

Державний вищий навчальний заклад
“ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ”
Міністерства освіти і науки України

На правах рукопису

Андрєєв Андрій Миколайович

УДК: 372.853:371.26 – 053.67

**РОЗВИТОК УМІННЯ ФОРМУЛЮВАТИ І РОЗВ’ЯЗУВАТИ
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ЗАДАЧІ З ФІЗИКИ У ПРОЦЕСІ
ВИНАХІДНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТАРШОКЛАСНИКІВ**

13.00.02 – теорія та методика навчання (фізика)

ДИСЕРТАЦІЯ

на здобуття наукового ступеня кандидата
педагогічних наук

Науковий керівник:

Мінаєв Юрій Павлович,

кандидат фізико-математичних наук, доцент

Запоріжжя – 2007

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ПСИХОЛОГО-ДИДАКТИЧНІ ОСНОВИ НАВЧАННЯ УЧНІВ ФОРМУЛЮВАННЯ І РОЗВ’ЯЗУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ЗАДАЧ З ФІЗИКИ У ПРОЦЕСІ ВІНАХІДНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ	13
1.1. Роль і місце експериментальних задач у винахідницькій діяльності старшокласників у процесі навчання фізики	13
1.2. Психолого-педагогічні основи формування вмінь та навичок, необхідних для формулювання і розв’язування експериментальних задач	26
1.3. Дидактичний аналіз окремих умінь і навичок щодо формулювання і розв’язування експериментальних задач.....	38
1.4. Напрямки активізації навчання учнів формулювання і розв’язування експериментальних задач для підвищення успішності винахідницької діяльності	46
1.5. Винахідницька діяльність як навчальне середовище для розвитку вміння формулювати і розв’язувати експериментальні задачі	57
Висновки до першого розділу	69
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ ВМІННЯ ФОРМУЛЮВАТИ І РОЗВ’ЯЗУВАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ЗАДАЧІ З ФІЗИКИ У ПРОЦЕСІ ВІНАХІДНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТАРШОКЛАСНИКІВ	70
2.1. Методичні особливості формулювання і розв’язування експериментальних задач у процесі винахідницької діяльності	70
2.1.1. Дворівневий підхід до навчання учнів формулювання і розв’язування експериментальних задач	70
2.1.2. Можливість виокремлення експериментальних задач на різних етапах винахідницької діяльності	75
2.2. Методичні складові розвитку вміння формулювати і розв’язувати експериментальні задачі у процесі винахідницької діяльності учнів	88

2.2.1. Роль теоретичного матеріалу щодо фізичних явищ та ефектів для навчання формулювання і розв'язування експериментальних задач у процесі винахідницької діяльності	88
2.2.2. Навчання старшокласників висування можливих способів розв'язування експериментальних задач	96
2.2.3. Математичне забезпечення процесу розв'язування експериментальних задач	120
2.2.4. Застосування підготовчих вправ для набуття окремих експериментальних умінь.....	128
2.2.5. Використання нових інформаційних технологій у процесі винахідницької діяльності	136
2.3. Діагностика рівня сформованості в учнів уміння щодо формулювання і розв'язування експериментальних задач	143
2.3.1. Завдання та способи здійснення діагностики	143
2.3.2. Контроль рівня підготовленості учнів до розв'язування експериментальних задач на заняттях з фізичного практикуму	148
Висновки до другого розділу	156
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ	158
3.1. Передумови проведення педагогічного експерименту.....	158
3.2. Результативність запропонованого підходу до навчання старшокласників формулювання і розв'язування експериментальних задач у процесі винахідницької діяльності	162
3.3. Статистична перевірка ефективності розробленої методики	195
Висновки до третього розділу	205
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	206
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	208
ДОДАТКИ	228

ВСТУП

Актуальність теми. У *Національній доктрині розвитку освіти* в Україні, наголошується на тому, що Держава повинна забезпечувати: “...формування у дітей та молоді сучасного світогляду, розвиток творчих здібностей і навичок самостійного наукового пізнання, самоосвіти і самореалізації особистості; підготовку кваліфікованих кадрів, здатних до творчої праці, професійного розвитку, освоєння та впровадження наукоємних та інформаційних технологій, конкурентоспроможних на ринку праці; створення умов для розвитку обдарованих дітей та молоді...” [89, с. 15]. З огляду на це проблема організації та підвищення успішності *винахідницької діяльності* учнів у процесі навчання фізики є досить важливою. Підкреслює її значущість також запровадження Міністерством освіти і науки України широкого спектра заходів позаурочної роботи, які сприяють винахідницькій діяльності учнів.

Елементи винахідницької діяльності доцільно використовувати не тільки у позаурочній роботі, а і безпосередньо під час фронтальних лабораторних робіт та робіт фізичного практикуму. Говорячи про це, слід згадати слова Нобелівського лауреата з фізики академіка П.Л. Капіци: “Учень розуміє фізичний дослід лише тоді добре, коли робить його він сам. Але ще краще він розуміє його, якщо сам робить прилад для експерименту” [87, с. 223]. У зв’язку з цим видатний фізик-експериментатор наголошує на важливості залучення учнів до виготовлення приладів, а також на необхідності забезпечення їм максимальної можливості проявляти при цьому свої *винахідницькі здібності*, хоча б у дрібницях.

Необхідним (та дуже важливим) компонентом винахідницької діяльності, яка спрямована на розв’язування певної фізико-технічної проблеми, є проведення *експериментального дослідження*, яке за структурою можна представити у вигляді низки *експериментальних задач*. Тому успішність всієї винахідницької діяльності залежить від рівня розвитку в учнів уміння розв’язувати експериментальні задачі.

Значний вклад у розробку проблеми організації та підвищення успішності *винахідницької* діяльності учнів у процесі навчання фізики зробили М.А. Віднічук [39], А.А. Давиденко [65], В.Г. Разумовський [152].

Проблему підвищення ролі *експериментальної* роботи учнів при навчанні фізики, вдосконалення її змісту і методів досліджували О.І. Бугайов [31; 32], С.П. Величко [37], С.У. Гончаренко [57], А.А. Давиденко [65; 66], П.О. Знаменський [78], Є.В. Коршак [93 – 97], Д.Я. Костюкевич [98; 99; 179; 180], О.І. Ляшенко [108; 110], Б.Ю. Миргородський [95; 119 – 122], В.Г. Нижник [47; 96; 193], А.І. Павленко [97; 134; 136], О.А. Покровський [189], В.Г. Разумовський [152 – 154], В.Ф. Савченко [162], М.І. Садовий [163 – 165], О.В. Сергєєв [168; 169], В.І. Тищук [48; 194], В.Г. Чепуренко [192; 193], М.І. Шут [197] та інші.

У методичній літературі присутні також розробки експериментальних задач і завдань (І.Г. Антіпін [23], В.О. Буров [33; 34], С.У. Гончаренко [54; 55], А.А. Давиденко [24; 67], Е.О. Довнар [74], О.Ф. Іваненко [80], В.М. Ланге [102], С.С. Мошков [123], Ф.І. Яковлєв [200] та інші).

Проте, як свідчать попередні дослідження (у тому числі автора дисертації), досить часто учні, навіть ті, що навчаються у профільних фізико-математичних класах, виявляються невідповідними до розв'язування експериментальних задач (не вміють самостійно зібрати експериментальну установку, провести вимірювання, обробити результати експерименту, зробити висновок тощо). Цим обумовлюються непоодинокі випадки, коли абітурієнти, які щойно закінчили навчання у школі, стикаються з труднощами під час виконання лабораторних робіт у вищих навчальних закладах (ВНЗ). Окреслену нами проблему також засвідчило моніторингове дослідження якості природничо-математичної освіти учнів 8 класів загальноосвітніх навчальних закладів України, яке проводилося Міністерством освіти і науки разом з Академією педагогічних наук України та Центром тестових технологій [109; 110]. Аналізуючи результати цього дослідження, О.І. Ляшенко, серед іншого,

зазначає, що практична підготовка учнів до експериментальної роботи значно поступається теоретичному засвоєнню навчального матеріалу з фізики [109].

Нами також виявлено, що особливі труднощі виникають в учнів на етапі висування ідей щодо можливих способів розв'язування експериментальних задач, а також при *формулюванні* самих експериментальних задач, що з необхідністю доводиться робити під час складного експериментального дослідження у процесі винахідницької діяльності. Наголошуючи на важливості навчання учнів не тільки успішно *розв'язувати* готові експериментальні задачі (взяті із відповідних збірників, запропоновані вчителем тощо), але й також самостійно *формулювати* ці задачі, доречно навести висловлювання видатного вченого-фізика та методиста академіка І.К. Кікоїна. Він зазначав: “Проводячи певну експериментальну роботу, фізик-експериментатор по суті ставить запитання до природи, проте природа відповідає лише на *правильно* поставлене запитання. Це означає, що фізичний експеримент повинен бути також поставлений вірно, у протилежному випадку експериментатор не отримає потрібної йому відповіді. Талант експериментатора і визначається його здібністю правильно ставити експеримент” [129, с. 5].

Складність розглядуваної нами проблеми обумовлюється насамперед тим, що зазвичай експериментальні задачі, як зазначає А.А. Давиденко, відносяться до категорії *творчих* задач, тобто таких, що не мають наперед відомого алгоритму розв'язування [65, с. 88]. Тому на розвиток в учнів уміння формулювати і розв'язувати експериментальні задачі навряд чи можна сподіватися без створення *спеціальних умов*. Усе вищезазначене і обумовлює *актуальність* даного науково-методичного дослідження.

Власний досвід роботи автора дисертації у загальноосвітній школі (зокрема, у фізико-математичному класі) дозволив припустити, що розвиток у старшокласників уміння формулювати і розв'язувати експериментальні задачі з фізики сприятиме підвищенню успішності їхньої винахідницької діяльності, яка при відповідних умовах сама може виступати своєрідним *навчальним середовищем* (“*полігоном*”) для розвитку вказаного вміння. Це дозволило

конкретизувати тему дослідження і подати її у такому варіанті: **“Розвиток уміння формулювати і розв’язувати експериментальні задачі з фізики у процесі винахідницької діяльності старшокласників”**.

Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційне дослідження проведено відповідно до тематичного плану наукових досліджень кафедри фізики та методики її викладання Запорізького національного університету. Тема дисертації затверджена на засіданні науково-технічної ради Запорізького національного університету (протокол № 4 від 22 грудня 2005 р.) і узгоджена в Раді з координації наукових досліджень в галузі педагогіки та психології в Україні (протокол № 3 від 21 березня 2006 р.).

Об’єкт дослідження – винахідницька діяльність старшокласників у процесі вивчення фізики.

Предмет дослідження – розвиток у старшокласників умінь, пов’язаних з формулюванням і розв’язуванням експериментальних задач у процесі винахідницької діяльності при вивченні фізики.

Мета дослідження полягала у розробці та експериментальній перевірці методики цілеспрямованого навчання старшокласників формулювати і розв’язувати експериментальні задачі з фізики для підвищення успішності їх винахідницької діяльності.

В основу дослідження покладено **гіпотезу**: цілеспрямований розвиток у старшокласників уміння формулювати і розв’язувати експериментальні задачі з фізики у ході винахідницької діяльності суттєво підвищить її результативність.

У відповідності до мети та гіпотези нами були визначені такі основні **завдання дослідження**:

1. З’ясувати *роль і місце* експериментальних задач у навчальному процесі з фізики, зокрема у винахідницькій діяльності старшокласників.
2. Визначити *передумови* використання винахідницької діяльності як навчального середовища, яке мотивує старшокласників до розвитку вмінь, пов’язаних із формулюванням і розв’язуванням експериментальних задач.

3. Дослідити сприятливі умови організації винахідницької діяльності старшокласників, яка б відбувалася у поєднанні з цілеспрямованим навчанням їх формулювати і розв'язувати експериментальні задачі з фізики.

4. Розробити *методику* розвитку у старшокласників уміння формулювати і розв'язувати експериментальні задачі у процесі їхньої винахідницької діяльності.

5. Експериментально перевірити ефективність розробленої методики.

Для вирішення поставлених завдань були обрані наступні **методи дослідження**:

теоретичні – системний аналіз, порівняння, узагальнення даних філософської, психолого-педагогічної і науково-методичної літератури стосовно проблеми, що досліджується (*для визначення завдань дослідження, висування його гіпотези та побудови психолого-педагогічного підґрунтя запропонованого підходу*); моделювання процесу розвитку в учнів уміння формулювати і розв'язувати експериментальні задачі у процесі винахідницької діяльності (*для розробки шляхів успішного розвитку в учнів указанного вміння*);

емпіричні – спостереження за навчальним процесом (*для отримання вихідних даних, що мають відношення до процесу формулювання і розв'язування експериментальних задач у навчанні фізики, а також для отримання інформації про хід експериментального навчання*); дидактичні опитування, бесіди з учителями та учнями шкіл, у тому числі таких, де фізика є профільюючим предметом (*для з'ясування проблем, які виникають у процесі винахідницької діяльності, зокрема під час розв'язування експериментальних задач, а також для вивчення динаміки рівня зацікавлення учнів до навчання*); вивчення шкільних підручників, навчальних посібників та шкільних програм щодо досліджуваної теми (*для розробки підготовчих вправ та тренувальних винахідницьких задач на відпрацювання окремих елементарних умінь, пов'язаних з формулюванням і розв'язуванням експериментальних задач*); педагогічний експеримент у різноманітних формах (*для аналізу стану розглядуваної проблеми та апробації окремих елементів методики, що*

розроблялася); якісний та кількісний аналіз результатів педагогічного експерименту (для аналізу стану проблеми, пов'язаної з формулюванням і розв'язуванням експериментальних задач під час навчання фізики, та перевірки ефективності розробленої методики); експертна оцінка результатів формульованого експерименту (для доведення ефективності запропонованої методики).

Методологічну основу дослідження становлять: концептуальні ідеї Національної доктрини розвитку освіти в Україні, загальнодидактичні та методичні положення; основні положення теорії про єдність знань та діяльності; теорія поетапного формування розумових дій; науково-методичні положення теорій та методик розвитку творчих здібностей на основі винахідницької діяльності.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у тому, що:

➤ вперше науково-методично обґрунтовано можливість використання *винахідницької діяльності* як навчального середовища для розвитку у старшокласників уміння формулювати і розв'язувати експериментальні задачі;

➤ вперше запропоновано *дворівневий підхід* до навчання старшокласників формулювати і розв'язувати експериментальні задачі з фізики, у якому на *першому* рівні відбувається набуття учнями окремих елементарних умінь з доведенням їх за допомогою *підготовчих вправ* до рівня відповідних навичок, а на *другому* рівні вказаного підходу – у процесі *винахідницької діяльності* – ці навички інтегруються до складного вміння.

➤ вперше досліджено необхідні *методичні складові* успішного навчання старшокласників формулювати і розв'язувати експериментальні задачі саме у процесі їх *винахідницької діяльності*: детальне вивчення теоретичного матеріалу, що стосується фізичних явищ та ефектів, навчання висування ідей можливих способів розв'язування експериментальних задач, математичне забезпечення процесу розв'язування експериментальних задач, набуття окремих експериментальних умінь за допомогою *підготовчих вправ*,

використання нових інформаційних технологій у процесі винахідницької діяльності;

➤ зроблено внесок у подальшу розробку проблеми підвищення результативності винахідницької діяльності старшокласників у позаурочний час: підвищення результативності у запропонованій методиці досягається за рахунок поєднання природного інтересу учнів до винахідництва з фундаментальною фізико-математичною підготовкою, у якій особлива увага приділяється формулюванню та розв'язуванню експериментальних задач.

Практичне значення дослідження полягає у:

- розробці *методики* навчання учнів формулювати і розв'язувати експериментальні задачі у процесі їхньої винахідницької діяльності;
- розробці *способу* складання та підбору тренувальних винахідницьких задач для розвитку вміння висувати ідеї можливих розв'язків експериментальних задач;
- розробці *підготовчих вправ* для відпрацювання окремих елементарних умінь, необхідних для успішного розв'язування експериментальних задач.

Наведені у дисертації підготовчі вправи, які орієнтовані на перший рівень запропонованого дворівневого підходу до навчання формулювати і розв'язувати експериментальні задачі з фізики, можуть бути використані у навчальному процесі з фізики у загальноосвітній школі (зокрема у фізико-математичних класах).

Формулювання і розв'язки конкретних експериментальних задач, які виникали у ході винахідницької діяльності учнів дисертанта, можуть виступати як приклади для вчителів на другому рівні навчання старшокласників, з якими вони займаються або збираються займатися винахідництвом та раціоналізаторством.

Практичну цінність також мають зроблені учнями конкретні винаходи, на які отримано патенти України. Зважаючи на це, ідеї та результати дослідження слід враховувати під час підготовки учнів до різних конкурсів та турнірів з

фізики та техніки, які спрямовані, окрім іншого, на розвиток в учнів якостей винахідника.

Впровадження результатів дослідження здійснювалося у процесі експериментального навчання, яке проводилося у гімназії № 28 м. Запоріжжя (довідка №01/35 від 17.04.2007 р.), у навчально-виховному комплексі “Освіта” м. Запоріжжя (довідка №1021 від 26.04.2007 р.), у ліцеї №105 м. Запоріжжя (довідка №175 від 10.05.2007 р.), в умовах фізико-технічного гуртка при Запорізькому обласному Центрі науково-технічної творчості “Грані” (довідка №46 від 18.04.2007 р.) та на фізичному факультеті Запорізького національного університету (довідка №01-09/631 від 25.04.2007 р.).

Особистим внеском автора є: виявлення можливості розширення спектра використання експериментальних задач у навчанні фізики на галузь винахідницької діяльності старшокласників; науково-методичне обґрунтування можливості використання винахідницької діяльності як навчального середовища для розвитку в учнів уміння формулювати і розв’язувати експериментальні задачі; розробка відповідної методики та демонстрація її результативності численними перемогами учнів експериментальної групи на різноманітних всеукраїнських та міжнародних конкурсах фізико-технічного спрямування, отриманням ними значної кількості патентів на винаходи і корисні моделі, а також їхнім співавторством у низці публікацій у науково-технічних виданнях.

Вірогідність результатів дослідження забезпечена аналізом теоретичного та практичного стану проблеми, що вивчалася; застосуванням методів, які є адекватними завданням і меті дослідження; коректним вибором способу оцінки експериментальних даних та їх відповідністю гіпотезі дослідження; результатами статистичної обробки педагогічного експерименту; обговоренням результатів дослідження на всеукраїнських та міжнародних науково-методичних і практичних конференціях та семінарах.

Апробація результатів дослідження. Основні теоретичні положення та результати дослідження доповідалися на наукових конференціях викладачів і

студентів Запорізького національного університету (2003 – 2006 рр.); Всеукраїнській науково-методичній конференції “Проблеми підручників і посібників з математики, фізики та основ інформатики” (Тернопіль, 2002 р.) [118]; Міжнародній науково-методичній конференції “Методологічні принципи формування фізичних знань учнів і професійних якостей майбутніх учителів фізики та астрономії” (Кам’янець-Подільський, 2003 р.) [20]; Всеукраїнській науково-практичній конференції “Методичні особливості викладання фізики на сучасному етапі” (Кіровоград, 2004 р.) [5]; Всеукраїнській науково-практичній конференції “Особливості підготовки вчителів природничо-математичних дисциплін в умовах переходу школи на профільне навчання” (Херсон, 2004 р.) [7]; Міжнародній науково-практичній конференції “Чернігівські методичні читання з фізики” (Чернігів, 2006 р.) [9]; Міжнародному симпозиумі “Проблеми дидактики фізики та шкільного підручника в світлі сучасної освітньої парадигми” (Кам’янець-Подільський, 2006 р.) [8]; Міжнародній науково-практичній конференції “Засоби і технології сучасного навчального середовища” (Кіровоград, 2007 р.) [3].

Публікації. Основний зміст та результати дисертаційного дослідження відображено у 17 публікаціях. З них 12 статей (серед яких 8 одноосібні) надруковано у провідних наукових фахових виданнях, 5 статей – у збірниках наукових праць та матеріалах конференцій.

Специфіку дослідження, пов’язану з налагодженням активної винахідницької діяльності старшокласників, відображають також 12 патентів України на винаходи та корисні моделі, а також 3 статті у журналах технічного спрямування, співавторами яких були учні експериментальної групи.

РОЗДІЛ 1

ПСИХОЛОГО-ДИДАКТИЧНІ ОСНОВИ НАВЧАННЯ УЧНІВ ФОРМУЛЮВАННЯ І РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ЗАДАЧ З ФІЗИКИ У ПРОЦЕСІ ВІНАХІДНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

1.1. Роль і місце експериментальних задач у винахідницькій діяльності старшокласників у процесі навчання фізики

Перед тим, як висвітлити роль та місце експериментальних задач у сучасній середній школі, визначимося зі змістом поняття “*фізична задача*” взагалі.

Не маючи на меті робити докладний аналіз цього питання (воно достатньо висвітлене у ряді науково-методичних праць, наприклад, у монографії А.І. Павленка [137]), наведемо лише кілька визначень фізичної задачі. Так, С.Ю. Каменецьким та В.П. Ореховим зазначається, що фізичною задачею у навчальній практиці називають невелику проблему, яка у загальному випадку розв’язується за допомогою логічних умовиводів, математичних дій та експерименту на основі законів і методів фізики [86, с. 5]. У методичній же та навчальній літературі, вказується там же, під задачами, як правило, розуміють доцільно підібрані вправи, головне призначення яких полягає у вивченні фізичних явищ, формуванні понять, розвитку фізичного мислення учнів та прищепленні їм умінь застосовувати свої знання на практиці.

А.В. Усова та А.О. Бобров подають таке визначення: “*фізична задача* – це ситуація (сукупність певних факторів), що потребує від учнів розумових та практичних дій на основі законів і методів фізики, спрямованих на оволодіння знаннями з фізики і на розвиток мислення” [186, с. 79].

Визначення фізичної задачі подібне до того, що дали С.Ю. Каменецький та В.П. Орехов, знаходимо у О.І. Бугайова в [31, с. 207]. У подальшому, говорячи

про фізичну задачу, ми теж будемо користуватися цим визначенням. Що таке *експериментальна* задача? Яке її місце серед інших фізичних задач?

Щоб відповісти на ці запитання, розглянемо основні ідеї деяких класифікацій фізичних задач.

З урахуванням того, що фізичні задачі відрізняються між собою головним чином за змістом та дидактичними цілями, О.І. Бугайов пропонує таку класифікацію: за змістом, за способом подання умови та за основним методом розв'язування [31, с. 211].

За змістом фізичні задачі поділяються на задачі конкретних розділів фізики (задачі з механіки, молекулярної фізики, електродинаміки тощо); задачі з абстрактним та конкретним змістом (різновидом останніх є задачі з технічним або політехнічним змістом); задачі з історичним змістом; цікаві задачі (для них характерна наявність в умові парадоксальних або цікавих фактів та явищ, уявних протиріч тощо); творчі задачі (як приклад останніх, О.І. Бугайов наводить дослідницькі, що потребують відповіді на питання “чому?”, та конструкторські, що потребують відповіді на питання “як зробити?” [31, с. 213]).

За способом подання умови задачі поділяють на текстові, експериментальні, графічні та задачі-малюнки.

За основним методом розв'язування виділяють якісні, розрахункові, графічні та експериментальні задачі. Розв'язування *якісних* задач передбачає побудову умовиводів на основі використання фізичних теорій та законів без застосування математичного апарату. До *розрахункових* задач відносять такі, відповіді на запитання яких не можуть бути знайдені без виконання відповідних математичних перетворень та обчислень. *Графічними* називають задачі, дані для розв'язання яких отримують з наведених в умові задачі графіків. Нарешті, *експериментальними* називають (за О.І. Бугайовим) задачі, в яких експеримент є засобом знаходження величин, що необхідні для розв'язування, він дає відповідь на поставлене у задачі запитання або є засобом перевірки зроблених відповідно до умови розрахунків [31, с. 217].

У класифікації А.В. Усової та А.О. Боброва, окрім наведених ознак, фізичні задачі ще додатково групуються *за роллю у формуванні фізичних понять* [186, с. 83]. Відповідно до цього розрізняють задачі для уточнення ознак понять; диференціювання понять; встановлення й закріплення нового поняття; систематизації понять та формування в учнів уміння їх класифікувати; формування в учнів уміння використовувати поняття у різних ситуаціях, для пояснення та передбачення явищ, розв'язування проблем наукового та практичного характеру. У [186, с. 106] знаходимо також визначення експериментальних задач, під якими автори розуміють такі, що не можуть бути розв'язані без постановки дослідів або вимірювань.

