* Технология обучения в системе образования. – М.: Высшая школа, 1986. – 247 с.
10. *Intel* Навчання для майбутнього. – К.: Видавнича група ВНУ. – 2004. – 416 с.

**Зміст**

Передмова.....	3
1. Метод проектів та його особливості.....	4
1.1. Вимоги до використання методу проектів.....	4
1.2. Результат навчання за методом проекту.....	5
1.3. Структура Портфоліо навчального проекту та вимоги до нього.....	5
2. Приклад навчального проекту.....	10
2.1. Структура проекту.....	10
2.2. Мета та критерії оцінювання проекту. Інформаційний буклет.....	12
2.3. План навчального проекту.....	14
2.4. План реалізації проекту.....	19
2.5. Пошук інформаційних ресурсів.....	23
2.6. Допоміжні матеріали.....	23
2.7. Презентація. Створення та основні вимоги.....	41
2.8. Публікація. Особливості публікації.....	46
2.9. Веб-сайт. Критерії оцінювання.....	49
2.10. Дидактичні матеріали та їх застосування.....	54
2.11. Демонстрація проекту на інтерактивній дошці.....	56
Список використаних джерел.....	59
Зміст.....	60