Говорячи про експериментальні задачі, слід окремо зазначити, що одним з перших фізиків-методистів, які досліджували та впроваджували їх у процес навчання фізики, був С.С. Мошков. Під *експериментальною* він розуміє таку задачу, дані для розв'язання якої отримують експериментально, безпосередньо перед очима учня або самими учнями [123, с. 15].

Близьке до останнього визначення експериментальних задач дає й А.А. Давиденко у [67, с. 3], дисертаційне дослідження [66] якого було присвячене проблемі використання експериментальних задач у процесі навчання фізики в середній школі.

І.Г. Антіпін до *експериментальних* відносить такі фізичні задачі, постановка та розв'язування яких органічно пов'язані з експериментом (з різними вимірюваннями, відтворенням фізичних явищ, спостереженнями за фізичними процесами, складанням експериментальних установок, розробкою приладів, безпосередньо проведенням експериментального дослідження) [23, с. 5]. У подальшому, говорячи про експериментальні задачі, ми будемо мати на увазі саме це визначення (зрозуміло, що всі наведені нами визначення поняття “експериментальна задача” є досить схожими між собою за своєю суттю).

Яку роль відіграють експериментальні задачі у навчанні фізики? Без перебільшення можна стверджувати, що їх використання у навчальному

процесі є одним з ефективних засобів формування в учнів глибоких і міцних знань з фізики. Обґрунтуємо це твердження більш детально.

Як зазначається у [80, с. 5], *мета експериментальних задач* – виробити в учнів важливу психічну установку: знання потрібні для того, щоб їх застосовувати на практиці. Там само знаходимо висловлювання авторів щодо ролі експериментальних задач. Вони, зокрема, вказують на те, що розв’язування цих задач є однією з активних форм навчально-виховного процесу, важливим компонентом якого є самостійна робота учнів. Розв’язуючи експериментальні задачі, учні більш усвідомлено розуміють досліджувані процеси і причинно-наслідкові зв’язки між фізичними явищами і величинами.

На думку авторів [80], експериментальним задачам належить вирішальна роль у формуванні в учнів експериментальних умінь і навичок, адже розв’язування цих задач дає їм можливість ознайомитися з принципами вимірювання фізичних величин та методами аналізу похибок, виробляє вміння і навички вільного та впевненого користування вимірювальними приладами тощо (докладніше про експериментальні вміння та навички йдеться у підрозділі 1.3).

Демонструючи дію фізичних законів, експериментальні задачі збуджують в учнів інтерес до науки фізики, виховують у них творчу ініціативу. А.А. Давиденко у своїй монографії [65], яка присвячена методиці розвитку творчих здібностей учнів у процесі навчання фізики, зокрема, вказує на те, що експериментальні задачі при відповідній постановці мають значний потенціал для розвитку творчих здібностей учнів. Автор підкреслює, що значна кількість експериментальних задач не має готового алгоритму розв’язування, і це робить їх приналежними до категорії творчих задач [65, с. 88]. Крім того, А.А. Давиденко зазначає, що досить часто під час розв’язування задач учні залучаються до творчої винахідницької діяльності. Яскравим підтвердженням цього є те, що на основі розв’язків деяких задач з’являються навіть винаходи та корисні моделі, співавторами яких є учні, не говорячи вже про цікаві оригінальні розв’язки.

Застосування експериментальних задач у навчальному процесі є також одним із дієвих засобів у боротьбі з формалізмом при навчанні фізики, який, на думку П.О. Знаменського [78], є основним недоліком у знаннях учнів з фізики. “Знання, – писав він, – мають абстрактний характер, відірвані від того, що міцним кільцем охоплює учнів у практичному житті. Впевнено формулюючи закони фізики і пам’ятаючи різні визначення, учні часто не вміють пояснити найпростіших фізичних явищ, застосувати відомі їм закони для розв’язання конкретних проблем та з’ясування дії різних механізмів. Відсутні самостійність думки і самостійність дій” [78, с. 8]. Поєднання викладу теоретичного матеріалу з ілюстрацією його практичного використання (наприклад, у процесі розв’язування експериментальних задач) знаходимо у зарубіжних підручниках з фізики [157; 201].

Розв’язування експериментальних задач розвиває в учнів логічне мислення, адже для успішного їх розв’язування необхідно наперед обміркувати кожний крок своїх дій, вдало їх спланувати, виявити суттєві та другорядні фактори під час проведення експерименту тощо.

Слід також зазначити, що однією з особливостей експериментальних задач є те, що під час їх розв’язування розумова діяльність учнів супроводжується ще й діяльністю органів руху (моторністю). На це звертав увагу і П.О. Знаменський. За його словами, об’єднуються думка, слово (запис) та дія [78, с. 6].

Цінним також є те, що розв’язування експериментальних задач позитивно впливає на якість розв’язування як текстових і графічних задач, так і задач-малюнків. За словами авторів [80], учні свідоміше підходять до їх розв’язування, знаходячи в кожній задачі експериментальну основу [80, с. 12].

Перейдемо тепер до розгляду місця експериментальних задач у навчанні фізики. Така необхідність виникла у зв’язку з переходом старшої ланки загальноосвітньої школи до *профільного навчання*, а також з появою *нових форм позаурочної роботи* старшокласників (численних творчих конкурсів і

турнірів з фізики та техніки, про які докладно йтиметься у третьому розділі дисертації).

Основною формою організації навчальної діяльності з фізики у школі є урок. Відомо, що кожен урок має певну цільову спрямованість (дидактичну ціль). Залежно від його дидактичної цілі, О.І. Бугайов наводить таку класифікацію уроків з фізики: вивчення нового матеріалу; формування вмінь і навичок, а також використання знань на практиці; повторення та узагальнення вивченого матеріалу; контроль та облік знань; комбінований [31, с. 225].

Ми вважаємо, що розв'язування експериментальних задач не тільки можливо, але й доцільно проводити на уроках всіх наведених типів. При цьому зрозуміло, що їх місце у кожному конкретному випадку має визначатися логікою структури уроку та його дидактичними цілями. Розглянемо це докладніше, взявши за основу класифікацію типів уроків О.І. Бугайова.

Урок вивчення нового матеріалу. Дуже важливо у вступній частині такого уроку психологічно підготувати учнів до сприйняття нового матеріалу. Як правило, для цього створюють проблемну ситуацію (в умовах проблемного навчання), яка дозволяла б налаштувати учнів на пізнавальну діяльність і підвела їх до необхідності вивчення певної проблеми (поняття, закону тощо). Це можна зробити також за допомогою експериментальних задач, метою яких у даному випадку є висування проблеми і збудження пізнавальної активності учнів.

Особливе місце для створення проблемної ситуації займають експериментальні задачі, які поставлені у цікавій формі (на це також звертає увагу І.Я. Ланіна [103]). І це не дивно, адже, як зазначає І.Я. Ланіна, цікавість – це прийом учителя, який, діючи на почуття учня, сприяє створенню позитивних мотивів до навчання та готовності до активної розумової діяльності у всіх учнів незалежно від їхніх знань, здібностей та інтересів [103, с. 77]. Такі задачі можна знайти, наприклад, у [102; 155].

У ході уроку експериментальні задачі доцільно використовувати під час вивчення фізичних властивостей тіл або речовин, дослідженні фізичних

закономірностей та окремих явищ. При цьому, як показує досвід, експериментальні задачі мають більшу навчальну цінність, якщо новий матеріал є окремим випадком вже вивченого, коли, наприклад, саме явище учням ще невідоме, але вони вже володіють необхідними для висунення гіпотези знаннями. У цьому випадку при відповідній постановці уроку учні не тільки засвоюють новий матеріал, але й разом з тим ознайомлюються з елементами наукового дослідження, оскільки окремі етапи такої навчальної діяльності (накопичення фактів, висунання гіпотези, постановка експерименту, створення теорії) відповідають ланкам процесу наукової творчості (вихідні факти – гіпотеза – наслідки – експеримент – вихідні факти [153]). Наприклад, під час вивчення теми “Залежність електричного опору матеріалів від температури” (10 клас) можна запропонувати учням побудувати графік залежності опору термістора від температури (обладнання: термістор, посудина для нагрівання води, вольтметр, амперметр, термометр, з’єднувальні провідники, вимикач). Вивчаючи тему “Опір провідників” (8 клас), учні можуть виконати задачі про дослідження опору провідників від їх довжини, поперечного перерізу та матеріалу. Або вивчаючи “Рівноприскорений рух” (9 клас), можна експериментально дослідити залежність прискорення кульки, яка скочується по похилому жолобу, від кута його нахилу (обладнання: жолоб Галілея, штатив з хрестоподібною муфтою та затискачем, металева кулька, транспортер, масштабна лінійка, секундомір).

Хоча більшість учнівських досліджень пов’язана з “перевідкриттям” вже відкритого у науці, для учня розв’язування відповідних експериментальних задач є свого роду пізнанням ще не пізаного. Як зазначається у статті Є.В. Коршака та А.І. Павленка [97], особлива роль експериментальних задач у школі полягає у “квазівідкритті”, наближенні учня до етапу самостійної постановки, складання та розв’язування задачі на прикладі реальної ситуації.

При використанні експериментальних задач як джерела нових знань, за словами І.Я. Ланіної, створюється конкретна можливість говорити про

суб'єктивне присвоєння знань, адже тепер самостійна робота має не виконавчий, а дослідницький характер [103, с. 68].

Структурною складовою уроку вивчення нового матеріалу є закріплення отриманих знань та використання їх на практиці. Серед завдань, спрямованих на це, можуть бути також експериментальні задачі. Наприклад, після вивчення на уроці теми “Опір провідників. Залежність опору провідників від їхніх геометричних розмірів та речовини” (8 клас) можна запропонувати учням визначити, з якого металу виготовлено дріт даного реостату (обладнання: реостат з вказаним опором, лінійка з міліметровими поділками), або для закріплення теми “Магнітне поле струму” можна запропонувати їм визначити полюси джерела струму (обладнання: джерело струму (гальванічний елемент), резистор опором 1–2 Ом, провідник довжиною 1,5–2,0 м, магнітна стрілка на підставці або компас, ключ, з'єднувальні провідники) [67, с. 20].

Урок формування практичних умінь та навичок. Як відомо, навчання фізики у школі передбачає поряд із вивченням учнями основних фізичних явищ, законів та теорій, наукових фактів, ще й набуття і розвиток експериментальних умінь та дослідницьких навичок, умінь застосовувати набуті знання для розв'язання фізичних задач та пояснення фізичних явищ і процесів. Тому, як правило, основна частина уроків указанного типу присвячена розв'язанню задач, виконанню лабораторних робіт і робіт практикуму. При цьому експериментальні задачі можуть відігравати чималу роль для формування і розвитку в учнів практичних умінь і навичок. На це також звертається увага в [80, с. 6], [34, с. 27], [83, с. 126]. Так, на думку Л.О. Іванової [83, с. 126], яка, зокрема, пропонує урізноманітнювати типи розв'язуваних на уроці задач, саме експериментальні задачі, в яких, за її словами, на перший погляд “нічого не дано”, мають особливо велику цінність для розвитку мислення учнів. Наприклад, після вивчення закону Ома для ділянки електричного кола (8 клас) можна запропонувати учням побудувати залежність падіння напруги на резисторі від струму, що протікає по ньому, та визначити за цією залежністю опір резистора (обладнання: досліджуваний резистор,

гальванічний елемент, вольтметр, амперметр, реостат, з'єднувальні провідники, перемикач).

Наведена експериментальна задача націлена передусім на формування поняття “електричний опір”, а також на закріплення кількісної залежності падіння напруги від струму на ділянці електричного кола. Не дивлячись на позірну простоту задачі, для її розв’язування учні повинні знати призначення вказаного обладнання, уміти складати прості електричні кола, користуватися амперметром та вольтметром (визначати ціну поділки, межу вимірювання, знімати покази приладу тощо), вміти будувати графіки експериментальних залежностей між величинами тощо. Зрозуміло, що більшістю з цих знань та умінь учні повинні оволодіти ще до безпосереднього виконання експерименту. Слід наголосити на тому, що експериментальні задачі ефективніше виконують свою навчальну функцію за умови, коли учнів усвідомлено готувати до їх розв’язування (конкретні методичні складові цієї підготовки розглядаються у другому розділі дисертаційного дослідження).

Як відомо, одним із методів формування в учнів практичних умінь та навичок є фронтальні лабораторні роботи, які проводяться впродовж усього навчального року, та фізичний практикум (як правило, він проводиться наприкінці навчального року). Лабораторні роботи та роботи фізичного практикуму виконуються за інструкціями, які містять номер і назву роботи, її мету, перелік необхідного обладнання та матеріалів, короткі теоретичні відомості, опис ходу роботи з відповідними малюнками, вказівки щодо обробки експериментальних даних та правила з техніки безпеки. Не применшуючи ролі фронтальних лабораторних робіт та робіт фізичного практикуму, а також значення інструкцій щодо їх виконання, необхідно все ж зазначити, що на сучасному етапі більшість з цих робіт має репродуктивний характер, а важливе завдання навчити учнів застосовувати ці вміння і навички у незнайомих ситуаціях вирішується не повністю. Про це йдеться також у [186, с. 7].

Ще П.О. Знаменський зазначав, що лабораторні роботи повинні супроводжуватися розв’язуванням задач як якісного, так і розрахункового

характеру, при цьому дані для них можуть братися з експерименту. Він також вказував на те, що лабораторні роботи можуть бути поставлені у формі експериментальних задач [78, с. 16].

Урок повторення та узагальнення вивченого матеріалу. Мета такого уроку – досягнення тісного зв'язку між окремими питаннями курсу, а також створення системи знань і вмінь [31, с. 227]. Він також може містити елементи нових знань про вже вивчені явища. Узагальнюючі уроки, як зазначається у [174, с. 177], мають великі можливості для розвитку пізнавальних і творчих здібностей учнів, а також умінь самостійно виконувати завдання.

Відповідно до цього, на таких уроках розв'язування експериментальних задач використовується для конкретизації змісту фізичних понять і встановлення нових зв'язків між фізичними величинами, для відшукування нових методів вимірювання фізичних величин, встановлення нових відомостей про вивчене явище тощо [80, с. 6].

Урок контролю та обліку знань. На уроках цього типу розв'язування експериментальних задач допоможе вчителю перевірити вміння учнів застосовувати знання в знайомих і незнайомих ситуаціях, аналізувати факти та критично підходити до результатів фізичного експерименту. Як вказується в [80, с. 7], на уроках контролю та обліку знань учнів, як і на уроках узагальнення та поглиблення знань, розв'язуванню експериментальних задач можна присвятити значну частину уроку або навіть весь урок. При цьому, як зазначається там само, доцільно розв'язувати більш складні задачі, зокрема комбіновані, які вимагають знань з різних розділів курсу фізики.

Спостереження вчителя за виконанням експериментальних задач, обговорення отриманих результатів дають йому інформацію про рівень відповідних знань, умінь та навичок учнів. Вислуховуючи відповіді про результати роботи, зазначається у [34, с. 28], вчитель фактично здійснює опитування, за наслідками якого він може оцінити роботу окремих учнів.

Комбінований урок. До цього типу відносять уроки, що мають декілька дидактичних цілей (наприклад, перевірка домашнього завдання та повторення

вивченого матеріалу, вивчення нового матеріалу, закріплення та використання нових знань тощо). Цими цілями й визначається доцільність використання конкретної експериментальної задачі на кожному з етапів такого уроку.

Отже, за відповідних умов використання експериментальних задач на уроках фізики може мати велику педагогічну цінність. Під “відповідними умовами” ми маємо на увазі наступне. Добираючи експериментальні задачі, треба враховувати вік учнів, їхні психологічні особливості та рівень знань з фізики. Форма постановки задачі має бути зручною для розв’язування на конкретному етапі уроку [80, с. 8]. Крім того, досвід показує, що експериментальні задачі дають ефект саме тоді, коли з учнями проводиться окрема цілеспрямована підготовка до їх розв’язування (докладніше про неї йтиметься у другому розділі дисертації).

Проте місце експериментальних задач у навчанні фізики не обмежується уроками різних типів. Неабияку роль вони відіграють також на факультативних заняттях з фізики та у позаурочній роботі учнів (фізичні та фізико-технічні гуртки, олімпіади, конкурси, домашній експеримент тощо).

Виключне значення мають експериментальні задачі для *винахідницької діяльності* учнів (яка спрямована на розв’язування певних фізико-технічних проблем). Це пов’язано з тим, що її необхідним (та дуже важливим) компонентом є проведення *експериментального дослідження*, яке за структурою можна представити у вигляді низки *експериментальних задач*. У зв’язку з цим успішність всієї винахідницької діяльності залежить від рівня розвитку в учнів уміння формулювати і розв’язувати експериментальні задачі.

Деякі питання, що стосуються проблеми організації та підвищення успішності самої винахідницької діяльності у процесі навчання фізики, вже розглядалися у науково-методичній літературі (у першу чергу це [39; 65; 152]). Підкреслює значущість даної проблеми також запровадження Міністерством освіти і науки України широкого спектра заходів позаурочної роботи, які сприяють винахідницькій діяльності учнів.

Так, фізичні олімпіади різних етапів мають експериментальні тури. У них учням пропонується розв'язати одну або декілька експериментальних задач, в яких зазвичай присутній винахідницький аспект (наприклад, необхідно запропонувати спосіб або пристрій для вимірювання деякої фізичної величини). При цьому складність задач обласного та загальнодержавного етапів олімпіад (не говорячи вже про міжнародні олімпіади) вимагає від учасників олімпіад досить високого рівня підготовленості до їх розв'язування. Зрозуміло, що без спеціальної цілеспрямованої підготовки можна навіть не сподіватися на успішне їх розв'язання.

Сприяють залученню учнівської молоді до винахідницької діяльності також всеукраїнські творчі конкурси та турніри фізико-технічної спрямованості. Так, у Всеукраїнському конкурсі-захисті науково-дослідницьких робіт учнів – членів Малої академії наук (МАН), зокрема на її науково-технічному та фізико-математичному відділеннях, значна частина робіт має винахідницький характер (про деякі з них йтиметься у третьому розділі дисертації).

Винахідницькі задачі (під якими А.А. Давиденко розглядає такі, в результаті технічного розв'язання яких одержується новий *продукт* або *спосіб* досягнення корисного ефекту [65, с. 106]) широко представлені на Всеукраїнських турнірах юних винахідників і раціоналізаторів та на турнірах юних фізиків.

Суттєво сприяють розвиткові творчої активності старшокласників щорічні конкурси: Всеукраїнський тиждень юних раціоналізаторів та винахідників “Природа – людина – виробництво – екологія” та Всеукраїнський тиждень науки, техніки, винахідництва та раціоналізаторства. У них беруть участь учні та студенти, які мають власні наукові розробки або технічні рішення, робота над якими, як правило, передбачає розв'язування конкретних експериментальних задач.

Слід також згадати про міжнародні конкурси, у яких наша країна почала брати активну участь відносно недавно. Для прикладу вкажемо на:

- Міжнародний конкурс науково-технічної творчості школярів *Intel ISEF (International Science and Engineering Fair)*;
- Міжнародний конкурс молодіжних проектів з енергозбереження “*Енергія і середовище*”;
- Міжнародний конкурс “*Стокгольмський юнацький водний приз*” (*Stockholm Junior Water Prize*).

Звернемо увагу на те, що назви зазначених конкурсів самі підказують *актуальні напрямки* винахідницької діяльності старшокласників. Передусім, це *проблеми екології та енергозбереження*. Про актуальність екологічного напрямку свідчать, наприклад, матеріали [73] та [112]. Проблемі енергозбереження присвячено [75].

Елементи винахідницької діяльності доцільно використовувати не тільки у позаурочній роботі, а і безпосередньо під час фронтальних лабораторних робіт та робіт фізичного практикуму (про це окремо йтиметься у третьому розділі).

Зважаючи на вищезазначене, можна зробити висновок про те, що у сучасній середній школі експериментальні задачі можуть відігравати неабияку навчальну роль. І це ми пов’язуємо не тільки з їхніми можливостями щодо формування і розвитку в учнів експериментальних умінь та дослідницьких навичок і їхнім значенням для підготовки до олімпіад, конкурсів та турнірів з фізики. Дослідження психологів та дидактів, зокрема дослідження І.І. Нурмінського та Н.К. Гладишевої [127], показали, що одні й ті ж самі цілі навчання можуть бути досягнуті різним сполученням методів навчання завдяки їхнім *компенсаторним* можливостям. Більш того, можлива заміна однієї системи методів навчання іншою [127, с. 10, 14]. Ними ж виявлена різниця в ефективності використання одного і того ж методу навчання у процесі досягнення різних дидактичних цілей.

Отже, розв’язування експериментальних задач, яке поряд із лабораторними роботами, фізичним практикумом, позакласними дослідженнями та спостереженнями, є одним з *практичних* методів навчання, виступає надійною основою практичної та творчої складових навчальної діяльності учнів з фізики.

Перехід загальноосвітньої школи на *профільне навчання*, а також запровадження Міністерством освіти і науки України численних *творчих конкурсів і турнірів* фізико-технічної спрямованості, що сприяють залученню старшокласників до винахідницької діяльності, дозволяють розширити *спектр використання* експериментальних задач на галузь винахідницької діяльності, яка мотивує учнів до розвитку вмінь, пов'язаних з формулюванням і розв'язуванням експериментальних задач.

Проте процес навчання учнів формулювання і розв'язування експериментальних задач для підвищення успішності їх винахідницької діяльності потребує розробки відповідного методологічного апарату.

1.2. Психолого-педагогічні основи формування вмінь та навичок, необхідних для формулювання і розв'язування експериментальних задач

Навчання учнів розв'язування експериментальних задач передбачає засвоєння ними певної системи знань, умінь та навичок. Зазначимо, що у психологічній літературі під засвоєнням розуміють не спонтанний процес оволодіння знаннями, уміннями та навичками, а цілеспрямоване їх формування у процесі спеціально організованої пізнавальної діяльності учнів. Як вказує І.С. Якиманська, керувати цим процесом означає вміло впливати на психологічні особливості учнів. На її думку, ніякий зміст знань, як би однозначно вони не задавалися і якими б ретельно та послідовно розробленими методами не викладалися, не може ефективно засвоюватися до тих пір, поки не виявлені внутрішні умови засвоєння, тобто та реальна навчальна діяльність, яка забезпечує засвоєння [199, с. 12].

Дійсно, для того, щоб навчити учня, наприклад, розв'язувати експериментальні задачі, буде замало вказати йому перелік необхідних для цього знань, умінь та навичок. Не будуть ефективними також і загальні рекомендації щодо розв'язування такого типу: на підставі аналізу змісту задачі

знайти раціональні розв'язки; вірно скласти дослідну установку; врахувати умови проведення експерименту; проаналізувати знайдені результати; розглянути окремі випадки, що впливають із загального розв'язку задачі тощо. Безперечно, наведені рекомендації містять дуже важливі дії, володіння якими забезпечить розв'язання задачі, але для учня залишається незрозумілим, як реально вони повинні виконуватися. Адже йому не достатньо сказати “врахуй всі умови проведення експерименту” або “проаналізуй знайдені результати”, його треба попередньо навчити, познайомити з тим, як це робиться на практиці. На це також звертає увагу І.С. Якиманська. Зокрема, вона пише, що сказати: “розв'яжіть приклад”, “розгляньте малюнок” тощо – ще не означає організувати розумову діяльність. Тобто, якщо учень добре знає, *що* він повинен зробити, але не знає, *як* це зробити, тобто якими прийомами скористатися, то навряд чи можна розраховувати на продуктивне виконання ним навчального завдання [199, с. 64].

Отже, перед тим, як безпосередньо розробляти методичні засади розвитку у старшокласників уміння формулювати і розв'язувати експериментальні задачі, необхідно розглянути психологічні особливості формування цього складного уміння.

В основу пропонованої методики підготовки учнів до розв'язування експериментальних задач нами покладені основні положення теорії про єдність знань та діяльності (діяльнісна теорія), яка розроблялася такими відомими психологами, як Л.С. Виготський [45; 46], О.М. Леонтьєв [106], С.Л. Рубінштейн [158], а також теорія поетапного формування розумових дій, зокрема вчення про типи орієнтування під час формування навчальних дій, що розроблена П.Я. Гальперінім [49] та Н.Ф. Талізінною [181].

Дослідження психологів показали, що вміння формуються у процесі діяльності людини. Під *діяльністю* С.Л. Рубінштейн, зокрема, розуміє активність суб'єкта, спрямовану на зміну світу, на виробництво або породження певного об'єктивного продукту матеріальної чи духовної культури. За характером продукту, який створюється в результаті діяльності та є її метою,

виділяють практичну (спеціально трудову) та теоретичну (спеціально пізнавальну) діяльності. Обидва види утворюють єдину діяльність людини [158, с. 34]. Отже, успішне управління формуванням вміння розв'язувати експериментальні задачі передбачає знання структури навчальної діяльності.

Слідом за І.С. Якиманською, під *навчальною* діяльністю ми будемо розуміти систему дій (розумових та практичних), здійснення яких забезпечує засвоєння знань, оволодіння уміннями та навичками, а також їх застосування під час розв'язування різних задач [199, с. 19]. Вона також зазначає, що навчальна діяльність є однією з головних форм діяльності, яка забезпечує формування і розвиток особистості учня у процесі засвоєння знань [199, с. 45]. При певній організації навчання ця діяльність може відбуватися як дослідницька (пошукова). Різниця, за її словами, є лише у тому, що наукова діяльність призводить, як правило, до відкриття *об'єктивно нового* знання (явища, закону, правила, способу дій тощо). Під час навчальної ж діяльності учень відкриває *для себе* те, що раніше йому було невідомим, але це невідоме для нього не є секретом для сучасної науки [199, с. 20].

Діяльність суб'єкта, за Н.Ф. Тализіною, завжди відповідає якійсь його потребі [181, с. 46]. Проте спонукає до спрямованої діяльності потреба не сама по собі, а *предмет*, який адекватний цій потребі. Цей предмет (матеріальний або ідеальний) і є мотивом діяльності, виступає спонукаючою силою, тобто тим, задля чого вона здійснюється.

Як зазначає Н.Ф. Тализіна, навчання є власне діяльністю тільки тоді, коли вона задовольняє пізнавальну потребу. Знання, на оволодіння якими спрямоване навчання, у цьому випадку виступають як мотив, у якому знайшла своє предметне втілення пізнавальна потреба учня, та одночасно виступають як ціль навчальної діяльності [181, с. 46]. Наприклад, предметами навчальної діяльності під час розв'язування експериментальних задач можуть бути як реальні об'єкти вивчення зі своїми властивостями (резистор зі своїм опором; матеріал, що характеризується показником заломлення світла; пружина з певною жорсткістю тощо), так і функціональні залежності між величинами

(залежність спаду напруги на резисторі від сили струму у ньому, залежність сили пружності від видовження пружини тощо).

Мотиви навчальної діяльності мають динамічний характер, змінюючись у процесі навчання учня. За І.С. Якиманською, вони спочатку формуються під впливом *зовнішніх* по відношенню до змісту навчальної діяльності факторів. Як правило, такі мотиви соціальні за своїм змістом. Наприклад, учні вчаться для майбутнього оволодіння цікавою для них професією. Однак потім ці зовнішні щодо змісту навчальної діяльності мотиви замінюються *внутрішніми*, специфічно навчальними – пізнавальними мотивами, які визначають інтерес до самого процесу засвоєння – до змісту знань, способу їх набуття (терміни “зовнішні” та “внутрішні” мотиви ми використовуємо слідом за [77, с. 98] та [199, с. 44]).

Навчальна діяльність складається з *навчальних дій*, які залежно від їхньої функції у засвоєнні знань поділяються (за Н.Ф. Гализіною) на специфічні та загальні [181, с. 56].

Специфічні навчальні дії забезпечують засвоєння знань відповідно до їх конкретного змісту, тобто їх складу, послідовність виконання визначається змістом і логікою конкретної задачі. Наприклад, у процесі розв’язування експериментальної задачі на знаходження опору резистора учень, складаючи електричне коло, діє у певній послідовності. Необхідні для цього дії, порядок їх здійснення визначаються умовою задачі. Зміна змісту задачі призводить до зміни складу необхідних дій.

Загальні види пізнавальної діяльності (загальні прийоми) використовуються у різних областях, під час роботи з різними знаннями. До їх числа відносяться, наприклад, уміння планувати свою діяльність, уміння контролювати виконання будь-якої діяльності тощо. До загальних видів пізнавальної діяльності відносяться також всі прийоми *логічного мислення*: вони незалежні від конкретного матеріалу, хоча завжди виконуються під час використання певних предметних (специфічних) знань. До логічних прийомів

відносяться: порівняння, підведення під поняття, виведення наслідків, прийоми доказу, класифікації тощо [181, с. 56].

Загальні навчальні дії націлені на формування загального підходу до аналізу навчального матеріалу. Їх можна використовувати під час розв'язування будь-якої задачі.

Досягнення результату, який є метою конкретної дії, може потребувати цілої низки актів, пов'язаних між собою відповідним чином. Ці акти, на які розпадається складна дія, є частинними діями. У психологічній літературі вони називаються *операціями*. Оскільки їхній результат не усвідомлюється як ціль, то, як зазначає С.Л. Рубінштейн, вони є не самостійними діями, а їхніми складовими частинами [158, с. 443].

Спочатку будь-яка операція формується як дія, що має певну мету. Але потім вона може входити до складу іншої, більш складної дії, перестаючи здійснюватися як цілеспрямований процес і стаючи одним із способів його виконання, тобто операцією. А.В. Усова та А.О. Бобров зазначають, що між розвитком операцій та розвитком дій існує певний зв'язок: за умови досягнення високого рівня розвитку операцій стає можливим перехід до здійснення більш складних дій, а вони, у свою чергу, можуть дати початок новим операціям, які роблять можливими нові дії [186, с. 14].

Так, засвоєння учнем операції підключення вольтметра до електричного кола дозволяє йому у подальшому оволодіти дією щодо вимірювання напруги на різних ділянках електричного кола, що, у свою чергу, надасть можливість, наприклад, зробити висновки про розподіл напруг при паралельному та послідовному з'єднаннях провідників. Такі автоматизовані операції називаються *навичками*. З урахуванням неабиякої важливості навичок для розв'язування експериментальних задач (вони є необхідною складовою цього процесу), розглянемо детальніше психологічні аспекти їх формування та функціонування. За С.Л. Рубінштейном, навички – це автоматизовані компоненти свідомої дії людини, які формуються в процесі її виконання

[158, с. 455]. Вони характеризують здатність виконувати ту чи іншу дію без особливого контролю з боку свідомості.

Під час періоду засвоєння навички є свідомими діями, спрямованими саме на засвоєння даного способу дії. Після його засвоєння відповідна операція входить до свідомої діяльності людини як підпорядкований компонент і починає виконуватися у ній автоматично як навичка. Як підкреслює С.Л. Рубінштейн, тільки завдяки тому, що деякі дії закріплюються у вигляді навичок та стають автоматизованими актами, свідомою діяльністю людини розвантажується від регулювання відносно елементарних актів і може бути спрямована на розв'язування більш складних задач [158, с. 455]. Так, доведена до рівня навички операція з користування амперметром (або будь-яким іншим вимірювальним приладом) дозволяє проводити необхідні вимірювання під час розв'язування експериментальних задач, не роблячи їх виконання своєю свідомою ціллю (з проходженням всіх етапів, починаючи з правил підключення амперметра до електричного кола, визначення його ціни поділки, показів тощо), а виконуючи це автоматично.

Навички формуються шляхом спеціально організованого навчання (за допомогою вправ), спрямованого не тільки на повторення та закріплення, але й на удосконалення даної операції. Ефективність вправ на відпрацювання навичок залежить від ряду емпірично встановлених умов, серед яких С.Л. Рубінштейн, зокрема, виділяє правильне співвідношення цілісного виконання дії та виділення – задля особливого закріплення – окремих частинних дій, що входять до складної дії.

Іншими словами, важливим є питання, чи потрібно під час навчання добиватися формування навичок як автоматизованих складових частин деякої свідомої дії попутно, під час виконання дії, до складу якої вони входять, чи краще під час навчання виокремити ці складові частини – операції для того, щоб під час навчання перетворити їх спочатку у цілі особливої діяльності. На думку С.Л. Рубінштейна, вирішення цього питання потрібно варіювати залежно від конкретних умов (зокрема від складності задачі), сполучаючи деякою мірою

обидва варіанти. Проте насамкінець треба забезпечити головну роль за виконанням усвідомлених дій, зберігаючи за компонентами, що автоматизуються, підпорядковане положення способів виконання дії [158, с. 461].

Ще однією передумовою, яку необхідно враховувати під час формування навичок, є вимога щодо забезпечення їх переносу на нові ситуації. Зрозуміло, що для цього є необхідною спільність не тільки компонентів, моментів, сторін, навичок, але й прийомів, способів дії, організації роботи, установки, контролю її тощо. Більш того, необхідно, щоб ця спільність усвідомлювалася суб'єктом, щоб він знаходив, за словами С.Л. Рубінштейна, точки прикладення для переносу [158, с. 463].

Психологи виділяють орієнтувальну, виконавчу, контрольну та коректуючу частини дії. При цьому орієнтувальна частина, як показано у дослідженнях П.Я. Гальперіна та Н.Ф. Тализіної, має вирішальну роль у формуванні дії. Вона визначає швидкість формування та якість дії. Орієнтувальна частина дії спрямована на:

- раціональну побудову виконавчої частини;
- вибір одного з можливих виконань [181, с. 128].

Виконуючи орієнтувальну частину дії, людина спирається на систему умов, які утворюють *орієнтувальну основу дії*. Розглянемо її детальніше.

Як зазначає Н.Ф. Тализіна, ефективність орієнтувальної основи суттєво залежить від ступеня узагальненості знань (орієнтирів), які до неї входять, та від повноти відображення в них умов, що об'єктивно визначають успішність дії. Ефективність дії залежить також від способу отримання учнем орієнтувальної основи.

З точки зору повноти (достатності) орієнтувальна основа дії може бути повною, неповною, надлишковою.

За узагальненістю вона може бути представлена як у частинному вигляді (при цьому вона придатна для одиничного, конкретного випадку), так і у

загальному вигляді, відображаючи сутність цілого класу частинних випадків і тому є придатною для орієнтування у кожному з них.

За способом отримання орієнтувальна основа може даватися учню у готовому вигляді або складатися ним самостійно [181, с. 129].

У роботах П.Я. Гальперіна [50] та Н.Ф. Тализіної [181] були вивчені можливості управління процесом формування в учнів розумових дій. Зокрема, ними були виділені три типи орієнтувальної основи дії та відповідні їм три типи орієнтування у завданні. Кожен з них визначає результат та хід дії.

З урахуванням узагальненості повноти та способу отримання орієнтувальної основи дії Н.Ф. Тализіна розрізняє основні *три* її типи. Для першого типу характерним є неповний склад орієнтувальної основи, орієнтири представлені у частинному вигляді та виділяються учнем самостійно.

Так, за *першим типом* орієнтування учні отримують лише приклад виконання конкретного навчального завдання, без указівок на те, як треба його виконувати, тобто які розумові та практичні дії необхідно здійснити для успішного його виконання. Зрозуміло, що за таких умов учні, пристосовуючись до прикладу, на основі методу “спроб та помилок” поступово навчаються його виконувати, але склад навчальних дій, за допомогою яких це відбувається, вони не в змозі проаналізувати. За цих умов вони орієнтуються, як правило, на результат виконання завдання, а саме на його відповідність поданому прикладу. Тому набуті під час такої діяльності уміння є нестійкими відносно зміни умов, бо вони не переносяться на нові завдання.

Другий тип орієнтувальної основи передбачає не тільки демонстрацію учням прикладу, але й конкретні вказівки на ті прийоми, за допомогою яких завдання можна виконати. Однак ці прийоми носять частинний характер, бо можуть бути застосовані лише до конкретного завдання. Крім того виділення прийомів не супроводжується спеціальною роботою щодо їх засвоєння. У ході такої діяльності учні набувають певних умінь аналізувати матеріал з точки зору наступної дії. Це виявляє помітну стійкість до зміни умов, і тому дія переноситься на нові завдання. Проте це перенесення обмежується наявністю у

складі нових завдань тих елементів, які ідентичні елементам уже засвоєних завдань. У цьому випадку кожне нове завдання має супроводжуватися поясненням незнайомих елементів у способах його виконання.

Орієнтувальна основа *третього типу* має повний склад. Вона базується на виділенні таких прийомів, які є загальними орієнтирами до виконання цілої системи навчальних завдань. Відповідно до цього проводиться цілеспрямоване навчання аналізу нових завдань, який би давав змогу виділити опорні точки та умови правильного виконання завдань. Це сприяє формуванню в учнів узагальнених умінь. Засвоївши їх, учні можуть самостійно їх використовувати, переносити на нові ситуації (завдання), знаходити нові прийоми, аналізувати шляхи досягнення отриманих ними результатів. Під час навчання за третім типом можливі також випадки, коли учню вдається не тільки самостійно виділяти систему орієнтирів у кожному конкретному випадку, користуючись наданим йому методом, але й самостійно знаходити сам метод. За словами Н.Ф. Тализіної, це і є справжньою творчістю [181, с. 130].

Розглядаючи теоретичні основи формування в учнів узагальнених умінь, А.В. Усова та А.О. Бобров зокрема зазначають, що для навчання за третім типом орієнтування вчитель повинен створити такі умови, які б спонукали учнів самостійно складати *орієнтувальну основу дії* і потім діяти за нею. Для цього необхідно навчити учнів виділенню у запропонованому матеріалі (у нашому випадку – в експериментальних задачах) таких суттєвих властивостей та відношень, які могли б бути *орієнтирами*, опорними точками для виконання будь-якого частинного завдання даної області [186, с. 15]. Вони також вказують на те, що навчання за третім типом управління дещо складніше порівняно з першими двома типами і спочатку може потребувати навіть більше часу. Але потім темп навчання значно зростає [186, с. 15].

Як зазначає І.С. Якиманська, навчання за третім типом орієнтування не тільки створює широкі можливості для засвоєння знань, але й забезпечує розвиток в учнів самостійності, ініціативи у пошуках нових, більш досконалих способів роботи [199, с. 52].

Ефективність навчання за третім типом орієнтування П.Я. Гальперін та Н.Ф. Тализіна показали на прикладі формування граматичних понять, а також геометрії та трудового навчання. Наші дослідження мають з'ясувати ефективність використання описаних типів управління навчальною діяльністю також під час формування в учнів складного вміння розв'язувати експериментальні задачі. На нашу думку, управління навчальною діяльністю щодо підготовки учнів до розв'язування експериментальних задач повинна відбуватися саме за третім типом, для якого суттєвим є зміщення орієнтації (цілепокладання) під час навчання з *результату* виконання завдання на *процес* його виконання (це зокрема обумовлене тим, що, як правило, експериментальні задачі не мають готового алгоритму свого розв'язування). Проте наведене твердження не є самоочевидним, а тому потребує перевірки у ході педагогічного експерименту.

Розглянемо далі психологічні умови успішного формування в учнів умінь, необхідних для розв'язування експериментальних задач. Як зазначає Н.Ф. Тализіна, перед тим, як розпочинати навчання нової дії, варто перевірити, чи володіють учні вміннями, достатніми для її засвоєння. Адже, за її словами, для успішного протікання процесу засвоєння учень повинен мати відповідний вихідний рівень своєї пізнавальної діяльності. І цей рівень повинен перевірятися як з боку наявності дій, на які спирається нова дія, так і з боку вміння навчатися, тобто наявності дій, які необхідні для розуміння нового, для того, щоб перейти від зовнішньої, матеріальної форми її виконання до виконання у внутрішній, розумовій формі [181, с. 92]. Передусім для цього треба провести аналіз структури даної дії з метою виявлення окремих операцій, з яких вона складається (наприклад, з'ясувати, з яких операцій складаються дії з прямих вимірювань величин, постановки дослідів тощо). Після виділення окремих елементів (операцій) у структурі дії необхідно скласти найбільш доцільну послідовність їх виконання. Разом з тим треба створити систему підготовчих завдань (вправ) для відпрацювання учнями простих дій (операцій). Після досягнення учнями певного автоматизму у їх виконанні можна

формувати в них уміння виконувати більш складні дії, знову ж таки для цього потрібні спеціально розроблені завдання. Лише після такої *попередньої підготовки* можна інтегрувати набуті вміння до складного вміння – вміння розв'язувати експериментальні задачі.

Формування певного вміння за третім типом орієнтувальної основи дії складається з мотиваційної, орієнтувальної, виконавчої та контрольної основи дії. Зокрема, А.В. Усова та А.О. Бобров виділяють у процесі формування узагальнених умінь такі етапи:

- усвідомлення учнями значення оволодіння умінням виконувати певну дію (мотиваційна основа дії);
- визначення мети дії;
- з'ясування наукових основ дії;
- визначення основних структурних компонентів дії, загальних для широкого кола задач та незалежних від умов, у яких виконується дія (такі структурні компоненти виконують роль опорних пунктів дії);
- визначення найбільш раціональної послідовності виконання операцій, з яких складається дія, тобто побудова моделі дії;
- організація невеликої кількості вправ, під час виконання яких дія контролюється вчителем;
- навчання учнів методів самоконтролю;
- організація вправ, що вимагають від учнів уміння самостійно виконувати дану дію, якщо умови змінюються;
- використання певного вміння під час виконання дії для оволодіння новими, більш складними вміннями, у більш складних видах діяльності.

Вказані етапи охоплюють не тільки виділені психологічні компоненти цілеспрямованої дії, але й додаткові, які забезпечують розвиток в учнів більш високого рівня самостійності та творчого підходу до виконання навчальних завдань [186, с. 17].

Окремо слід звернути увагу на дослідження П.Я. Гальперіна та Н.Ф. Талізінної щодо закономірностей *поетапного формування розумових дій*.

Згідно з цими дослідженнями, головна закономірність процесу засвоєння полягає у тому, що пізнавальна діяльність та пов'язані з нею знання набувають розумової форми, стають узагальненими не відразу, а по черзі проходячи низку етапів. На етапі виконання дії у *матеріалізованій (матеріальній) формі* вона виконується у повному складі операцій, тобто є повністю розгорнутою. Виконувані операції повинні проговорюватися, що забезпечить їх надійніше усвідомлення. Як правило, на цьому етапі учні потребують допомоги з боку вчителя [181, с. 125].

Отже, будь-яка нова розумова дія повинна формуватися спочатку не як розумова, а як зовнішня – матеріальна або матеріалізована дія. Як наголошує П.Я. Гальперін, тільки матеріальна (або матеріалізована) форма дії може бути джерелом повноцінної розумової дії. Тому, за його словами, перше завдання навчання будь-якої нової дії полягає у пошуку вихідної матеріальної або матеріалізованої форми дії, а також встановленні її дійсного змісту. А для цього дію необхідно, по-перше, розгорнути, а по-друге, узагальнити, тобто виділити з різних властивостей її об'єкту тільки ті, які саме і потрібні для виконання цієї дії [49, с. 275]. Проте, як наголошує Н.Ф. Талізїна, не слід досить довго затримувати учнів на етапі, про який йдеться. Як тільки вони навчилися правильно виконувати зовнішні практичні дії, треба переводити дії у теоретичну форму: навчати учнів оперувати ознаками поняття та логічним правилом без опори на зовнішні предмети і без практичного виконання операцій руками [181, с. 126].

На етапі *зовнішньомовних дій*, виконуючи певне завдання, учні отримують не предмети та моделі, а їхні описи [181, с. 126]. На початку даного етапу дія має бути повністю розгорнута, адже учень повинен навчитися виконувати всі операції у новій для нього формі – мовній. У кінці цього етапу можливе згортання дії [181, с. 127].

На етапі *зовнішньої мови про себе* учень проговорює весь процес розв'язування певної задачі *про себе*, без зовнішнього прояву, беззвучно. Цей етап є перехідним до останнього етапу – *етапу розумових дій*.

За словами Н.Ф. Тализіної, специфіка цього етапу полягає у тому, що процес розв'язування задачі відбувається у формі внутрішньої мови як індивідуальний процес, що не потребує вже співробітництва з іншими людьми. На цьому етапі дія проходить подальше узагальнення, скорочується, автоматизується [181, с. 127]. Там же наголошується на тому, що без розв'язування проблем, без виконання певних завдань повноцінного засвоєння ані знань, ані вмінь відбуватися не може. Тому перед учителем постає завдання щодо правильного (вдалого) підбору задач, розробки різних проблем.

Отже, розробка методики навчання учнів формулювання і розв'язування експериментальних задач для підвищення успішності їх винахідницької діяльності передбачає, передусім, проведення дидактичного аналізу діяльності учнів, пов'язаної з формулюванням і розв'язуванням експериментальних задач, який дозволить виявити структурні елементи цього процесу (із відповідними елементарними вміннями та навичками). Саме цьому присвячений наступний підрозділ дисертації.

1.3. Дидактичний аналіз окремих умінь і навичок щодо формулювання і розв'язування експериментальних задач

Як уже зазначалося, процес формулювання і розв'язування експериментальних задач можна розглядати як складну діяльність, що складається з окремих дій. Зрозуміло, що *необхідною*, хоча і *недостатньою* умовою успішного виконання будь-якої складної діяльності є сформованість умінь та навичок виконувати окремі елементи цієї діяльності. Так, під час формулювання і розв'язування експериментальних задач учні повинні послідовно виконувати окремі етапи, кожен з яких вимагає від них певних знань, умінь та навичок. Отже, для успішного керування процесом навчання учнів розв'язувати експериментальні задачі необхідно розглянути окремі етапи цієї діяльності, а також перелік необхідних для кожного з них знань, умінь та

навичок. Але для того, щоб досягти певної ґрунтовності та послідовності викладу, з'ясуємо спочатку зміст поняття “уміння”.

Під поняттям “уміння” А.В. Усова та А.О. Бобров розуміють готовність особи до певних дій чи операцій відповідно до поставленої мети на основі наявних знань та навичок, які вона має [186, с. 4]. Виходячи з такого визначення, процес навчання учнів формулювання і розв'язування експериментальних задач можна розглядати як формування в них відповідного складного вміння – *уміння формулювати і розв'язувати експериментальні задачі* (раніше ми вже використовували таке поняття). Уміння, які формуються у процесі вивчення основ наук та необхідні для успішного їх вивчення, отримали назву *навчальних* умінь [186, с. 6]. Далі ми будемо мати на увазі саме такі вміння, тому часто слово “навчальні” не вказуватимемо.

За структурою розрізняють *прості* та *складні* вміння. Під *складними* розуміють такі, що охоплюють декілька вмінь. Наприклад, уміння розв'язувати експериментальні задачі є складним, бо воно базується на системі вмінь, серед яких, зокрема, вміння планувати експеримент, вміння користуватися вимірювальними приладами, вміння обробляти експериментальні дані тощо. Зрозуміло, що кожне з цих перерахованих вмінь складається, у свою чергу, з низки інших умінь. Уміння, що потребують відносно малої кількості розумових та практичних дій, називають *простими* (наприклад, уміння визначати ціну поділки приладу, знімати покази тощо).

За областю використання розрізняють також *спеціальні* та *узагальнені* вміння. До *спеціальних (часткових)* відносять уміння, що є актуальними для конкретних предметів (наприклад, проводити вимірювання опору резистора, визначати прискорення вільного падіння тощо – вміння, що формуються у курсі фізики).

Серед множини умінь є й такі, що не впливають з конкретної задачі або предмета, а сприяють організації навчальної діяльності у цілому. У психолого-педагогічній літературі такі вміння називають *узагальненими*. Поняття “узагальнене вміння” введене А.В. Усовою [186, с. 5]. Під узагальненими вона

розуміє категорію вмінь, гнучких за своїми властивостями, які легко переносяться у нові обставини та націлені на розвиток інтелектуальних здібностей учнів. До таких умінь вона відносить, зокрема, вміння самостійно працювати з літературою, вміння спостерігати та ставити досліди. І.С. Якиманська, розглядаючи формування прийомів навчальної діяльності, звертає також увагу на важливість таких узагальнених прийомів (умінь) розумової діяльності як прийоми: запам'ятовування, спостереження та створення образу [199, с. 71].

За словами А.В. Усової, узагальнені вміння характеризуються свідомістю, інтелектуальністю, цілеспрямованістю, довільністю, плановістю, прогресивністю, практичною дієвістю, злиттям розумових та практичних дій, а також варіативністю способів досягнення цілі [186, с. 5]. Зрозуміло, що ці вміння є загальними для всіх дисциплін або для їхніх певних циклів.

Залежно від виду навчальної діяльності А.В. Усова та А.О. Бобров виділяють такі вміння: пізнавальні, практичні, організаційні, самоконтролю та оцінні.

До *пізнавальних* умінь, тобто до умінь самостійно набувати знання, вони відносить такі:

- робота з підручником та науково-популярною літературою і на цій основі формування вміння самостійно набувати та поглиблювати знання;
- проведення спостережень, моделювання, висування гіпотез, формулювання висновків;
- вміння самостійно ставити експеримент та за його допомогою отримувати нові знання; пояснювати явища та факти, що спостерігаються на основі наявних теоретичних знань, передбачати наслідки із теорій.

Практичні вміння дають можливість виконувати наступні дії:

- вимірювати (користуватися вимірювальними приладами: масштабною лінійкою, вимірювальною стрічкою, мензуркою, терезами, динамометром, термометром, барометром, манометром, амперметром, вольтметром тощо);

- обчислювати (проводити математичну обробку результатів експерименту);
- будувати та аналізувати графіки, що розкривають особливості функціональних залежностей між фізичними величинами;
- користуватися різними лабораторними приладами (хімічним посудом, штативами тощо) та джерелами енергії (спиртівками, електроплитками, акумуляторами тощо), а також приладами та приладдям, які зустрічаються у техніці та побуті (важелями, блоками, вимикачами електричного струму, резисторами, реостатами, випрямлячами, електродвигунами, компасом, постійними магнітами та електромагнітами, оптичними лінзами, дзеркалами тощо);
- збирати прості електричні кола та читати їхні схеми;
- застосовувати під час розв'язування задач електронно-обчислювальну техніку тощо.

До *організаційних* відносяться уміння, пов'язані з плануванням своєї діяльності та раціональною організацією робочого місця під час теоретичних занять та експериментальних робіт.

Уміння проводити контроль за своєю поведінкою, виконанням дій та операцій під час вимірювань, обчислень, розв'язування задач, виконання домашніх завдань відносяться авторами [186] до вміння *самоконтролю*.

Група *оцінювальних* вмінь охоплює уміння робити соціально-економічну та екологічну оцінки значень величин, отриманих у результаті розв'язання обчислювальних або експериментальних задач, а також оцінювати вірогідність отриманих результатів шляхом урахування та оцінки відповідних похибок, що мають місце під час проведення експериментальної роботи [186, с. 8].

Проте, зрозуміло, що наведене групування вмінь є умовним, оскільки окремі вміння взаємопов'язані. Так, оцінка похибок отриманих результатів, що відноситься до групи оцінювальних вмінь, пов'язана з уміннями користуватися вимірювальними приладами та проводити математичну обробку результатів експерименту (практичні вміння). Крім того, деякі з наведених вмінь суттєво

відрізняються за складністю своєї структури. Наприклад, у переліку практичних умінь поряд з уміннями користуватися лабораторним приладдям та збирати прості електричні кола знаходимо складне за структурою вміння розв'язувати розрахункові, графічні, логічні та експериментальні задачі.

У подальшому нас цікавитимуть *експериментальні вміння*, під якими розуміють систему розумових та практичних дій, потрібних для дослідження фізичного об'єкта (фізичної системи, її стану та процесів, що в ній відбуваються) [47, с. 6]. Під поняттям “узагальнені експериментальні вміння” автори [47] розуміють такі експериментальні вміння, які є необхідними для проведення будь-якої експериментальної роботи.

З урахуванням того, що всі наведені А.В. Усовою та А.О. Бобровим основні види навчальних умінь у певній мірі є необхідними для розв'язування експериментальних задач, їх можна розглядати також як *складові* системи узагальнених експериментальних умінь. Складовими не в плані більш вузького значення, ніж узагальнені експериментальні вміння, а в плані потрібних для процесу розв'язування експериментальних задач розумових та практичних дій, але, зрозуміло, що область їх застосування цим не обмежується. Так, деякі з них, зокрема вміння працювати з книгою, є загальними для всіх навчальних дисциплін, а вимірювальні, обчислювальні, графічні (практичні вміння) є загальними вміннями для природничо-наукових та математичних дисциплін. Крім того майже всі вони будуть потрібні у подальшому навчанні (зокрема, у ВНЗ), особливо це стосується тих учнів, хто обере природничо-науковий або технічний напрямки своєї освіти. Тому не дивно, що необхідність оволодіння деякими з наведених умінь відображена у державних вимогах до рівня загальноосвітньої підготовки учнів. Так, у Державному стандарті базової і повної середньої освіти, зокрема у розділі “Характеристика освітніх галузей”, серед інших вимог знаходимо й такі:

- уявлення про етапи пізнавальної діяльності у природничо-наукових дослідженнях, елементи метрології;
- знання алгоритмів спостереження, проведення досліду, вимірювання;

- уміння планувати дослід, складати дослідні установки, вимірювати фізичні величини – довжину, масу, об'єм тіл, густину речовини, температуру тіл, час, період, силу, тиск, силу струму, напругу, електричний опір провідника, оптичну силу лінзи, радіоактивний фон, користуватися вимірювальними приладами, будувати таблиці і графіки, аналізувати та оформляти результати дослідження, розв'язувати фізичні задачі різними методами;
- уміння застосовувати набуті знання для пояснення практичного використання законів фізики у технічних пристроях, на виробництві, у різних сферах життєдіяльності людини [71].

Розглянуті нами вміння, що становлять структуру складного вміння розв'язувати експериментальні задачі, відповідають окремим етапам цього процесу. Зокрема, автори [80] умовно поділяють увесь процес розв'язування експериментальних задач на підготовчий, дослідний, реалізуючий (вимірювальний) та підсумковий етапи. Кожному з цих етапів відповідає певний психічний стан учня, який може бути створений вчителем за допомогою різних дидактичних матеріалів [80, с. 9]. Розглянемо вказані етапи докладніше.

На *підготовчому* етапі учні ознайомлюються з умовою задачі та переліком приладів і матеріалів (якщо вони зазначені в умові задачі), які потрібні для виконання експерименту. Потім пригадують означення шуканих фізичних величин; з'ясовують, які властивості тіл чи які явища вони характеризують; визначають їхній зв'язок з іншими фізичними величинами або висувують гіпотези про існування цих зв'язків.

На важливості формування в учнів умінь, потрібних для підготовчого етапу, слід наголосити окремо. Досвід показує, що досить часто учні, отримавши умову експериментальної задачі, не знають “з чого почати” через те, що, за їх словами, у таких задачах “нічого не дано”. Чималі труднощі пов'язані також з формуванням в учнів умінь правильно формулювати цілі дослідження, висувати та обґрунтовувати відповідні гіпотези. На особливе значення відпрацювання цих умінь також звертають увагу А.В. Усова і А.О. Бобров. Зокрема, вони зазначають, що у традиційній методиці формування

експериментальних умінь взагалі не передбачене. Проте, за їхніми словами, без засвоєння цього важливого структурного елементу неможливо повністю розкрити методи наукового пізнання [186, с. 63]. Крім того, з урахуванням логічної залежності та взаємообумовленості структурних елементів процесу розв'язування експериментальних задач, від вміння формулювати та обґрунтовувати гіпотезу залежатимуть, наприклад, такі структурні елементи: визначення умов проведення досліду, його планування, аналіз результатів досліду, формулювання висновків тощо.

На наступному, *дослідному* етапі учні розробляють теоретичний шлях розв'язання задачі (у вигляді логіко-математичного обґрунтування способу дослідження фізичного об'єкту) та складають план виконання необхідних дослідів. На цьому етапі є дуже доцільним формування в учнів уміння попередньо проводити необхідні досліди подумки, з метою отримання чіткого уявлення про хід експерименту та його можливі результати. Успішність виконання планування експерименту, за А.В. Усовою та А.О. Бобровим, залежить від того, наскільки глибоко учні усвідомлюють його мету, гіпотезу та умови його протікання. Під час планування вони мають визначити таке: які спостереження необхідно провести під час досліду; які величини треба вимірювати; яке обладнання та матеріали потрібні для складання установки і проведення відповідних вимірювань; яка послідовність виконання експерименту; яка найбільш раціональна форма запису інформації, отриманої у процесі виконання експерименту, тощо.

Після цього проводиться підготовка відповідної експериментальної установки (у тому числі, визначення ціни поділок та меж вимірювання приладів, вибір способів вимірювань тощо) та перевірка її роботи з визначенням найефективніших умов для дослідження.

Виконання досліду – наступний, *реалізуючий (вимірювальний)* етап. На цьому етапі учні проводять дослідження за планом, тобто, забезпечуючи необхідні для даного досліду умови, здійснюють у певній послідовності операції з відповідними пристроями: засобами вимірювання (зокрема,

виконуючи при необхідності зміну у досліджуваному об'єкті, знімають покази та роблять необхідні записи). Зрозуміло, що однією з передумов успішного проведення досліду є володіння узагальненим *умінням спостерігати*, адже спостереження є невід'ємною частиною процесу розв'язання експериментальних задач (спостереження за умовами проведення досліду, за фізичними явищами, за показами вимірювальних приладів, за роботою апаратури та пристроїв, що використовуються у досліді, тощо).

Після отримання з експерименту необхідних для розв'язання задачі даних учні проводять їх математичну або логічну обробку (зокрема, обчислення при посередніх вимірюваннях та оцінку похибок результатів, побудову графіків шуканих залежностей між величинами тощо).

На останньому, *підсумковому* етапі учні повинні проаналізувати отримані результати з перевіркою їх вірогідності та відповідності фізичним законам і теоріям. Після цього вони мають зробити необхідні висновки.

Зрозуміло, що залежно від конкретної експериментальної задачі (зокрема, від ролі експерименту для її розв'язання), складові розглянутих етапів її розв'язування, а також порядок їх виконання у певній мірі можуть варіюватися. Як зазначає О.І. Бугайов, якщо експеримент служить для отримання даних, то на перший план виступають його постановка та відповідні вимірювання; отримавши необхідні дані, далі розв'язують задачу як розрахункову. Подібним чином, але у зворотному напрямку, діють, якщо експеримент використовується для перевірки результатів обчислень [31, с. 218].

Майже кожне з розглянутих нами вмій може бути умовно розділене на більш елементарні уміння. Так, уміння користуватися динамометром передбачає такі елементи, як знання призначення приладу, вміння визначити ціну поділки та межу вимірювання шкали приладу, вміння правильно розташувати динамометр під час вимірювань, уміння враховувати покази приладу та визначити похибки вимірювання тощо.

Таке розділення загального за характером та складного за структурою вміння формулювати і розв'язувати експериментальні задачі на частинні, а

останніх – на елементарні, дозволить проводити цілеспрямоване відпрацювання кожної з операцій на початковому етапі навчання учнів формулювання і розв’язування експериментальних задач. Завдяки цьому окремі операції, які спочатку засвоюють як зовнішні, розгорнуті практичні дії, учні зможуть виконувати у “згорнутому” вигляді, доводячи їх до рівня відповідних навичок.

Окрім навчальної сторони, виділення елементів складних умінь дозволяє вимірювати рівень їх засвоєння. Такий підхід вже використовувався у дослідженнях І.І. Нурмінського та Н.К. Гладишевої [127] для вимірювання факторів навчального процесу та його результатів, зокрема для вимірювання рівня сформованості в учнів експериментальних умінь (докладніше про це йтиметься у пункті 2.3.2).

Отже, виокремлення базових *складових умінь* дозволяє проводити їх цілеспрямоване *формування* та здійснювати *контроль* за цим процесом.

1.4. Напрямки активізації навчання учнів формулювання і розв’язування експериментальних задач для підвищення успішності винахідницької діяльності

Перед тим, як пропонувати шляхи активізації навчальної діяльності щодо формулювання і розв’язування експериментальних задач, розглянемо у цілому стан експериментальної діяльності учнів (яка, серед іншого, передбачає розв’язування експериментальних задач) у сучасній загальноосвітній школі з виділенням конкретних проблем, які потребують розв’язання.

Шкільний фізичний експеримент (у тому числі розв’язування експериментальних задач) весь час знаходиться у полі зору як учених-методистів, так й учителів-практиків. І увага до цієї галузі дидактики не послаблюється, про що можна судити за кількістю відповідних публікацій у методичних виданнях. Якщо проаналізувати ці публікації, то можна виділити кілька основних напрямків досліджень, загальною метою яких є вдосконалення експериментальної підготовки учнів.

Значна частина публікацій присвячена питанням формування експериментальних умінь і навичок, а також дослідженню творчих здібностей учнів та студентів. Наприклад, у статті І.С. Войтовича та Ю.М. Галатюка [43] пропонується впроваджувати у навчальний процес експериментальні задачі творчого характеру, під якими розуміється різновид фізичного експерименту, що виконується у шкільній лабораторії і вимагає від учня самостійного проходження всіх або окремих етапів творчого процесу пізнання (наприклад, спланувати експеримент, скласти схему або зібрати установку для проведення досліду, виконати вимірювання або спостереження, обробити експериментальні дані, проаналізувати отримані результати та зробити висновки). Там же відзначається, що для врахування, використання і розвитку здібностей учнів доцільно здійснювати диференційований підхід під час виконання експериментальних завдань творчого характеру.

А.А. Давиденко, досліджуючи можливості виявлення на уроках фізики творчих задатків учнів, пропонує використовувати для цього, окрім звичайних розрахункових, також і експериментальні задачі, дослідницькі та конструкторські завдання тощо [63; 64]. У статті М.В. Головка [53] пропонується, наприклад, посилити вагу завдань експериментального та творчого характеру у процесі тематичного контролю і оцінювання.

Чимало робіт присвячено домашньому фізичному експерименту. Дослідження спрямовані не тільки на розробку окремих робіт та вказівок до їх виконання, але і на створення системи домашніх лабораторних робіт (це розглянуто, наприклад, у [60; 159; 160]).

Значна увага приділяється також розробці та перевірці педагогічної ефективності нових лабораторних робіт та робіт фізичного практикуму (наприклад, [32; 135; 136; 177; 179; 180]), створенню обладнання (вимірювальних приладів, демонстраційних пристроїв) ([69; 90; 191; 194; 195] та інші). Вивчаються також можливості використання комп'ютера у фізичному експерименті (для прикладу вкажемо на [76; 175; 183]).

Проте у багатьох публікаціях зазначається (для прикладу вкажемо на [108; 109; 110]), що експериментальна діяльність учнів поки що знаходиться на низькому рівні, не виконуючи своєї навчальної функції. Не поодинокі випадки, коли абітурієнти, які щойно закінчили навчання у школі, не володіють прийомами експериментальної роботи і стикаються з труднощами під час виконання лабораторних робіт у ВНЗ. На це звертав увагу П.О. Знаменський у [78, с. 9]. За його словами, учні часто “бояться” вимірювальних приладів, не знають як “підійти” до них, як зібрати нескладну експериментальну установку і покладаються на допомогу вчителя чи товаришів.

Серед причин низького рівня учнівської творчої експериментальної діяльності Б.О. Грудинін у [61] зокрема наводить слабку матеріально-технічну базу фізичних лабораторій, репродуктивний характер більшості експериментальних робіт, а також те, що учні не мають найпростіших умінь та навичок експериментальної роботи. Про досить низький рівень сформованості в учнів узагальнених експериментальних умінь йдеться також у дисертаційному дослідженні Г.О. Котельнікова [100]. Він також відмічає, що часто лабораторні роботи з фізики виконуються “за командою”, “за відомим алгоритмом дії”, при цьому учні не мають змогу втілити свої раціоналізаторські пропозиції щодо виконання роботи.

У зв’язку з цим, як зазначає Є.В. Коршак у [93], дослідницький характер навчального експерименту відійшов на задній план, віддаючи своє місце експерименту ілюстративному, репродуктивному за характером.

Негативно впливає на пізнавальне значення експериментальних робіт і на розвиток творчих здібностей учнів виконання лабораторних робіт за докладними інструкціями, оскільки у багатьох випадках вони зводять навчальний експеримент до суто репродуктивної діяльності. На це вказується у публікаціях [124] та [161].

Звернемо увагу на те, що деякі етапи розв’язування експериментальних задач, наприклад, планування, обробка експериментальних даних, не потребують безпосереднього контакту учнів з експериментальною установкою

чи вимірювальними приладами. Так, під час експериментального туру олімпіади з фізики учні не допускаються до лабораторії, доки вони не покажуть члену журі докладний план виконання експерименту. Отже, частина вмінь, необхідних для успішної експериментальної діяльності, може і повинна бути сформована незалежно від матеріально-технічної бази школи.

Математика як важливий інструмент розв’язування експериментальних задач. Окремо слід сказати про відповідну математичну підготовку, без якої процес розв’язування експериментальних задач не може бути успішним (проблема математичної підтримки поглибленого вивчення фізики нами розглядалася у [118]). “Математичний метод у поєднанні з дослідом є перевіреною зброєю фізичного дослідження”, – писав видатний фізик А.Ф. Йоффе [85, с. 350].

Важко переоцінити значення математичного апарату для сучасної фізики. Математика вже давно стала для неї мовою спілкування. Саме вона підняла фізику з емпіричного на теоретичний рівень.

Відомий український фізик К.Д. Синельников говорив, що математика у сучасній фізиці не є просто знаряддям для розрахунків; без математики неможливе достатньо повне розуміння властивостей мікросвіту. А видатний американський фізик Вігнер у захваті від неабияких можливостей математики для вивчення явищ природи писав: “...неймовірна ефективність математики у природничих науках є чимось, що граничить з містикією...” [52, с. 6].

На сучасному етапі математика дозволила залучити нові можливості пізнання, зокрема математичне моделювання різноманітних процесів з наступним отриманням логічних наслідків за допомогою потужних методів інформаційних технологій.

Цікаво зазначити, що відомий радянський математик А.М. Колмогоров вважав дуже важливим привести загальні логічні основи сучасної математики у такий стан, щоб була можливість викладати їх у школі підліткам віком 14 – 15 років, а також знищити розходження між “строгими” методами “чистих”

математиків і “нестрогими” прийомами математичних міркувань, що використовуються прикладними математиками, фізиками і техніками [113, с. 9].

Зазначимо, що у науково-методичній літературі з навчання як фізики, так і математики вже давно йдеться про важливість налагодження зв'язків між цими предметами. Основною проблемою, з якою зустрічаються вчителі, працюючи над забезпеченням цих зв'язків, є неузгодженість навчальних програм з указаних предметів. Порівняльний аналіз цих програм, наведений В.О. Швецом і Л.М. Бойко у [196] дозволяє побачити обсяг таких розбіжностей. Автори зазначають, що значна частина існуючих зв'язків шкільних курсів фізики і математики втрачається, адже низка тем у курсі математики вивчається після того, як виникає потреба їх використання у курсі фізики. Про це також йдеться, наприклад, у [42]. При поглибленому ж вивченні фізики вимоги до математичної підготовки ще більш зростають.

Припустимо, що колись ці програми все ж таки будуть узгоджені, і необхідні для розуміння фізики математичні поняття та операції учні вивчатимуть вчасно. Чи означатиме це, що всі “математичні” проблеми, які виникають в учнів під час вивчення фізики, автоматично зникнуть? Чи можна стверджувати, що учні, які міцно засвоїли певні математичні поняття та операції, зможуть успішно використовувати їх для розв'язування завдань, пов'язаних з фізикою?

Цілком зрозуміло, що формальне знання теорії ще не передбачає вміння застосовувати її на практиці. Не поодинокі випадки, коли учень добре знає теорію курсу математики, але не вміє застосувати ці знання під час розв'язування фізичних задач, проведення експериментальної роботи тощо. Цей факт може бути наслідком того, що шкільні підручники з математики майже не містять задач з фізичним змістом, а якщо вони все ж присутні – їх розв'язуванню приділяється досить мало уваги. В результаті математичні поняття здаються школярам вельми далекими від реальності. На це звертав увагу відомий математик і педагог Л.Д. Кудрявцев. Він зазначав, що дуже часто, пояснюючи математичні поняття, які використовуються у фізиці (або у

будь-якій іншій галузі знань), не перекидають містка, який пов'язує ці знання з їхніми традиційними застосуваннями, а це необхідно робити [101, с. 106]. У новітньому підручнику з методики навчання математики З.І. Слєпкань однією з цілей навчання математики вважає “формування навичок математизації під час досліджень явищ природи” [173, с. 9].

Проте, як показують наші дослідження, проведені разом із О.А. Марченко [19], щодо застосування студентами математичних знань під час виконання завдань з фізики успіхи студентів під час виконання одних і тих самих за змістом дій (побудова графіків, розв'язування рівнянь та систем рівнянь) на математичному і фізичному матеріалі можуть *істотно відрізнятися*.

Ідея цього дослідження полягала у наступному. Було створено спеціальні завдання у “математичній” та “фізичній” формах. “Фізична” форма запису завдань відрізнялася від “математичної” тільки тим, що перші відповідали певним фізичним ситуаціям і були записані з використанням фізичних позначень (завдання, про які йдеться, опубліковано у [19]).

Так, в одному із завдань потрібно було *знайти похідні від функцій за вказаною змінною*. Наприклад, “фізичній” формі запису функції

$$x(t) = x_0 e^{-\frac{\lambda}{T}t} \cos(\omega t + \varphi),$$

що описує координату тіла, яке здійснює згасаючі коливання, від часу, відповідає “математична” – $y(x) = 2e^{-3x} \cos(4x + 5)$.

Інше завдання було присвячене системам алгебричних рівнянь, що зустрічаються при розв'язуванні фізичних задач. Потрібно було *розв'язати системи, виразивши задану величину через ті, що були вказані*. Наприклад, систему

$$\left. \begin{array}{l} (m + M)g - T = (M + m)a \\ -Mg + T = Ma \\ mg - f = ma \end{array} \right\} \Rightarrow a, T, f(m, M, g) - ?$$

можна отримати під час розв'язування такої задачі: “*Два однакових тіла масою M зв'язані між собою невагомою ниткою, що перекинута через нерухомий невагомий блок. На одне з цих тіл кладуть ще одне тіло масою m . Знайти*

прискорення тіл, натяг нитки та силу реакції тіла масою M , викликану дією на нього тіла масою m ". Відповідна система, що записана у математичній формі, має вигляд:

$$\left. \begin{array}{l} 3 - y = 3x \\ 1 - z = x \\ y - 2 = 2x \end{array} \right\} \Rightarrow x, y, z - ?$$

Якщо б результати виконання різних за формою запису завдань суттєво не відрізнялися, то це мало б означати, що ніяких проблем з перенесенням учнями власних математичних знань на інші галузі не існує, й основну увагу потрібно приділити узгодженню програм з фізики і математики. У протилежному випадку (якщо успішність виконання таких завдань буде помітно відрізнятися) висновок, який ми зробили, спираючись на досвід, буде мати експериментальне підтвердження.

У цьому експерименті взяли участь випускники, які успішно склали вступні іспити з фізики і були на момент проведення експерименту студентами першого курсу фізичного факультету Запорізького національного університету. Зрозуміло, що навряд чи випускники середніх шкіл, які і не готувалися продовжувати свою фізичну освіту, будуть успішніше застосовувати набуті ними математичні знання при виконанні завдань з фізичним змістом.

Виконання роботи кожним студентом оцінювалося кількістю правильних відповідей, максимально можлива кількість балів дорівнювала дев'ятнадцяти. Зазначимо, що спочатку вони розв'язували завдання, записані у "математичній", а потім – у "фізичній" формах.

Результати дослідження подані на рис. 1.1 та рис. 1.2 (розглянуті нами приклади завдань мають на рис. 1.2 порядкові номери 2б та 3в відповідно). Різниця між результатами виконання студентами "фізичних" і "математичних" завдань є досить помітною.

Обробка результатів з використанням непараметричного критерію Вілкоксона [58] дозволила зробити висновок, що дійсно існує *невідповідність у рівнях використання* випускниками шкіл математичних знань при розв'язуванні

прикладів з математики і задач з фізики. Таким чином, наше дослідження показало, що вміння застосовувати знання з математики у фізиці не формується в учнів саме по собі.

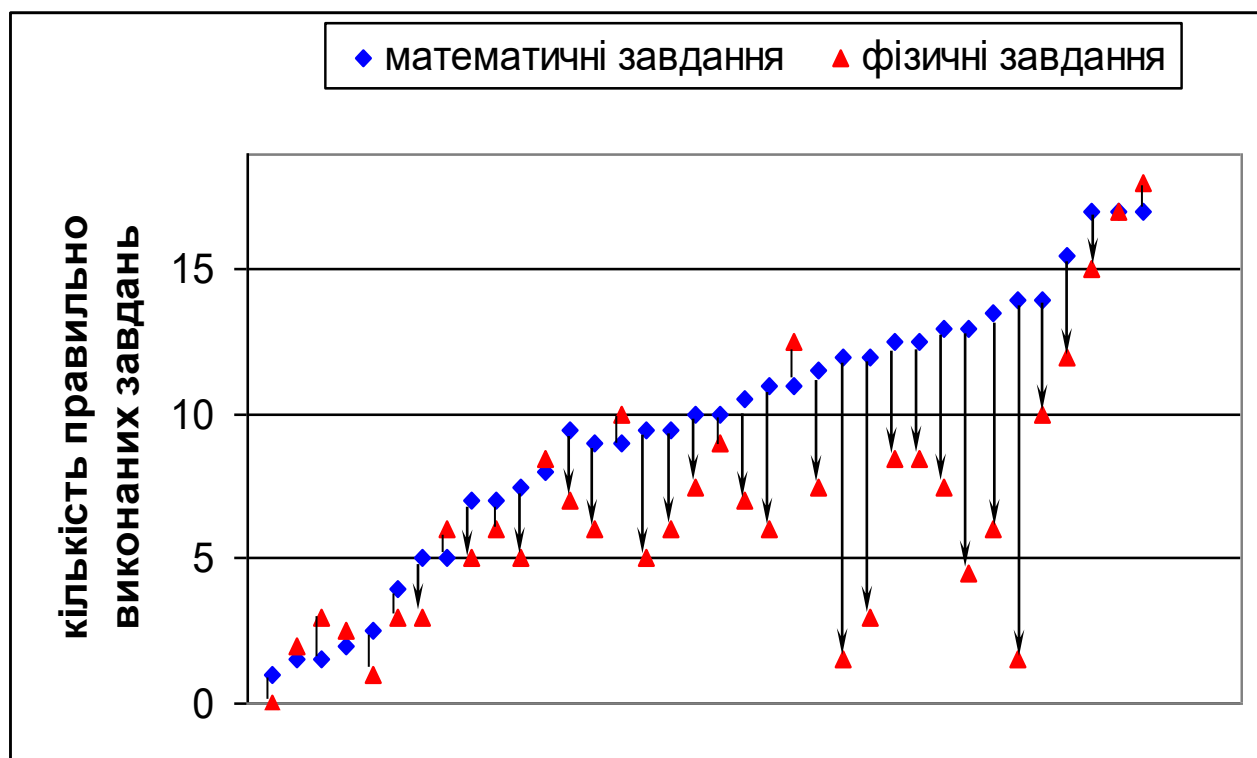


Рис. 1.1. Результати виконання студентами завдань у "фізичній" та "математичній" формі запису

Забігаючи наперед, зазначимо, що автором дисертації також додатково проведено констатуючий експеримент, метою якого було дослідження рівня відповідності у використанні математичних знань під час розв'язування суто математичних і відповідних їм фізичних завдань з *експериментальним* змістом (останні були пов'язані з обробкою результатів вимірювань). На відміну від дослідження, про яке докладно йшлося вище, в останньому участь брали саме учні. Детальніше про постановку та результати цього експерименту йтиметься у пункті 2.2.3 дисертації, тут зазначимо лише, що різниця між результатами виконання учнями "математичних" і "фізичних" завдань була і в цьому разі досить помітною – з останніми майже кожен учень впорався гірше, ніж з першими.

Отже, серед напрямків активізації навчальної діяльності щодо

розв'язування експериментальних задач є необхідною спеціальна *теоретична* підготовка учнів до проведення експерименту. Зрозуміло, що ця підготовка може проводитися незалежно від рівня матеріально-технічної бази конкретного навчального закладу. Вона повинна передбачати, крім іншого, навчання методів математичної обробки результатів фізичного експерименту (зокрема, методів наближених обчислень; побудови графіків залежностей між досліджуваними величинами, а також використання графічного способу знаходження шуканих величин; оцінки похибок результатів експериментальних задач; висування і перевірки гіпотез тощо).

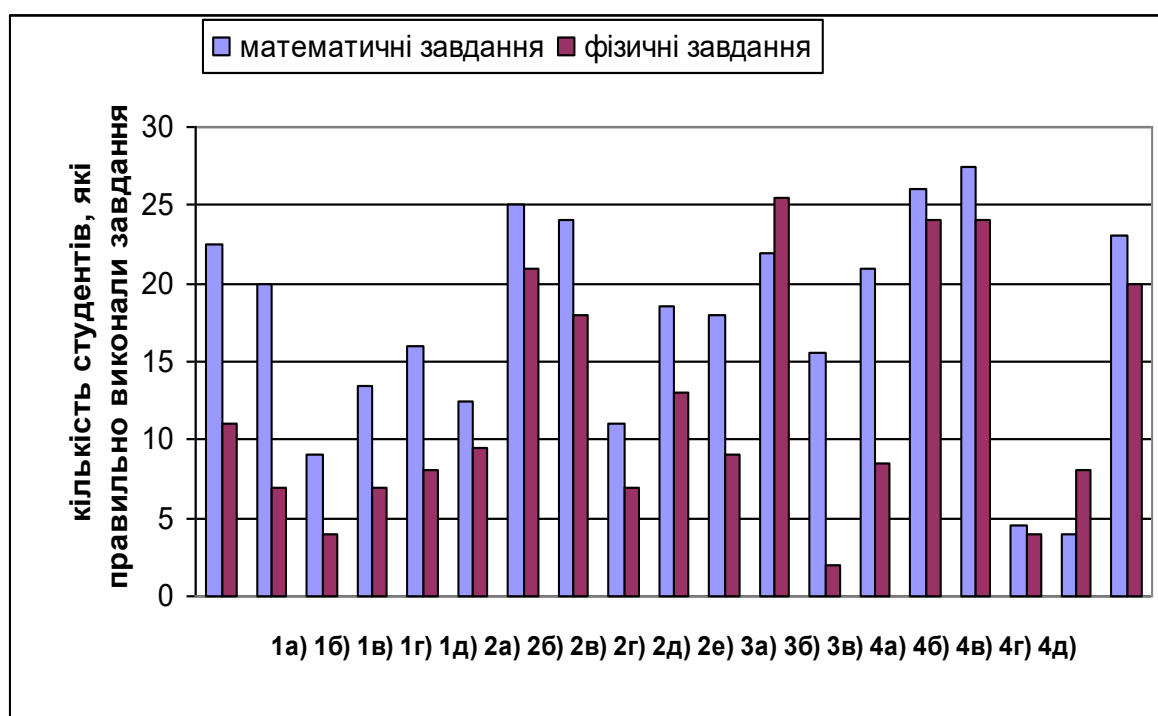


Рис. 1.2. Результати виконання студентами фізичного факультету окремих завдань контрольної роботи

Зазначимо, що успішне розв'язування експериментальних задач передбачає, крім оволодіння потрібним для цього математичним апаратом, ще й засвоєння інших знань, умінь та навичок, пов'язаних, наприклад, з плануванням експерименту, складанням дослідної установки, проведенням вимірювань тощо.

Здавалося б, виконання учнями фронтальних лабораторних робіт та робіт фізичного практикуму повинне забезпечити оволодіння ними необхідними

експериментальними вміннями та навичками, адже саме це і є метою таких робіт. Проте досвід показує, що при традиційному підході до їх виконання вони не завжди виконують свою навчальну функцію. Про це йдеться також у статті Т.О. Данилової та Ю.П. Мінаєва “Нетрадиційний підхід до формування в учнів середньої школи вмінь, необхідних для виконання експериментальних робіт з фізики” [68]. Автори статті, зокрема, вказують на те, що при *традиційному* проведенні лабораторних робіт порушується один із загально визнаних дидактичних принципів – принцип *свідомості й активності*. Суть цього принципу полягає у необхідності забезпечення оптимально сприйнятливою співвідношення педагогічного керування та усвідомленої творчої праці учня під час навчання [31, с. 103].

Серед негативних проявів традиційного підходу автори [68] вказують також на використання зошитів для лабораторних робіт на друкованій основі. Автори цих посібників (наприклад, [79]) “допомогли” у цих зошитах учням у проведенні лабораторних робіт, залишивши їм місця для вписування чисел та декількох фраз, тим самим перетворивши, за словами авторів [68], експериментальну діяльність на певний ритуал для отримання гарної оцінки. Ще однією вадою традиційного підходу є установка на повне, починаючи з формулювання мети і закінчуючи висновками, виконання роботи в межах одного, інколи двох уроків.

Розглянемо далі суть запропонованого Т.О. Даниловою та Ю.П. Мінаєвим підходу до формування експериментальних умінь. Вона полягає у поділі всієї системи лабораторних робіт на дві частини, які відрізняються за структурою і направленістю робіт.

Перша, *методична* частина містить роботи, спрямовані на формування окремих умінь, що входять до складного вміння експериментувати. Це, фактично, підготовчі вправи, які розбиті на окремі модулі (планування експерименту; підготовка обладнання для проведення дослідів; спостереження фізичних явищ і проведення вимірювань; обробка й оформлення результатів дослідів). Говорячи про необхідність набуття учнями окремих умінь, слід

указати також на дослідження І.П. Кеневої та Ю.П. Мінаєва [88], у якому за допомогою математичної моделі складної діяльності було показано, що результати такої діяльності суттєво обмежуються успішністю виконання елементарних операцій, які її складають.

Друга, *навчально-дослідна* частина системи лабораторних робіт містить роботи, зорієнтовані, у першу чергу, на експериментальне дослідження фізичного явища або посереднє вимірювання фізичної величини. Під час проведення робіт другої частини окремі вміння, відпрацьовані під час виконання робіт методичної частини, інтегруються у загальне складне вміння експериментувати. Автори [68] також зазначають, що деякі роботи цієї частини повинні бути довгостроковими, з розвитком змісту.

На необхідності відпрацювання окремих операцій для якісного освоєння складних умінь наголошується також А.В. Усовою. За її словами, виявлення операцій, що складають дію, для виконання якої повинне бути засвоєне вміння, є необхідною умовою вибору раціональної методики. Виділивши перелік операцій, учитель визначає найбільш раціональну послідовність відпрацювання вміння виконувати кожен з них і лише після цього вже здійснює формування вміння виконувати дію у цілому. Усвідомлюючи наукові основи виконання окремих операцій та дій у цілому, учні швидше засвоюють уміння даного виду [186, с. 17].

Зазначимо, що деякі завдання для відпрацювання окремих операцій експериментальних умінь вже з'являються у науково-методичній літературі. Так, приклади завдань, пов'язаних із умінням користуватися вимірювальними приладами можна знайти у статтях [40; 81; 104; 125; 128; 171] та у матеріалах посібників [33; 34; 91; 96]. Завдання, які стосуються використання математичного апарату при розв'язуванні експериментальних задач (обробка експериментальних даних, побудова графічних залежностей та їх використання для знаходження шуканих величин тощо) є у посібниках [70; 117; 157; 172; 187].

Отже, успішність формулювання і розв'язування експериментальних задач як складної *багатокомпонентної* діяльності суттєво залежить від рівня сформованості складових (елементарних) умінь, потрібних на різних її етапах (*необхідна* умова успішності). При цьому слід також враховувати *творчий* аспект процесу формулювання і розв'язування експериментальних задач, для якого характерним є створення чогось нового, оригінального (новизна може бути і суб'єктивною, тобто мати місце лише для учня).

1.5. Винахідницька діяльність як навчальне середовище для розвитку вміння формулювати і розв'язувати експериментальні задачі

Чи не призводить творчий аспект формулювання і розв'язування експериментальних задач до того, що розвинути у себе відповідне вміння здатні лише окремі учні (“здібні до творчості”)? Відповідь на це запитання дамо словами Л.С. Виготського: “Якщо розуміти творчість у її істинному психологічному смислі як створення нового, легко дійти висновку, що творчість властива всім у більшій чи меншій мірі, вона також є нормальним та постійним супутником дитячого розвитку” [45, с. 31].

У науковій літературі проблемі творчості взагалі та різним її аспектам (зокрема процесу творчості, творчій особистості, творчим здібностям, творчому клімату тощо) приділена досить значна увага як вітчизняними, так і зарубіжними вченими. Не маючи на меті докладно зупинятися тут на результатах цих досліджень, обмежимося лише розглядом тих питань, які будуть потрібні для викладу основ запропонованої нами методики (мається на увазі методика розвитку вміння формулювати і розв'язувати експериментальні задачі у процесі винахідницької діяльності старшокласників).

Слідом за А.А. Давиденком [65, с. 21] під *здібністю* будемо розуміти психічну властивість особистості, яка на основі задатків (які є тим первісним даром, що отримує дитина від природи) може сформуватися не сама по собі, а

внаслідок відповідної діяльності людини. При наявності творчих здібностей людина здатна до створення оригінального продукту. Творчі здібності людини можуть розвиватися лише у її *творчій діяльності*.

Обговорюючи питання про творчу діяльність, О.Н. Лук у [107] наводить перелік здібностей, які є важливими для цієї діяльності. Безперечно, однією з необхідних (хоча вона і не є достатньою) передумов успішності формулювання і розв'язування учнями експериментальних задач є наявність відповідного рівня сформованості в них творчих здібностей. Отже, розглянемо коротко, про які саме здібності йде мова:

➤ *Зіркість у пошуках проблем.* Для неї є характерним спроможність побачити щось нове у раніше засвоєному. Як правило, цьому заважають звичні установки, оцінки, почуття, а також прихильність до загальноприйнятих поглядів та думок.

➤ *Здібність до згортання мисленнєвих операцій.* Як вже зазначалося, процес розв'язування експериментальних задач є складним (тобто таким, що складається з багатьох етапів), тому бажано, щоб учні могли охопити уявним поглядом (у думці) весь ланцюг міркувань від першого до останнього кроку. Разом з тим, процес згортання мисленнєвих операцій пов'язаний також з використанням ємних у інформаційному плані символів (зокрема з символічним позначенням понять та відношень між ними). Особливо це стосується дослідного етапу розв'язування експериментальних задач (про збільшені етапи процесу розв'язування експериментальних задач йшлося у підрозділі 1.3), на якому, наприклад, доводиться виводити робочу формулу, яка пов'язує шукану фізичну величину з тими, що можна знайти експериментально.

➤ *Здібність до переносу досвіду* полягає у використанні вмінь та навичок, які набуті під час розв'язування даної експериментальної задачі, для розв'язування інших задач, тобто вміння відділити специфічну (таку, що має відношення лише до конкретної задачі) сторону розв'язування від неспецифічної – тієї, що може бути перенесена на інші задачі. Зрозуміло, що ця здібність сприяє виробленню в учнів узагальнених умінь. Слід звернути увагу

на те, що одним з головних прийомів, що сприяють розвитку здібності до переносу досвіду, є *аналогія*, яка саме і є необхідною умовою переносу вмінь та навичок. За словами М.І. Меєровича та Л.І. Шрагіної, мета аналогій – відійти від звичного уявлення про добре відомі речі, поглянути по-новому на “спадщину із заморожених слів” та способів розуміння [114, с. 40].

Існує кілька видів аналогій. Наприклад, *пряма аналогія* потребує розгляду методів, які використовуються в інших галузях науки і техніки для розв’язування подібних задач; *особиста аналогія* (емпатія) пропонує “вжитися” в образ об’єкта, що розглядається, відчувати його стан та на основі цього запропонувати найбільш оптимальний варіант розв’язування певної проблеми. Детальніше про використання аналогії під час розв’язування експериментальних задач йтиметься у пункті 2.2.2.

➤ *Цілісність сприйняття*. У процесі творчого мислення вкрай потрібна здібність відірватися від логічного розгляду фактів для з’єднання елементів думок у нові системи образів. Це зокрема дозволяє побачити нове у тому, до чого давно звикли (наприклад, використати елементи розв’язків вже відомих експериментальних задач для розв’язування нової задачі).

➤ *Зближення понять*. Для цієї здібності характерними є легкість асоціювання та віддаленість понять, що асоціюються, “змістова відстань” між ними. Важливість цієї здібності серед іншого пов’язана з цінністю асоціативних зв’язків, які є основою для упорядкованого зберігання інформації у мозку, адже вони забезпечують швидкий пошук потрібних знань та довільне повернення до потрібного матеріалу.

➤ *Готовність пам’яті*. За словами О.Н. Лука, перевага під час розв’язування задачі буде на боці не того, хто має більшу ерудицію, а того, хто швидше дістане з пам’яті необхідну інформацію у потрібну хвилину [107, с. 26]. Зрозуміло, що швидкий доступ до потрібної інформації забезпечується серед іншого великим числом асоціативних зв’язків.

➤ *Гнучкість мислення* – здібність швидко та легко переходити від одного класу явищ до іншого, далекого за змістом. Так, під час розв’язування

експериментальних задач учням доводиться знаходити способи вимірювання певних фізичних величин, використовуючи для цього надане обладнання. При цьому досить часто такі вимірювання передбачають нестандартне (не за прямим призначенням) використання обладнання. Особливо це стосується експериментальних задач, що пропонуються на експериментальних турах олімпіад з фізики різних етапів. Однією з причин труднощів, які виникають при цьому, є наявність в учнів *психологічного бар'єру* (психологічної інерції мислення), у здібності до подолання якого і полягає один з проявів гнучкості мислення (про подолання психологічного бар'єру йтиметься також у пункті 2.2.2).

Гнучкість мислення проявляється також у здібності вчасно відхилити висунуту гіпотезу, яка виявилася невірною (як правило, учню особливо важко відкинути гіпотезу, якщо вона висунута ним самим).

➤ *Здібність до оцінки* пов'язана з вибором однієї з багатьох альтернатив ще до її перевірки. При розв'язуванні експериментальних задач оцінки проводяться, наприклад, під час вибору найбільш адекватної гіпотези про існування зв'язків між фізичними явищами та величинами, під час вибору обладнання, на етапі проведення вимірювань тощо.

➤ *Легкість генерування ідей*. Зрозуміло, що думка (або ідея) є не простим асоціативним поєднанням двох або декількох понять. Це поєднання має бути змістовно виправданим, повинне відбивати об'єктивні відношення явищ, які стоять за цими поняттями. Ідеї оцінюються зокрема за глибиною та фундаментальністю. Глибокою вважається така ідея, яка містить відношення між об'єктами або їхніми окремими властивостями, що не “лежать на поверхні”, а потребують для свого виявлення проникливості та заглиблення до суті явищ. Для процесу розв'язування експериментальних задач здібність, про яку йдеться, є особливо важливою зокрема на етапі висунування гіпотез про існування зв'язків між фізичними явищами, величинами, а також ідей можливих способів розв'язування задачі. Про шляхи розвитку в учнів відповідних умінь йтиметься у пункті 2.2.2.

➤ *Здібність до передбачення* пов'язана з такою властивістю людського розуму як уява. Розрізняють різні види уяв. *Логічна* уява базується на логічних перетвореннях; *критична* – знаходить, *що*, наприклад, у сучасній техніці, системі освіти, суспільному житті є недосконалим і потребує змін; *творча* уява пропонує принципово нові ідеї, що не мають на цей час прообразів у світі, хоча і спираються на елементи дійсності. Сформованість в учнів цієї здібності дозволяє їм серед іншого знаходити оригінальні (об'єктивно нові) способи розв'язування певної задачі, проблеми тощо, а також створювати нові прилади або пристрої (інколи навіть на рівні відповідних винаходів). Про досвід організації та результати винахідницької діяльності старшокласників мова буде йти, головним чином, у третьому розділі дисертації.

➤ *Здібність до доробки* деталей, удосконалення первісного задуму. Так, після отримання результату розв'язування експериментальної задачі, який не задовольняє заданій точності, доводиться змінювати експериментальну установку, шукати більш досконалі способи вимірювання певної фізичної величини.

Для порівняння наведемо далі перелік творчих здібностей, які подають автори [114, с. 22], розглядаючи загальні принципи теорій розв'язування винахідницьких задач:

- здібність побачити проблему та виокремити у ній якомога більше можливих сторін та зв'язків;
- здібність зрозуміти нову точку зору (відмовитися від уже прийнятої);
- оригінальність, відхід від шаблону;
- здібність до перегрупування ідей та зв'язків;
- здібність до абстрагування та аналізу;
- здібність до конкретизації та синтезу;
- відчуття злагодженості організації ідей.

Як видно, ці здібності є аналогічними до тих, що були нами більш детально розглянуті (за класифікацією О.Н. Лука) вище.

Отже, для успішного розвитку в учнів уміння формулювати та розв'язувати експериментальні задачі необхідно підходити до самого процесу формулювання і розв'язування експериментальних задач як до творчої діяльності. Саме це і повинна передбачати розроблювана нами методика.

Проте перед тим, як обговорювати особливості вибраних нами “інструментів” та відповідної “обстановки” для розвитку в учнів уміння формулювати та розв'язувати експериментальні задачі з урахуванням творчих сторін цього процесу, розглянемо основні ідеї відомого з психолого-педагогічної літератури *евристичного підходу* до формування творчого мислення взагалі, а також ідеї однієї з конкретних методик (основу якої складає теорія розв'язування винахідницьких задач Г.С. Альтшуллера), що базується на цьому підході. Необхідність такого розгляду пов'язана з подальшим використанням певних елементів цієї методики у нашому дисертаційному дослідженні.

Евристичний підхід базується на дидактичній евристиці, яка являє собою теорію, що передбачає побудову освіти на основі творчої самореалізації учнів та педагогів у процесі створення ними освітніх продуктів у певних галузях знань та діяльності, що вивчаються. Теоретичні передумови та елементи евристичного навчання містяться, наприклад, у роботах Г.С. Альтшуллера, В.І. Андрєєва, М.І. Махмутова, А.В. Хуторського та інших. Об'єктами пізнавальної діяльності під час евристичного навчання виступають не тільки проблеми та задачі, але й самі учні, їхній особистісний потенціал, креативні, когнітивні, рефлексивні процедури та види діяльності. Евристичний підхід орієнтує вчителя і учня на досягнення невідомого їм наперед результату. Зрозуміло, що це призводить до розвитку не лише учнів, але також і вчителів, яким часто доводиться організовувати навчальний процес у ситуаціях “незнання” істини (на це також звертає увагу А.В. Хуторський у [190, с. 359]).

Евристична діяльність є більш широким поняттям, ніж творча діяльність, адже вона містить: самі творчі процеси щодо створення освітньої продукції на навчальних заняттях; пізнавальні процеси, що потрібні для творчості;

організаційні, методологічні та психологічні процеси, які забезпечують творчу діяльність.

Під час евристичного підходу до навчання по кожному важливому питанню (задачі, проблемі тощо) учні попередньо розкривають свою думку або пропозицію. Для цього їм пропонується реальний значущий об'єкт (у нашому випадку ним можуть бути, наприклад, деяке фізичне явище або ефект, спосіб вимірювання фізичної величини, деяка технічна проблема), але не готові знання про нього. Так, вивчаючи будову певного вимірювального приладу або пристрою, учні самі знаходять принцип дії та визначають призначення його деталей; розв'язуючи експериментальну задачу, вони добувають способи її розв'язування; вивчаючи фізичне явище, пропонують його пояснення тощо. Зрозуміло, що така діяльність учнів потребує психолого-педагогічного супроводження вчителя, який зокрема допомагає учням оформити та висловити свою думку, проаналізувати висловлювання та міркування їхніх товаришів.

Що ж стосується *контролю* досягнень учнів, то при евристичному підході до навчання йому підлягають не стільки рівень засвоєння готових знань, скільки, за словами А.В. Хуторського, *творчі відхилення* від них. Основним *критерієм оцінки є особистісний приріст* учня, порівняння його з самим собою за деякий період часу. При цьому оцінці (а також само- та взаємооцінці) підлягають:

- розвиток особистісних якостей учня;
- його творчі досягнення з навчального предмета;
- рівень засвоєння та випередження освітніх стандартів.

У подальшому ми будемо використовувати елементи евристичного підходу у розроблюваній нами методиці розвитку у старшокласників уміння формулювати і розв'язувати експериментальні задачі з фізики у процесі винахідницької діяльності. Говорячи про правомірність такого використання, слід зазначити, що дослідниками евристичного підходу доведено можливість розгляду будь-якого питання базової навчальної програми з будь-якого

предмета та у будь-якому віці з позиції дитячої творчості, яка організується вчителем (на цьому наголошується, наприклад, у [190, с. 363]).

Слід також взяти до уваги, що самі учні, як правило, із задоволенням сприймають можливість творчого самовираження. Більш того, цілком правомірним є припущення, що при відповідним чином організованому евристичному підході до навчання вирішуються проблеми мотивації, в учнів зростатиме зацікавленість до навчання.

Евристичний підхід до формування творчого мислення реалізований, наприклад, у практичній методології на основі теорії розв'язування винахідницьких задач (ТРВЗ), розробленої Г.С. Альтшуллером. ТРВЗ створювалася для того, щоб замінити випадкові осяяння, що приводять талановитих людей до винаходів та відкриттів, такою стратегією мислення, яка дозволяла б кожному добре підготовленому спеціалісту отримати такі ж високі результати. За образним висловлюванням самого автора ТРВЗ: “Не хочеш залежати від вітру – будуй пароплав та не вір, що окрім вітрильників нічого не може бути, хоча навколо тільки вітрильники та й сам флот ототожнюється з ними” [2, с. 4]. Методологічним підґрунтям розглядуваної методики формування творчого мислення на основі ТРВЗ є підхід до процесу мислення як до технологічного процесу щодо виконання певних психічних операцій під час розв'язування складної проблеми.

Не зупиняючись тут окремо на особливостях цієї методики (її загальні принципи досить детально викладені, наприклад, у [114; 115]), зазначимо, що окремі її положення, на наш погляд, не є достатньо обґрунтованими (водночас вони не є очевидними). Певні сумніви щодо дієздатності покладених в основу ТРВЗ законів розвитку технічних систем висловлює також А.А. Давиденко, який займається методикою розвитку творчих здібностей учнів безпосередньо у процесі навчання фізики. За його словами, помилковим є одухотворення, штучне та бездоказове надання функції саморозвитку технічним системам (неживій природі), адже технічні системи розвиваються завдяки цілеспрямованій діяльності людини. Тому, за його словами, більш правильним

було б говорити не про закони розвитку технічних систем, а про закони створення та удосконалення техніки людиною [65, с. 48].

Залишаючи відкритими спірні питання методики розвитку творчого мислення на основі ТРВЗ (їх вивчення не входить до задач нашого дисертаційного дослідження), ми будемо використовувати лише деякі її елементи.

Що дозволяє нам стверджувати, що для навчання учнів формулювання і розв'язування експериментальних задач (з метою підвищення успішності їх винахідницької діяльності) доцільно використовувати саму *винахідницьку діяльність* як додатне навчальне середовище (своєрідний “полігон”)? Серед основних передумов цього є такі [4; 11]:

- Винахідницька діяльність є творчою. Здібності, які потрібні для її здійснення, є *спільними* з тими, що впливають на успішність процесу формулювання та розв'язування експериментальних задач (про це також свідчить наведений вище аналіз творчих здібностей). Отже, спільними також можуть бути підходи до їхнього формування і розвитку. Стверджуючи це, ми спираємося на відповідні висновки дослідників творчості про те, що креативність (здібність до творчості) *має загальну основу незалежно від сфери діяльності* та будучи сформованою на одному матеріалі, може бути перенесена на інший (на це вказується, наприклад, у [114] та [2]). Так, у [2, с. 5] зазначається: “Принципи управління мисленням при розв'язуванні винахідницьких задач (саме принципи, а не конкретні формули і правила), напевно, можуть бути перенесені на організацію творчого мислення у будь-якій галузі людської діяльності”.

Про факт переносу учнями способів пізнання (яких вони набули у процесі певної творчої діяльності) на інші галузі навчальної діяльності вказує також А.В. Хуторський [190, с. 395].

- Як свідчать наші попередні дослідження [9], у процесі винахідницької діяльності (під час розв'язування конкретної проблеми фізико-технічного змісту) винахідник, як правило, зустрічається з експериментальними задачами.

Більш того, ці експериментальні задачі потрібно не тільки успішно розв'язувати, але й передусім самостійно формулювати (про можливість виокремлення експериментальних задач на різних етапах винахідницької діяльності йтиметься окремо у пункті 2.1.2). Спільним та водночас необхідним компонентом складного процесу розв'язування як винахідницьких, так і експериментальних задач виступає *моторність* (діяльність органів руху), яка супроводжує розумову діяльність учнів (про розвиток в учнів моторних умінь та навичок у процесі винахідницької діяльності йтиметься у пункті 2.2.4). Отже, процес розв'язування винахідницьких задач виявляється тісно пов'язаним з формулюванням та розв'язуванням експериментальних задач (а, отже, і з розвитком в учнів відповідних умінь).

- Методика розв'язування самих винахідницьких задач є вже достатньо розробленою. Так, характерні закономірності творчої діяльності були використані різними дослідниками для створення результативних методів пошуку розв'язків творчих завдань (зокрема винахідницьких задач). Наприклад, у монографії [133] наведено понад 40 таких методів, які поділені на чотири групи:

- методи випадкового пошуку (серед яких “мозковий штурм”, метод синектики тощо);
- методи функціонально-структурного дослідження об'єктів (наприклад, метод морфологічного аналізу, метод контрольних запитань);
- методи логічного пошуку (гідне місце у цій групі методів займає теорія розв'язування винахідницьких задач Г.С. Альтшуллера);
- проблемно-орієнтовані методи (зокрема фундаментальний метод проектування Метчетта).

Питання винахідницької діяльності учнів у процесі навчання фізики розглядалися у науково-методичній літературі (нами вже вказувалося на дисертаційні дослідження В.Г. Разумовського [152] та М.А. Віднічука [39], а також на монографію А.А. Давиденка [65]). Корисний для вчителів методичний матеріал, що стосується технічної творчості учнів при вивченні фізики,

наведено у [30]. Сприяють організації та ефективному проведенню винахідницької діяльності у школі також існуючі підручники та посібники з винахідництва для дітей (зокрема [1; 62; 72; 115; 151; 154; 182] та інші) та збірники цікавих задач і дослідів з фізики (наприклад, [102; 116; 126; 129; 155; 166; 176; 178]).

Треба зауважити, що було б помилковим вважати винахідницьку діяльність доступною лише для обраних людей, яких природа наділила відповідним даром (забігаючи наперед, зазначимо, що окремі результати нашого дослідження, які наведені у третьому розділі дисертації, також свідчать про це). Нобелівський лауреат з фізики академік В.Л. Гінзбург зазначав, що кожна здорова людина виявляє певну винахідливість, проте для того, щоб зробити винахід, відкриття, придумати щось важливе та цікаве, необхідно прагнути до цього [51, с. 326].

- Міністерством освіти і науки України передбачений у навчальному процесі з фізики широкий спектр заходів позаурочної роботи: численні конкурси та турніри фізико-технічної спрямованості, які, серед іншого, сприяють винахідницькій та експериментальній діяльності учнів. Серед цих заходів наведемо такі:

- Всеукраїнський відкритий турнір юних винахідників і раціоналізаторів;
- Всеукраїнський конкурс-захист науково-дослідницьких робіт учнів – членів МАН України;
- Всеукраїнський тиждень юних раціоналізаторів та винахідників “Природа – людина – виробництво – екологія”;
- Всеукраїнський тиждень науки, техніки, винахідництва та раціоналізаторства;
- Всеукраїнський турнір юних фізиків;
- олімпіади юних фізиків (зокрема їх експериментальні тури);
- Міжнародний конкурс науково-технічної творчості школярів *Intel ISEF (International Science and Engineering Fair)*;

- Міжнародний конкурс молодіжних проектів з енергозбереження “Енергія і середовище”;
- Міжнародний конкурс *Stockholm Junior Water Prize* (Стокгольмський юнацький водний приз).

Зрозуміло, що за відповідної організації важливу роль можуть відігравати також шкільні та міжшкільні заходи – наукові тижні, конференції, а також різні типи творчих уроків – урок винахідництва, урок технічної творчості тощо.

- Успішність будь-якого навчання значною мірою залежить від інтересу, який учні виявляють до поставлених проблем. Між тим, як зазначають автори [92], результати соціологічних опитувань свідчать про різке зниження у світі інтересу до фізики як навчального предмета. На їхню думку, однією з причин цього є *штучність* задач, що пропонуються для розв’язування на уроках, їхня відірваність від відомої учням повсякденності.

Як вихід з цього положення вони використовують у своїй роботі з учнями фізико-математичних класів задачі, які описують певну фізичну ситуацію, що супроводжується завданням дослідити. Зазначається також, що саме аналіз *реальних життєвих ситуацій* сприяє розвитку в учнів творчих, дослідницьких здібностей та успішності навчання. Зрозуміло, що детальний розгляд існуючих винаходів (особливо тих, що вважаються фундаментальними) у процесі навчання фізики, а також безпосереднє розв’язування учнями винахідницьких задач також сприятиме підвищенню зацікавлення до навчання. Крім того це сприяє формуванню в учнів уявлень про фізику як основу техніки [198].

Отже, зважаючи на вищезазначене, винахідницька діяльність, на нашу думку, може стати своєрідним *навчальним середовищем* (“полігоном”) для розвитку в учнів уміння формулювати і розв’язувати експериментальні задачі (докладніше про методику організації та результати винахідницької діяльності старшокласників йтиметься у наступних розділах дисертації).

Висновки до першого розділу

1. Виявлено можливість розширення *спектра використання* експериментальних задач у навчанні фізики на галузь винахідницької діяльності, яка мотивує учнів до розвитку вмінь, пов'язаних з формулюванням і розв'язуванням експериментальних задач. Така можливість зумовлена переходом загальноосвітньої школи на *профільне навчання*, а також запровадженням Міністерством освіти і науки України численних *творчих конкурсів і турнірів* фізико-технічної спрямованості, які сприяють залученню учнів до винахідницької діяльності.

2. Обґрунтовано використання *винахідницької діяльності* як *навчального середовища* (“*полігона*”) для розвитку у старшокласників уміння формулювати і розв'язувати експериментальні задачі з фізики. Основними передумовами цього є такі:

➤ творчий аспект процесу розв'язування експериментальних задач потребує сформованості в учнів відповідних здібностей, які, як показав аналіз психолого-педагогічної літератури, є аналогічними тим, що потрібні для розв'язування винахідницьких задач;

➤ методика розв'язування самих винахідницьких задач є вже достатньо розробленою (дослідниками цієї галузі створені результативні методи пошуку розв'язків винахідницьких задач), досліджуються також питання організації винахідницької діяльності учнів у процесі навчання фізики;

➤ Міністерством освіти і науки України передбачений у навчальному процесі з фізики широкий спектр заходів позаурочної роботи, які, окрім іншого, спрямовані на залучення учнівської молоді до винахідницької діяльності;

➤ винахідницька діяльність сприяє підвищенню зацікавлення до навчання, адже вона пов'язана з реальними життєвими ситуаціями.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ ВМІННЯ ФОРМУЛЮВАТИ І РОЗВ'ЯЗУВАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ЗАДАЧІ З ФІЗИКИ У ПРОЦЕСІ ВІНАХІДНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТАРШОКЛАСНИКІВ

2.1. Методичні особливості формулювання і розв'язування експериментальних задач у процесі винахідницької діяльності

2.1.1. Дворівневий підхід до навчання учнів формулювання і розв'язування експериментальних задач

Розглянемо далі деякі особливості організації винахідницької діяльності старшокласників, у процесі якої можна було б розвивати в них уміння формулювати та розв'язувати експериментальні задачі.

Не секрет, що ефективна винахідницька діяльність учнів передбачає створення відповідного *творчого середовища*. Таким середовищем може бути спеціально організований учнівський колектив – група учнів, очолювана вчителем (науковим керівником). Одна з переваг саме групової винахідницької діяльності полягає у її можливості об'єднати знання, вміння та здібності різних учнів. Важливість цього пов'язана з тим, що у кожного учня різні творчі здібності (які нами були розглянуті вище) проявлені нерівномірно, а спілкування у колективі сприяє взаємодоповненню та розвитку цих здібностей. Робота у групі дисциплінує, підтягує, примушує навіть незібраних учнів працювати напружено, принаймні із почуття солідарності з товаришами, щоб не підвести.

Проведене нами дослідження було пов'язане з вивченням можливості налагодження винахідницької діяльності при навчанні фізики як у позаурочний час у межах гурткових занять (перший напрямок), так і безпосередньо на

заняттях з фізичного практикуму, який у фізико-математичному класі проводиться впродовж усього навчального року (другий напрямок).

Частина групи учнів, яка брала участь у першому з наведених напрямків дослідження, була сформована з учнів – членів фізико-технічного гуртка при Запорізькому обласному Центрі науково-технічної творчості учнівської молоді “Грані”.

Другий напрямок дослідження був пов’язаний з експериментальним навчанням у межах фізико-математичного класу гімназії № 28 м. Запоріжжя, в якому автор дисертації викладав фізику. Більшість з учнів цього класу відвідували зазначений гурток.

У подальшому групу учнів, яка брала участь у педагогічному експерименті (щодо перевірки ефективності розробленої методики) ми будемо називати *експериментальною групою*. Що стосується її чисельності, то впродовж різних навчальних років (2002/2003 – 2006/2007 навчальні роки) вона складала від 20-ти до 25-ти учнів.

Створення експериментальної групи з членів гуртка пов’язане з необхідністю попередньої апробації запропонованого нами підходу, адже проводити педагогічний експеримент безпосередньо на заняттях з фізики без належної перевірки було б неправомірно, принаймні шкільна адміністрація не дозволила б цього зробити. На відміну від занять у класі, позаурочні (гурткові) заняття можуть проводитися за програмою, розробленою безпосередньо керівником гуртка. Невипадково, зазначає авторський колектив (В.Г. Разумовський, О.І. Бугайов, Ю.І. Дік та інші) у [131, с. 387], багато нових прогресивних методів навчання фізики (фронтальні лабораторні роботи, фізичний практикум, експериментальні задачі, навчальне кіно тощо) виникли, розроблялися та випробовувалися на позакласних заняттях. Окрім цього, як стверджують ті ж автори, саме *гурткові* заняття дають оптимальні можливості для розвитку в учнів творчих здібностей.

Розроблювана нами методика цілеспрямованого навчання учнів формулювання і розв’язування експериментальних задач у процесі

винахідницької діяльності базується на *дворівневому підході*. Як уже зазначалося у підрозділі 1.4, формулювання і розв'язування експериментальних задач є *складною багатокомпонентною* діяльністю. Для її успішного здійснення необхідно знати, як виконується кожен з елементів цієї діяльності (саме цьому присвячений *перший* рівень пропонованої методики).

Проте успішність формулювання і розв'язування експериментальних задач як багатокомпонентної діяльності хоча і суттєво залежить від рівня сформованості в учнів складових (елементарних) умінь, потрібних на різних її етапах, все ж не зводиться лише до цього (сформованість елементарних умінь є *необхідною* умовою успішності). Це обумовлено, насамперед, тим, що розв'язування експериментальних задач зазвичай є *творчою* діяльністю, для якої характерним є створення чогось нового, оригінального (у нашому випадку це можуть бути способи розв'язування задачі, створення експериментального обладнання тощо). При цьому зрозуміло, що у процесі навчання така новизна може бути і суб'єктивною, тобто мати місце лише для учня. З цим творчим аспектом процесу формулювання і розв'язування експериментальних задач пов'язаний *другий* рівень запропонованого підходу.

Щодо особливостей конкретної реалізації другого рівня, то винахідницька діяльність експериментальної групи (зокрема у позаурочний час) була пов'язана із розробкою різних технічних об'єктів: приладів, механізмів, установок, способів досягнення корисного ефекту тощо. Метою таких робіт було усунення недоліків існуючих або розробка нових технічних рішень (пристроїв або способів). Кожна з таких робіт (розробок) виконувалася у *малих* групах, до складу яких входило від двох до п'яти учнів. Більший об'єм групи призводить до ускладнення керування нею, крім того порушується її духовна "спаяність", яка є одним з важливих компонентів творчого середовища (про організацію винахідницької діяльності на заняттях з фізичного практикуму йтиметься у третьому розділі).

Характерною особливістю створеного нами творчого середовища є виникнення неформального *різновікового* творчого колективу, до якого

входили не тільки учні – члени експериментальної групи (гуртківці), але й представники підприємств та наукових установ, винахідники та патентні повірені. Тому у процесі роботи спілкування учнів між собою та з науковим керівником (учителем) доповнювалися консультаваннями з необхідних питань зі спеціалістами відповідної галузі. Особливо зручним та результативним, як показує досвід, є співробітництво у тому разі, коли цими спеціалістами виступають батьки або знайомі учнів.

Серед передумов до створення саме такої форми організації винахідницької діяльності були використані окремі висновки досліджень А.А. Давиденка. Так, обговорюючи умови для розвитку творчих здібностей в учнів, він пише: “... виникає необхідність у штучному створенні середовища, в якому б дитина могла розвивати та реалізувати свої творчі здібності. Таке середовище може бути створене як у тому закладі, де навчається дитина, так і поза ним. Отож є необхідність у функціонуванні діяльності гуртків та секцій науково-технічної творчості із залученням до роботи в них відповідних людей. Не може такого бути, щоб людина, яка здатна до творчості, не зацікавила тих дітей, які мають задатки до аналогічної діяльності” [65, с. 56].

Зрозуміло, що для налагодження роботи всього різновікового колективу ним необхідно керувати. Результати наших досліджень показали, що функції наукового керівника може виконувати вчитель, якості якого, окрім кваліфікації, повинні передбачати готовність допомогти, вміння створити ненапружену, проте ділову обстановку.

Що стосується тематики учнівських розробок, то особливу увагу ми приділяли таким напрямкам:

- енергозберігаючі технології (у першу чергу це розробка пристроїв для використання нетрадиційних джерел енергії);
- еколого-натуралістичний напрямок (зокрема, розробка способів та пристроїв для очистки промислових стічних вод);
- шкільне навчальне обладнання.

Вибрані напрямки є актуальними. Так, енергозбереження – це проблема без державних кордонів, як і більшість екологічних питань, що викликають занепокоєння людства сьогодні. Вона особливо актуальна для України, адже енергоносії постачаються переважно з інших країн. Тому не випадково, що 2006 рік в Україні було проголошено *роком нетрадиційних джерел енергії*, та присвячено *їх розвитку та впровадженню*. Слід згадати також про Міжнародну шкільну освітню програму *SPARE (School Project for Application of Resources and Energy)*, мета якої – залучення учнів до навчально-практичної діяльності з проблем енергоефективності, раціонального використання ресурсів тощо. В Україні цю програму почали здійснювати у 2002 р. Вже існують затверджені Міністерством освіти і науки України програми факультативних курсів з енергозбереження, розробляються відповідні навчальні посібники. Не менш актуальними є також інші два з наведених нами напрямків учнівських розробок.

Під час організованої таким чином винахідницької діяльності, окрім іншого, вдається:

- поглиблено (а головне, більш свідомо) вивчати теоретичний матеріал з фізики, серед іншого, фізичні явища та ефекти з ілюстрацією їх можливого використання у практичній діяльності (зокрема, на прикладі розв’язування винахідницьких та експериментальних задач);
- навчати учнів експериментальних умінь та технічної грамотності, потрібних на різних етапах експериментальної діяльності;
- вивчати необхідний математичний апарат у поєднанні з його застосуванням у фізиці та техніці;
- знайомити учнів з елементами патентознавства (особливо на етапі написання заявок на видачу патентів на винаходи та корисні моделі).

Отже, необхідною умовою успішності розв’язування експериментальних задач як *багатокомпонентної* діяльності є сформованість в учнів *складових (елементарних) умінь*, потрібних на різних її етапах. Тому *перший* рівень запропонованого нами *дворівневого* підходу до навчання учнів формулювати і

розв'язувати експериментальні задачі передбачає набуття ними окремих елементарних умінь з доведенням їх до рівня відповідних навичок. Другий рівень цього підходу враховує творчий аспект процесу формулювання і розв'язування експериментальних задач. На цьому рівні окремі елементарні вміння мають інтегруватися до складного вміння формулювати і розв'язувати експериментальні задачі.

2.1.2. Можливість виокремлення експериментальних задач на різних етапах винахідницької діяльності

Одразу ж зазначимо, що у науково-методичній літературі існують приклади методик, які передбачають перетворення “звичайних” (типових) задач в учнівські дослідження (як експериментального, так і теоретичного характеру). Для прикладу саме такого підходу можна вказати на дослідження С.Ю. Білоус [28; 29]. У своїй методиці динамічного моделювання (методика дослідницьких ланцюжків) вона зокрема показала, що при розв'язуванні типових задач з фізики їх також можна використовувати як матеріал для конструювання низки пошукових завдань, об'єднаних у так званій вторинний дослідницький ланцюжок, що передбачає моделювання структури задачі. При цьому нею розглядаються дослідницькі ланцюжки, що відтворюють моделювання експериментальної задачі і перетворення її у навчальне дослідження теоретичного змісту (тобто шлях від кінцевої моделі експериментальної задачі до кінцевої моделі теоретичної задачі) та ланцюжки щодо переходу від теоретичної задачі до задачі експериментальної.

У випадку ж нашого підходу учні навчаються формулювати і розв'язувати експериментальні задачі у процесі винахідницької діяльності, яка розгортається навколо певної винахідницької задачі.

Дійсно, під час розв'язування якоїсь проблеми фізико-технічного змісту винахідник, як правило, зустрічається з експериментальними задачами. Справа ускладнюється тим, що ці задачі треба не тільки успішно розв'язувати, але й

передусім самостійно формулювати. А як показує досвід налагодження винахідницької діяльності в експериментальній групі фізико-математичного класу, останнє видається набагато складнішим.

У даному пункті ми маємо *на меті* показати можливість виокремлення у процесі винахідницької діяльності (зокрема при розв'язуванні певної фізико-технічної проблеми) відносно самостійних за змістом та більш простих за структурою експериментальних задач. Ці задачі є базовими, тобто такими, які мали розв'язувати учні під час роботи над винаходом. Зазначимо, що відповідно до Закону України “Про охорону прав на винаходи і корисні моделі”, *об'єктом* винаходу може бути *продукт* (пристрій, речовина, штам мікроорганізму, культура клітин рослини і тварини), *спосіб* або *використання раніше відомого продукту чи способу за новим призначенням*.

Як приклад ми взяли винахід “Індукторний генератор” [138] (патент України № 63405А), співавторами якого є учні нашої експериментальної групи – учениця 11-го класу Олена П'янкова (фізико-математичний ліцей № 105 м. Запоріжжя) та учень 9-го фізико-математичного класу Микита Кузьменко (гімназія № 28 м. Запоріжжя).

Формула винаходу: *індукторний генератор, що складається з ротора з зубцями, які виконані з магнітом'якого матеріалу, та статора, що має обмотки (робочу та збудження), який відрізняється тим, що ротор генератора складається з диска, на якому розташовані плоскі зубці; статор виконаний з декількох магнітних ланцюгів, кожен з яких містить шихтоване осердя з магнітом'якого матеріалу та обмотки (робочу та збудження), обмотки кожного ланцюга є скупченими, зміщені аксіально під електричним кутом 120° (рис. 2.1).*

Щоб мати уявлення про що йдеться, наведемо коротко суть винаходу. Конструкція індукторного генератора містить ротор 1 та статор 2. Ротор 1 являє собою зубчастий диск з електротехнічної сталі, який насаджено на вал 3, що у свою чергу обертається первинним двигуном, якого на схемі не позначено.

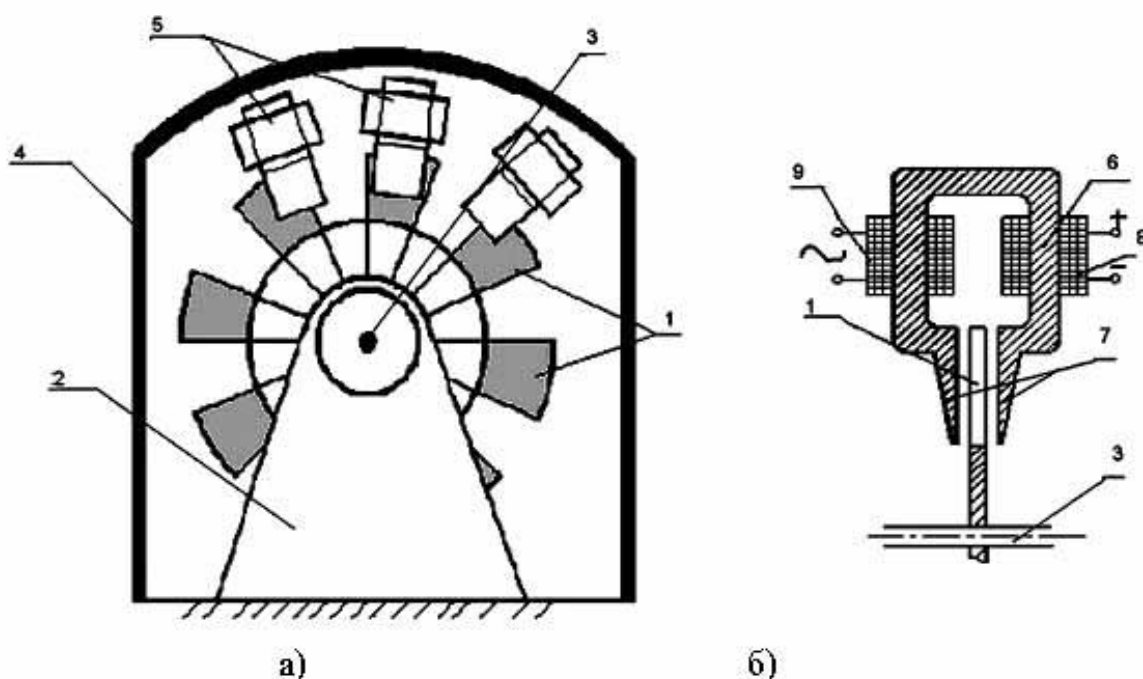


Рис. 2.1. Схеми винайденого індукторного генератора (а) та його одного магнітного ланцюга (б)

Статор 2 складається з корпусу 4 із закріпленими на ньому декількома магнітними ланцюгами 5, встановленими навколо ротора 1.

Магнітний ланцюг складається з осердя 6 П-образної форми з довгими башмаками 7, які є одним цілим з осердям, та з двох обмоток: обмотка збудження 8 та робоча обмотка 9.

Осердя 6 магнітного ланцюга виконане шихтованим (з пластин електротехнічної сталі товщиною $0,35 \div 0,50$ мм) для зменшення втрат на вихрові струми (струми Фуко). Пластини електрично ізолювані одна від одної.

Ці магнітні ланцюги розташовані навколо ротора таким чином, щоб між осями робочих обмоток ланцюга був електричний кут 120° .

Генератор працює так: обмотка збудження 8 створює магнітний потік, який проходить по осердю 6. Під дією первинного двигуна ротор 1 генератора обертається з номінальною частотою. Зубці ротора 1 проходять між башмаками 7 осердя 6 магнітного ланцюга 5, періодично змінюючи магнітний опір. Опір магнітного ланцюга 5 буде набувати значень від R_{min} (у мить, коли зубець є частиною магнітного ланцюга і повітряні зазори мінімальні) до R_{max} (коли повітряні зазори максимальні). При зміні магнітного опору ланцюга 5 виникає

зміна потоку магнітної індукції від Φ_{max} до Φ_{min} , внаслідок чого виникає ЕРС індукції в робочій обмотці 9 (відповідно до явища електромагнітної індукції). Башмаки 7 потрібні в даній конструкції для зменшення розсіювання магнітного поля.

Розробка цього електрогенератора була пов'язана з розв'язанням технічної проблеми щодо покращення експлуатаційних характеристик вітроелектричних станцій, зокрема з усуненням тих недоліків, які мають синхронні генератори під час роботи на станції. Наведений винахід, який є розв'язком цієї проблеми, дозволив усунути мультиплікацію частоти обертання вітродвигуна (а отже і втрати енергії, які виникають через це) завдяки відносно малій номінальній частоті обертання генератора; уникнути електричного з'єднання між ротором та статором (а через це виключити додаткові втрати у контактних пристроях та усунути перешкоди у теле-радіоприйомі, які викликані іскрінням); отримати можливість збільшення номінальної потужності генератора шляхом підключення додаткових робочих зон (магнітних ланцюгів з обмотками) тощо.

Розглянемо далі основні етапи винахідницької діяльності на прикладі розробки описаного індукторного генератора з виділенням тих експериментальних задач, з якими стикалися учні (дане дослідження відображене у [9]).

Необхідним елементом такої діяльності є проведення так званого *патентного пошуку* з метою вивчення конструкції та принципу дії вже існуючих приладів, механізмів тощо, які є аналогами або прототипами винаходу. Зазначимо, що опис аналогу та прототипу технічного рішення є обов'язковим елементом підготовки заявки на видачу патенту на передбачуваний винахід. Під час патентного пошуку учням доводиться ознайомлюватися з науково-технічною та науково-популярною літературою відповідної тематики. З цим пов'язаний наступний тип розв'язуваних учнями експериментальних задач – *за наданим текстовим та (або) графічним поясненням розібратися з принципом дії певного приладу, механізму тощо.*

Так, на цьому етапі роботи над індукторним генератором учні повинні були розібратися з конструкцією навчальної моделі синхронного генератора, оскільки він виступав аналогом винаходу. Зокрема вони мали з'ясувати:

- *де розташовані робочі обмотки (обмотки, у яких наводиться ЕРС) та обмотка збудження (обмотка для створення магнітного поля) синхронної машини;*
- *для чого обмотки намотані на магнітопровід;*
- *призначення контактних кілець та щіток;*
- *як розташовані робочі обмотки на статорі.*

Одним з етапів роботи над винаходом є *розробка діючої моделі приладу, механізму тощо, за допомогою якого можна було б переконатися у працездатності винаходу, а також, дослідивши роботу моделі, судити про характеристики реальних пристроїв хоча б на якісному рівні. На цьому етапі учні стикаються зокрема із задачами, в яких пропонується продемонструвати конкретне фізичне явище, сконструювати певну установку або прилад. Розв'язування саме таких задач потребує від учня неабиякого творчого мислення та кмітливості. Повертаючись до нашого прикладу, наведемо умови двох експериментальних задач, які розв'язували учні під час роботи над моделлю індукторного генератора:*

а) виготовивши електромагніт із цвяха, ізолюваного дроту, реостата та джерела струму, визначити його магнітні полюси шляхом міркувань та за допомогою магнітної стрілки. Як можна змінити полюси цього електромагніта? Як отримати на кінцях цвяха однакові полюси?

б) зібравши установку за поданою схемою або малюнком (рис. 2.2), дослідити залежність сили притягання електромагніта від:

- *сили струму у котушках електромагніта;*
- *числа витків (у випадку однієї та двох котушок);*
- *відстані між якорем та осердям (розміщуючи між ними змінне число шарів паперу);*
- *площі дотику якоря з осердям.*

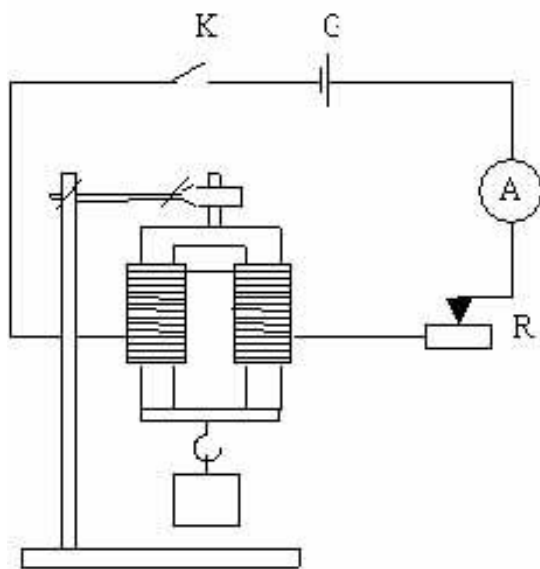


Рис. 2.2. Схема та малюнок дослідної установки до задачі (б)

Учнями нашої експериментальної групи – Микитою Кузьменком та Оленою П'янковою – під керівництвом автора дисертації була спроектована та виготовлена діюча модель винайденого генератора (яка показана на рис. 2.3) потужністю приблизно 10 Вт. Детальніше про виготовлення учнями діючих моделей йтиметься у підрозділі 3.2 дисертації.

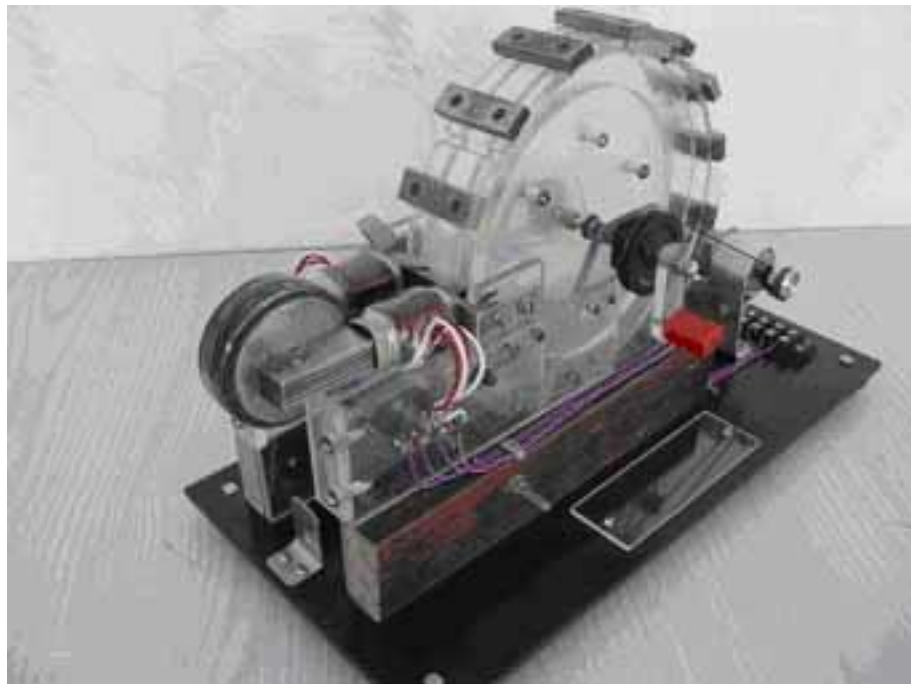


Рис. 2.3. Діюча модель індукторного генератора (патент України №63405А)

Дуже важливим етапом винахідницької діяльності є експериментальне дослідження запропонованого технічного рішення (пристрою або способу). Діяльність учнів на цьому етапі пов'язана, головним чином, із складанням експериментальних установок, підготовкою необхідних приладів та безпосереднім проведенням вимірювань. Завданнями фізичного експерименту на даному етапі виступають: перевірка даних, отриманих у ході теоретичних розрахунків; встановлення відповідності реальних (експериментальних) характеристик досліджуваного об'єкта тим, що передбачалися (теоретичним); з'ясування оптимальних його режимів роботи та характеристик.

Так, повертаючись до нашого прикладу, учні повинні були експериментально дослідити основні режими роботи індукторного генератора, зокрема встановити його електричні характеристики за допомогою діючої моделі. Серед основних характеристик, що визначають робочі властивості генератора, учнями були отримані наступні:

а) залежність напруги генератора від частоти обертання ротора $U = U(n)$ при постійному струмі збудження $I_{зб} = const$;

б) зовнішня характеристика – залежність напруги генератора від струму навантаження $U = U(I)$ при постійній частоті обертання ротора $n = const$ (рис. 2.4а);

в) характеристика холостого ходу – залежність напруги генератора від струму збудження $U = U(I_{зб})$ при постійній частоті обертання ротора $n = const$ (рис. 2.4б);

г) характеристика короткого замикання – залежність струму у робочій обмотці в режимі короткого замикання від струму збудження $I = I(I_{зб})$ при постійній частоті обертання ротора $n = const$;

д) регульовальна характеристика, що показує як треба змінювати струм збудження при зміні струму навантаження $I_{зб} = I_{зб}(I)$, щоб напруга генератора залишалась сталою $U = const$ при постійній частоті обертання $n = const$.

Отримані за допомогою моделі характеристики дозволяють принаймні на якісному рівні судити про відповідні характеристики реальних генераторів.

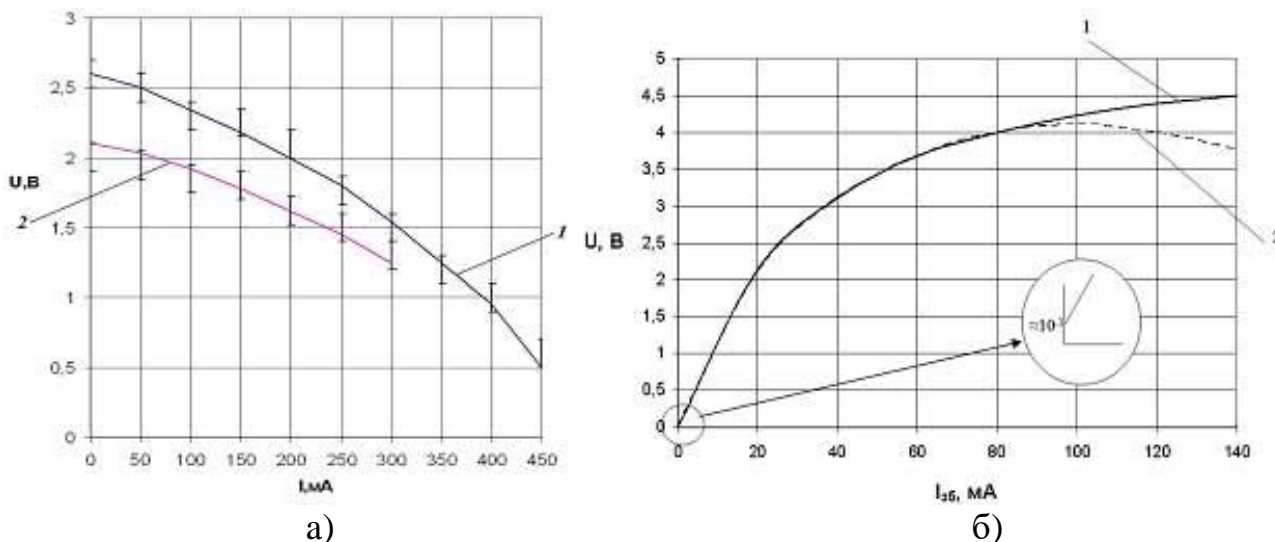


Рис. 2.4. Експериментальні електричні характеристики індукторного генератора: а) – зовнішня характеристика, б) – характеристика холостого ходу

Зрозуміло, що задача щодо встановлення наведених характеристик є складною. Вона містить у свою чергу низку підзадач. Наприклад:

- *вибрати необхідні вимірювальні прилади (з тих, що є в наявності у фізичній лабораторії) для вимірювання напруги, струму збудження, струму навантаження, частоти обертання індукторного генератора;*
- *розробити та зібрати електричну схему для зняття наведених характеристик генератора (рис. 2.5).*

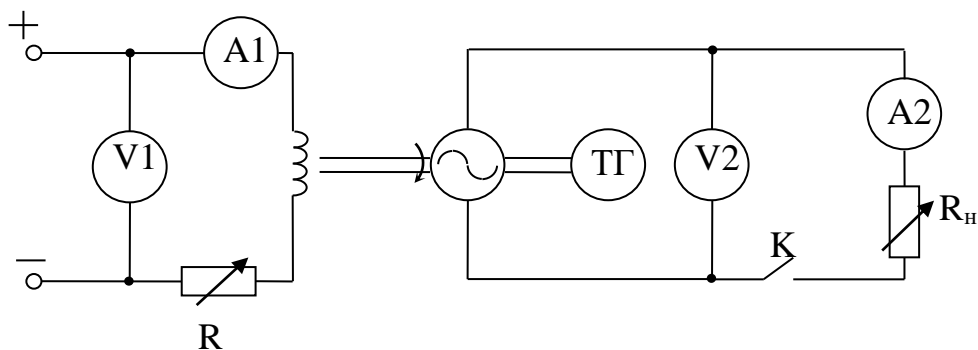


Рис. 2.5. Електрична схема для зняття характеристик генератора

Завершальним етапом роботи над об'єктом, що має ознаки об'єктивної новизни, є оформлення заявки на передбачуваний винахід.

У зв'язку з тим, що цей етап виступає невід'ємним компонентом винахідницької діяльності учнів, зупинимося на ньому більш детально (зокрема розглянемо певні вимоги, яким повинен відповідати винахід, а також сутність оформлення заявки на видачу патенту на винахід).

У разі створення нового технічного рішення, його автору гарантується можливість одержання вигоди з монопольного володіння правами на це рішення протягом установленого законом терміну. Після закінчення цього терміну винахід переходить у загальне користування. Існує спеціальна процедура, яка включає доведення до відома суспільства даних про створене нововведення (складання і подання заявки, публікація матеріалів заявки тощо), перевірку компетентним державним органом того, чи справді заявлене нововведення збагачує світовий рівень техніки (експертиза заявки), і, нарешті, видачу від імені держави охоронного документа, що гарантує права його власника (наприклад, патенту на винахід або корисну модель).

Патент на винахід (корисну модель) являє собою документ, що видається компетентним органом і засвідчує визнання пропозиції винаходом, пріоритет винаходу, авторство і виключне право власника патенту на винахід (копії деяких патентів наведено у додатку А).

Згідно із Законом України “Про охорону прав на винаходи і корисні моделі” патент на винахід видається лише тоді, коли винахід задовольняє критеріям патентоспроможності (їх розгляд наводимо за [132; 133]):

- *Новизна.* Винахід вважається новим, якщо він не є частиною рівня техніки, під яким розуміють всі відомості, що стали загальновідомими у світі до дати подання заявки до Державного патентного відомства України (Держпатенту) або якщо заявлено пріоритет;

- *Винахідницький рівень.* Рішення, яке становить суть заявленого винаходу, повинне бути не тільки новим, тобто таким, що відрізняється від інших рішень, які характеризують сучасний рівень техніки, але й бути творчим втіленням ідеї та являти собою перехід на новий технологічний рівень. Має існувати помітна дистанція між сучасним рівнем техніки і заявленим рішенням

(необхідно, щоб прогрес був значний і за суттю, тобто щоб він стосувався нових суттєвих елементів). У патентному законодавстві багатьох країн поняття винахідницького рівня трактується так: різниця між заявленим винаходом і сучасним рівнем техніки повинна бути неочевидною у тому значенні, що щось є очевидним, якщо воно спадає на думку, так би мовити, автоматично.

- *Промислова застосовність.* Винахід визнається промислово застосовним, якщо його можна буде використати у промисловості або в іншій сфері діяльності. Іншими словами, рішення, що пропонується, не може бути чисто теоретичним. Якщо винахід стосується виробу або частини виробу, то повинна існувати можливість виготовлення цього виробу, а якщо винахід стосується способу (процесу) або частини способу – повинна існувати можливість для реалізації цього способу.

Що ж стосується заявки на видачу патенту на винахід, то вона являє собою сукупність документів, що подаються у Держпатент України з метою отримання патенту. Заявка містить такі основні документи:

1. *Заява* – прохання про видачу патенту.
2. *Опис винаходу*, який чітко і у повному обсязі розкриває суть винаходу (структура опису має бути жорстко дотримана). Серед іншого, в описі повинні бути розглянуті недоліки аналогу та прототипу, яких позбавлений винахід, їхні спільні із заявленим рішенням ознаки, а також суттєві та відмінні ознаки винаходу (зразок опублікованого опису до патенту наведено у додатку Б).

3. *Формула винаходу* – складена за встановленими правилами коротка словесна характеристика, що виражає суть винаходу. Вона складається або з одного пункту (одноланкова формула), або з двох чи більше пунктів (багатоланкова формула). Формулу винаходу можна умовно поділити на дві частини (обмежувальну та відмітну), які розділяються словосполученням “який відрізняється”. Відмітна частина формули може починатися із зазначення мети винаходу. Для прикладу виділимо ці умовні частини у наведеній нами формулі винаходу “Індукторний генератор”.

Обмежувальна частина

“Індукторний генератор, що складається з ротора з зубцями, які виконані з магнітом’якого матеріалу, та статора, що має обмотки (робочу та збудження),

відмітна частина

який відрізняється тим, що ротор генератора складається з диска, на якому розташовані плоскі зубці; статор виконаний з декількох магнітних ланцюгів, кожен з яких містить шихтоване осердя з магнітом’якого матеріалу та обмотки (робочу та збудження), обмотки кожного ланцюга є скупченими, зміщені аксіально під електричним кутом 120°”.

4. *Реферат* – скорочений виклад суті винаходу. Він має бути складений таким чином, щоб дати можливість зрозуміти зацікавленій особі завдання, суть його розв’язання за допомогою винаходу і те, як винахід може бути застосований.

5. *Креслення* (потрібні, якщо на них є посилання в описі винаходу).

Етап оформлення заявки на передбачуваний винахід, серед іншого, сприяє:

- *Навчання учнів специфічної технічної мови.* А це передбачає не лише вірне уявлення про сутність окремих технічних термінів (які часто виявляються маловідомими для учнів, а тому потребують спеціального вивчення), але й уміння грамотно будувати з них відповідні речення. Для прикладу, достатньо ще раз звернутися до формули розглядуваного нами винаходу, у формулюванні якої пов’язані між собою такі терміни, як ротор, статор, обмотка (збудження та робоча), магнітний ланцюг, шихтоване осердя, магнітом’який матеріал, електричний кут, аксіальне зміщення тощо;

- *Набуття учнями таких експериментальних умінь як:*

- *формулювати висновки;*

- виділяти недоліки та переваги конструкції та принципу дії приладів, механізмів;
- відділяти першорядні ознаки від другорядних;
- виконувати потрібні креслення.

У випадку нашого прикладу учні роблять висновок про те, що винайдений ними індукторний генератор знайде використання у пристроях для перетворення частоти струму; в індукційних нагрівальних пристроях; у пристроях, які призначені для отримання різних параметрів вихідного сигналу (напруги, частоти, фазового зсуву тощо). Перспективним є також використання генератора у вітроенергетичних установках. Це дозволить, окрім іншого, суттєво зменшити втрати при передачі механічної енергії від вітродвигуна установки до генератора, адже номінальну частоту обертання генератора можна зробити рівною номінальній частоті обертання вітродвигуна зміною числа зубців ротора.

Розглянемо ще один тип експериментальних задач, який майже завжди зустрічається у процесі винахідницької діяльності. Мова йде про *задачі-оцінки* або (за іншою класифікацією) – *задачі на окомірне визначення фізичних величин* із подальшою експериментальною перевіркою правильності відповіді. Так, у випадку нашого прикладу, під час виготовлення обмоток генератора учні змогли оцінити переріз знайденого ними мідного дроту, маючи лише аркуш паперу “у клітинку”. Вони також проводили попередню оцінку результатів вимірювання для правильного вибору необхідних приладів та інструментів (оцінка межі вимірювання амперметра та вольтметра, оцінка активного опору обмоток тощо).

Слід звернути увагу на те, що хоча можливість виділення експериментальних задач під час аналізу винахідницької діяльності була продемонстрована нами на одному прикладі (на прикладі одного винаходу), є підстави стверджувати, що те ж саме можна зробити на основі значної кількості винаходів. Важливим є те, що виокремлення експериментальних задач виявляється можливим не лише під час безпосереднього розв’язування учнями

винахідницької задачі, але й у процесі детального розгляду *вже існуючих* розв'язків (винаходів). Приклади цікавих винаходів, детальний розгляд яких пов'язаний із формулюванням і розв'язуванням експериментальних задач, можна знайти, наприклад, у журналах “Винахідник і раціоналізатор”, “Юний технік”, “Наука та життя”, а також у навчальних посібниках з винахідництва та раціоналізаторства (приклади яких було наведено у підрозділі 1.5). Слід також згадати про винахідницькі задачі Всеукраїнського відкритого турніру юних винахідників і раціоналізаторів, який щорічно проходить у Чернігові. Розв'язування цих задач у процесі підготовки до турніру супроводжується, як правило, учнівськими дослідженнями. Для прикладу наведемо задачу, яка пропонувалася на турнірі у 2004 році.

Дію магнітного поля на провідник зі струмом в основному демонструють таким чином: через підвішений між полюсами дугоподібного постійного магніта металевий провідник (стержень) пропускають постійний електричний струм. Внаслідок дії на провідник зі струмом сили Ампера він відхиляється від свого попереднього положення. А чи не змогли б ви запропонувати відмінний від описаного пристрій або спосіб демонстрування даного явища?

Отже, нами показано, що у процесі розв'язування певної навчальної фізико-технічної проблеми або детального розгляду *вже існуючих* її розв'язків існує *можливість виокремлення* відносно самостійних за змістом *експериментальних задач*. Проведення учнями такого виокремлення сприяє розвитку у них уміння *формулювати* експериментальні задачі.

2.2. Методичні складові розвитку вміння формулювати і розв'язувати експериментальні задачі у процесі винахідницької діяльності учнів

2.2.1. Роль теоретичного матеріалу щодо фізичних явищ та ефектів для навчання формулювання і розв'язування експериментальних задач у процесі винахідницької діяльності

Важливість вивчення прикладних питань фізики у шкільному курсі. У наш час межі між фізикою як наукою про природу та прикладними науками є досить розмитими та рухомими. Так, тепло-, електро- та радіотехніка, електроніка, лазерна техніка, матеріалознавство, ядерна енергетика та інші науково-технічні галузі знань та відповідні галузі виробництва є природним продовженням та розвитком різних розділів фізики. З історії розвитку техніки відомі випадки, коли її нові галузі зароджувалися безпосередньо у наукових лабораторіях. Це стосується, наприклад, атомної, напівпровідникової, лазерної та інших галузей сучасної техніки.

У свою чергу фізика також спирається на досягнення техніки. Зокрема сучасні фізичні лабораторії обладнані складною апаратурою. Більш досконалі технічні засоби надають можливість ученим проводити все більш складні наукові експерименти.

Отже, зважаючи на виключне значення фізики для сучасної техніки, увага до прикладних (технічних) питань фізики у процесі її навчання є закономірною та виправданою. У методиці фізики цій проблемі присвячена значна кількість публікацій.

Зрозуміло, що маючи на меті показати учням прикладне значення фізики, вчитель повинен приділити увагу ознайомленню їх з конструкцією та принципом дії різних технічних пристроїв: водяної турбіни, вітрового двигуна, парової машини, двигуна внутрішнього згорання; електротехнічних та радіоелектронних пристроїв (зокрема, електромагнітне реле, фотореле,

електрична машина, трансформатор, телефонна установка, радіоприймач, підсилювач електричних сигналів, електронні вимірювальні прилади).

Слід пам'ятати, що матеріал буде краще засвоюватися, якщо його вивчення буде супроводжуватися практичною діяльністю учнів (виконання лабораторних робіт, розв'язування експериментальних задач тощо). Особливу навчальну цінність мають роботи технологічного характеру, які пов'язані з виготовленням простих фізичних приладів, моделей, креслень, монтажів тощо. Отже, важливою задачею вчителя є організація діяльності учнів, яка б поєднувала виклад теоретичного матеріалу з ілюстрацією його практичного використання.

Розглядаючи проблему формування в учнів уявлень про фізику як основу техніки, можна також виходити з того, що розкриття ролі техніки у житті суспільства та кожної людини є соціокультурним матеріалом. Ефективне його застосування у навчанні фізики повинне, зокрема, передбачати розгляд винаходів, які вважаються фундаментальними у розвитку техніки (тепловий двигун, телефон, радіо, електронні прилади, ракети, АЕС тощо).

Проблема вивчення прикладних питань фізики є ще більш істотною для учнів, що навчаються у профільних фізико-математичних класах (особливо для тих, хто планує навчатися у ВНЗ на технічних або фізико-технічних спеціальностях).

Слід окремо зазначити, що за останні роки техніка зазнала досить значного прогресу. Навіть такі сучасні побутові пристрої як пральні машини, холодильники, праски, світильники тощо (не говорячи вже про комп'ютери, телевізори, музичні центри та інше) мають значну кількість деталей та вузлів, робота яких базується на використанні різних фізичних явищ та ефектів. Зрозуміло, що для того, щоб розібратися (хоча б на рівні уявлень) з принципом дії цих приладів, потрібна відповідна *теоретична підготовка*.

Теоретична підготовка учнів до винахідницької діяльності. Як уже зазначалося у попередніх підрозділах, у педагогічній практиці для організації винахідницької діяльності учнів при навчанні фізики вчитель може

застосовувати як розв'язування нових (для учнів) винахідницьких задач, так і детальне вивчення описів уже відомих винаходів. Зазначимо, що одним з необхідних елементів успішності цієї діяльності виступає відповідна теоретична підготовка учнів з фізики. Дійсно, як правило, розв'язки винахідницьких задач пов'язані з використанням певних фізичних явищ та ефектів (мова йде про винахідницькі задачі з фізико-технічним змістом). При цьому досить велика кількість винаходів, як виявляється, базується саме на маловідомих для учнів фізичних явищах та ефектах або маловідомих нюансах “звичайних” фізичних явищ та ефектів. Розглянемо це докладніше.

Дослідниками технічної творчості проведено аналіз великого масиву патентної інформації, у ході якого відбиралися та досліджувалися винаходи відповідного рівня (розглянуто близько 40 тисяч описів відібраних винаходів). Зокрема, виявлялися типові прийоми усунення технічних та фізичних протиріч, а також фізичні явища та ефекти, які були задіяні у винаходах. За допомогою такого аналізу була складена таблиця застосування деяких фізичних явищ та ефектів під час розв'язування винахідницьких задач (цю таблицю можна знайти, наприклад, у посібниках з винахідництва та раціоналізаторства, які було наведено у підрозділі 1.5). У таблиці кожній потрібній дії або властивості об'єкта задачі поставлені у відповідність можливі фізичні явища, ефекти, фактори або способи, в яких присутня дана дія або властивість.

Так, зі *зміною розмірів об'єктів* пов'язані: теплове розширення; деформації; магніто- та електрострикції; п'єзоелектричний ефект. Зі *стабілізацією температури* – фазові переходи (у тому числі перехід через точку Кюрі). З *вимірюванням температури* – теплове розширення тіл та викликана цим зміна їхньої власної частоти коливань; термоелектричні явища; спектр випромінювання; зміна оптичних, електричних, магнітних властивостей речовини; перехід через точку Кюрі; ефекти Гопкінсона та Баркхаузена. Для *контролю стану та властивостей в об'ємі тіла* окрім іншого характерні: електронний парамагнітний та ядерний магнітний резонанси; магнітопружний ефект; ефект Мессбауера; ефект Холла. *Руйнування об'єкта* може бути

пов'язане з електричними розрядами; електрогідравлічним ефектом; резонансом; ультразвуком; кавітацією; індукованим випромінюванням.

Усього було виділено 30 таких дій та властивостей. Не маючи на меті наводити тут їх повний список з відповідними сукупностями фізичних явищ та ефектів (нами наведені лише п'ять таких прикладів), звернемо увагу на те, що досить значна частина цих явищ та ефектів залишається поза увагою під час навчання фізики у школі. Це стосується навіть класів з поглибленим вивченням фізики. Більш того, окремі фізичні ефекти (що мають прикладне значення) відсутні у програмах з фізики навіть для вищих технічних навчальних закладів і тому залишаються невідомими майбутнім спеціалістам, знижуючи тим самим їхній творчий потенціал.

Проте якщо певне фізичне явище або ефект все ж таки вивчається, то це ще не гарантує вміння використовувати ці знання під час розв'язування практичних завдань (зокрема, у процесі винахідницької діяльності). Непоодинокі випадки, коли для учнів фізичні явища та ефекти існують немов би самі по собі, а задача – сама по собі. Іншими словами у мисленні старшокласників відсутній місток, який мав би з'єднувати теоретичний матеріал з винахідницькими задачами. Через це знання про фізичні явища та ефекти (що виступають потужним та універсальним “набором інструментів” для винахідницької діяльності) значною мірою простоюють, не використовуються.

У зв'язку з цим перед учителем постає важливе завдання – сприяти розширенню знань учнів про існуючі фізичні явища та ефекти, а також сприяти розвитку у них уміння застосовувати ці знання у процесі винахідницької діяльності.

Ознайомлення учнів з фізичними явищами та ефектами вчитель може здійснювати безпосередньо під час занять гуртка. У такому випадку новий матеріал подається або самим учителем (керівником гуртка), або наперед призначеними учнями. Для цього вчитель повинен розподілити між ними відповідні питання теоретичного матеріалу. Таке розподілення слід робити

заздалегідь, наприклад, на початку чверті або семестру. Це дозволяє учням завчасно спланувати свою діяльність.

Залежно від складності теми підготовка учня може бути як короткостроковою (протягом одного тижня), так і довгостроковою (протягом чверті або кількох тижнів).

Для вивчення теоретичних питань, які стосуються фізичних явищ та ефектів, учитель може запропонувати учневі відповідні літературні джерела. Крім того, як показує досвід, майже кожен учень у процесі своєї підготовки використовує ще й додаткову літературу (що не була рекомендована вчителем), яку вони знаходять самі. Як правило, учні користуються фізичними довідниками та словниками; посібниками з фізики для ВНЗ; дитячими енциклопедіями видавництва “Аванта” з фізики, техніки, астрономії; науково-популярними та науково-технічними журналами “Юний технік”, “Наука та життя”, “Квант”, “Винахідник і раціоналізатор”; інформацією з мережі *Internet*.

Розширити знання з необхідних питань учням допомагають також консультації з досвідченими фахівцями. Саме цьому і сприяє запропонований у нашій методиці спосіб організації винахідницької діяльності в умовах різновікового творчого колективу (про організацію винахідницької діяльності учнів уже йшлося у підрозділі 2.1.1).

Зрозуміло, що описаний підхід до організації теоретичної підготовки учнів має свої недоліки. Так, на проведення такої підготовки витрачається досить багато часу. Крім того, за розглянутих умов учні можуть отримати глибокі знання лише з тих питань, які вони безпосередньо проробляли. Решта ж фізичних явищ та ефектів, з якими вони знайомилися на лекційних заняттях, як правило, потребують додаткового вивчення.

Для усунення зазначених недоліків у нашій методиці запропоновано створення спеціального навчального посібника, у якому б розглядалися фізичні явища та ефекти, що використовуються під час розв’язування винахідницьких та експериментальних задач (більш детально проблема створення такого посібника розглядалася у нашій статті [12]).

Які завдання стоять перед навчальним посібником, про який іде мова?

Насамперед, він повинен доповнити підручник фізики такими фізичними явищами та ефектами, які вивчаються у школі із запізненням або взагалі не вивчаються, але для успішної винахідницької діяльності вони були б у пригоді.

Зазначимо, що повноцінне з'ясування природи деяких явищ та ефектів (наприклад, явище надпровідності, ефект Холла, тунельний ефект) можливе лише за умови досить серйозної попередньої теоретичної підготовки із загальних питань фізики, а також ще й володіння відповідним математичним апаратом (який часто виходить за межі шкільного навіть для фізико-математичних класів). Тому потрібен посібник, у якому такі питання були б викладені на *пропедевтичному*, іноді навіть тільки на якісному, рівні, проте своєчасно. При цьому високі вимоги стосовно строгості викладу можна залишити на долю підручників систематичного курсу загальної фізики.

Призначення посібника, про який ідеться, полягає в *ознайомленні* учнів з необхідними “інструментами” винахідницької діяльності, якими для неї є фізичні явища та ефекти, а також у *демонстрації* їх “у дії” на конкретних прикладах розв’язування певних винахідницьких задач.

Тому у посібнику для кожного розглядуваного явища чи ефекту повинен бути наведений їхній опис та пояснення; приклади винаходів, що базуються на даному явищі чи ефекті та творчі завдання, що мають сприяти розвиткові в учнів уміння використовувати отримані знання на практиці. Корисним також є наведення (там де це потрібно) посилань на додаткову літературу.

Чи є ідея створення обговорюваного нами посібника абсолютно новою? Якщо ні, то *що* може виступати за свого роду прототип посібника? Як уже зазначалося, чимало яких фізичних явищ та ефектів виявляються мало відомими або зовсім незнайомими для винахідників. Тому на основі таблиці фізичних явищ та ефектів (про яку також вже йшлося) Громадською лабораторією методики винахідництва при Центральній Раді Всесоюзної громади винахідників та раціоналізаторів був розроблений (1971 р.) спеціальний “Вказівник використання фізичних ефектів та явищ”, який потім

використовувався у громадських школах винахідницької творчості та винахідницьких семінарах. Він містив по кожному явищу та ефекту короткий опис, відомості про їх винахідницьке застосування та приклади винаходів. Проте цей “Вказівник” був адресований у першу чергу не учням шкіл, а тим, хто вже мав освіту, а також певні знання і досвід у винахідницькій діяльності. Зокрема, він використовувався слухачами громадських шкіл та інститутів винахідницької творчості, серед яких були інженери, педагоги, лікарі тощо. Тому головна увага приділялася саме прикладній частині – можливостям використання даного явища або ефекту під час розв’язування винахідницьких задач та конкретним прикладам (без їх детального обговорення). Не було там і спеціальних завдань для закріплення матеріалу. Розроблюваний же нами посібник у першу чергу має бути адресований учням, особливо тим, хто поглиблено вивчає фізику.

Слід також згадати про навчальний посібник “Прикладна фізика” [156]. У ньому розглядаються фізичні основи автоматизації управління виробничими процесами, зокрема наведені фізичні явища та приклади їх використання у сучасній галузі техніки – автоматиці та обчислювальній техніці. Окремі розділи посібника присвячені зокрема можливим використанням в елементах автоматичних пристроїв: магнітної дії електричного струму та магнітних властивостей речовини (електромагніти, електромагнітні реле, магнітокеровані герметизовані контакти, електромагнітні та електромашинні виконавчі органи тощо); особливостей електропровідності металів та напівпровідників (датчики температури, термістори, електронні підсилювачі на транзисторах, транзисторні ключі, тригери тощо); особливостей електропровідності електролітів та газів (електролітичні діоди, електролітичні датчики, двоелектродні лампи жевріючого розряду тощо). Посібник містить експериментальні та винахідницькі задачі, а також практичні роботи дослідницького характеру.

Підсумовуючи сказане, ми висуваємо такі головні пов'язані між собою завдання, що стоять перед розроблюваним нами навчальним посібником з фізичних явищ та ефектів:

- ознайомлення учнів з фізичними явищами та ефектами, які використовуються у процесі розв'язування винахідницьких та експериментальних задач;
- ілюстрація можливого застосування явищ та ефектів при розв'язуванні задач;
- сприяння формуванню в учнів евристичних прийомів розумової діяльності;
- підвищення зацікавлення учнів до вивчення фізики.

Що стосується структурної організації посібника, то для зручності він повинен складатися з розділів, які можна читати незалежно один від одного. Тобто, на нашу думку, доцільною є *модульна (блочна)* структура змісту. Кожен блок (модуль) присвячений досить детальному обговоренню певної винахідницької задачі (від постановки проблеми до оцінки запропонованого розв'язку та його експериментальної перевірки). При цьому пояснення необхідних теоретичних питань має відбуватися безпосередньо у процесі розв'язування задачі.

Доцільність такої структури змісту полягає у тому, що кожний блок (модуль) виступає відносно незалежним один від одного, адже всі необхідні для розуміння розв'язання задачі теоретичні деталі містяться безпосередньо у межах даного блоку. І тому кожен учень може ознайомлюватися у першу чергу з тими задачами, які викликають у нього найбільшу зацікавленість. З прикладом аналогічного підходу до структури змісту посібника ми зустрічаємось, наприклад, у [36]. Згаданий посібник займає проміжне положення між підручником та збірником задач з фізики. У ньому на конкретних прикладах демонструється як фундаментальні закони фізики можуть використовуватися під час аналізу фізичних явищ. І робиться це у

формі розв'язування задач, що на думку авторів посібника, це є найкращим способом формування фізичного розуміння законів природи.

Отже, цілеспрямоване навчання учнів формулювати і розв'язувати експериментальні задачі для підвищення успішності їх винахідницької діяльності потребує, окрім іншого, вивчення ними теоретичного матеріалу з *фізичних явищ та ефектів*, які виступають необхідними “інструментами” винахідницької діяльності.

2.2.2. Навчання старшокласників висування можливих способів розв'язування експериментальних задач

У підрозділі 1.3 дисертації нами вже наголошувалося на тому, що вміння розв'язувати експериментальні задачі є складним, багатокomпонентним, бо потребує від учнів виконання цілої низки дій (від висування гіпотез про існування зв'язків між явищами, фізичними величинами, що характеризують фізичний об'єкт, до обробки результатів експерименту та їх аналізу).

Також нагадаємо, що для успішного формування вміння виконувати певну дію психологи пропонують розділяти її на більш прості операції та спочатку формувати вміння виконувати кожен з операцій окремо, не випускаючи при цьому з уваги дію в цілому. Для з'ясування змісту дії її слід піддати досить складній обробці. Спочатку її треба розгорнути, а потім узагальнити. *Розгорнути* дію – означає показати всі її операції у взаємозв'язку. А для цього потрібно розділити дію на операції такої величини, щоб учень після відповідних роз'яснень вчителя міг самостійно простежити та повторити кожен з них. Для *узагальнення* дії необхідно виокремити з багатьох властивостей її об'єкта саме ті, які тільки і потрібні для виконання дії.

Припустимо, що учні вже володіють сформованою у такий спосіб системою узагальнених експериментальних умінь, серед яких, як правило, виділяють такі: формування мети дослідження; планування експерименту; підготовка експериментальної установки; проведення вимірювань; обробка

результатів експерименту. Чи означатиме це, що учні тепер можуть успішно розв'язувати будь-яку експериментальну задачу?

Як показує досвід, досить часто навіть ті учні, які навчаються у профільних фізико-математичних класах та володіють уміннями, потрібними на різних етапах експериментальної діяльності, не завжди можуть “ухопити” ідею розв'язку певної експериментальної задачі. Це пояснюється тим, що більшість експериментальних задач відноситься до категорії *творчих*. Вимоги, які сформульовані в умовах таких задач, виконуються на основі фізичних законів, але при цьому відсутні прямі або посередні вказівки на ті фізичні явища, законами яких можна скористатися для розв'язування задачі. Зрозуміло, що такі задачі не мають готового алгоритму розв'язування і досить часто передбачають декілька можливих способів розв'язування. Якщо образно порівняти задачу та її розв'язок з берегами річки, то спроба одразу ж указати вірний спосіб розв'язування – всеодно, що спроба перестрибнути з одного берега на інший. При цьому відповідні прийоми можна порівняти з мостом.

Розглянемо далі прийоми розумової діяльності, які саме і повинні утворити “міст” між задачею та її розв'язком.

Узагальнені прийоми розумової діяльності розділяють на дві групи – алгоритмічного типу та евристичного типу [130, с. 7]. Перші – це прийоми правильного мислення, яке повністю відповідає законам формальної логіки, наприклад, алгоритми розв'язування типових задач, правило конструювання визначення поняття з урахуванням родових та видових відмінностей, правила-орієнтири, класифікації тощо. Треба зазначити, що формування прийомів алгоритмічного типу – необхідна, але недостатня умова розвитку мислення. *Необхідна* тому, що сприяє удосконаленню репродуктивного мислення, яке є важливою компонентою творчої діяльності (зокрема, розв'язування експериментальних задач). Крім того, ці прийоми слугують тим фондом знань, на основі яких учень може розв'язувати нові для нього задачі, засвоювати більш складні прийоми розумової діяльності. Вона *недостатня* тому, що алгоритмічна діяльність не вичерпує творчого мислення. Розв'язування задач

лише на основі алгоритмів формує установку на дії за готовими зразками, скоує пошук межами вже відомих прийомів та створює “бар’єр минулого досвіду”.

Евристичні прийоми стимулюють пошук розв’язання нових проблем, відкриття нових для учня знань, спрямовують думку на проникнення до суті, підключають до процесу міркування наочно-образне мислення. До евристичних прийомів відносяться: виділення головного, суттєвого у матеріалі, узагальнення, порівняння, конкретизація, абстрагування, різні види аналізу, аналогія, прийоми кодування тощо.

Зазначимо, що у науково-методичній літературі вже з’являються публікації щодо формування в учнів експериментальних умінь, що базуються на прийомах алгоритмічного типу (відповідні приклади наводилися у підрозділі 1.4). Проте завдання формування в учнів евристичних прийомів, потрібних саме для розв’язування експериментальних задач, є менш розробленим, тому воно потребує детального вивчення.

Одним з необхідних елементів процесу формулювання і розв’язування експериментальних задач, є *висування гіпотез* про існування зв’язків між фізичними явищами, величинами, що характеризують фізичний об’єкт, а також їх теоретичне обґрунтування. Частинним випадком цього процесу можна вважати *висування та обґрунтування ідей можливих способів* розв’язування експериментальних задач. Останнє має місце, наприклад, при необхідності проведення вимірювань фізичних величин, при розробці конструкцій експериментальних установок, при відтворенні певного фізичного явища або ефекту, про які йдеться в умові експериментальної задачі тощо.

Досвід роботи автора дисертації у фізико-математичному класі (гімназія № 28 м. Запоріжжя) свідчить про те, що саме на цьому етапі в учнів виникають значні труднощі. Так, від деяких учнів, які приступили до розв’язування певної експериментальної задачі, часто можна почути або розгублену фразу: “Я не знаю з чого почати”, або прохання до вчителя чи товаришів підказати ідею розв’язування задачі. Інколи це стосується навіть тих учнів, які володіють

теоретичними знаннями, що відносяться до об'єкта дослідження експериментальної задачі, на досить непоганому рівні. З чим це пов'язано?

На наш погляд, справа у тому, що часто учні володіють знаннями *формально*. Впевнено переказуючи параграфи підручника та розв'язуючи типові задачі, вони вагаються у використанні своїх знань на практиці, у нових умовах. Проблема ще більш загострюється у випадку розв'язування експериментальних задач, більшість з яких відноситься до категорії творчих.

Проілюструємо використання деяких евристичних прийомів під час розв'язування експериментальних задач з фізики, а також вкажемо на деякі методичні особливості навчання учнів цих прийомів.

Під *аналізом* розуміють виділення у задачі всіх елементів та умов, які до неї входять. Часто під час аналізу виявляються елементи та умови задач, що є близькими до розв'язуваної. У багатьох випадках під час аналізу напрямок розв'язування знаходять відразу ж. Так, проводячи аналіз умови експериментальної задачі, у якій необхідно визначити, з якого металу виготовлено тіло (обладнання: мензурка з водою, нитка, терези з набором важків) [67, с. 9], спочатку з'ясовують яким чином взагалі можна зробити висновок щодо речовини тіла. Це можна зробити шляхом порівняння його кількісних характеристик з уже відомими табличними даними (ними можуть бути: температура плавлення чи кипіння, густина речовини, її питома теплоємність тощо). У даному випадку шляхом зважування можна визначити масу тіла, а за допомогою мензурки – його об'єм, а потім за відповідною формулою можна обчислити густину тіла та порівняти одержане значення з табличними даними густин твердих тіл.

Аналогія як один з евристичних прийомів розв'язування задач у науці і техніці базується на виявленні подібностей предметів, об'єктів за якимись властивостями. Це виявлення починається з порівняння умови конкретної задачі з уже відомими явищами, закономірностями та встановлення подібностей та відмінностей між елементами об'єктів, що розглядаються. Наприклад, у ході розв'язування експериментальної задачі про знаходження

періоду вертикальних коливань ареометра у рідині використовується аналогія з періодом коливань пружинного маятника.

“Спіймати” ідею підходу до розв’язання експериментальних задач за допомогою аналізу та аналогії не завжди вдається. Причиною цього у деяких випадках є наявність *психологічного бар’єру*, що обумовлений інерцією мислення та притаманний майже всім людям. Наявність в учнів такого психологічного бар’єру під час розв’язування експериментальних задач простежується, наприклад, у ситуаціях, коли ідея розв’язання базується на використанні “прихованих” властивостей та можливостей досліджуваного фізичного об’єкта або на необхідності нетрадиційного використання вказаних в умові задачі обладнання та матеріалів.

Психологічний бар’єр виникає, наприклад, під час розв’язування відносно простої задачі про визначення густини пластиліну (обладнання: шматок пластиліну, мензурка з водою). У процесі розв’язування цієї задачі для знаходження маси шматка пластиліну учні повинні виліпити з нього “човник” (використання “прихованих” властивостей досліджуваного об’єкта), який би тримався на поверхні води.

Нетрадиційне ж використання обладнання та матеріалів має місце, наприклад, під час розв’язування експериментальної задачі про знаходження діаметра тонкого дроту за допомогою олівця та шкільного зошита “у клітинку”.

Для *синтезу* характерним є зіставлення всієї сукупності ознак, що виявлені під час аналізу, аналогії, подолання психологічного бар’єру, а також ідей розв’язування вже знайомих задач. За допомогою синтезу здійснюється свого роду “складання” різних ознак таким чином, щоб отримана сума була близька до розв’язку, що задовольняє умові задачі. Як приклад розглянемо експериментальну задачу, яка пропонувалася на обласному турі (Дніпропетровська область) Всеукраїнської олімпіади з фізики.

У півлітровій банці, яка частково заповнена водою, у повністю зануреному стані знаходиться медична баночка. Медична баночка перевернута і утримує бульбашку повітря. Не замочивши рук і не виймаючи з води медичну баночку,

визначити її масу (обладнання: півлітрова банка з водою, медична баночка, алюмінієвий дріт в поліхлорвініловій трубці, вимірювальна лінійка, дерев'яний брусок).

Ідея розв'язання цієї задачі базується на синтезі ознак, що виявлені під час аналізу, аналогій та подолання психологічного бар'єру умови задачі. Аналіз умови, зокрема вказаного обладнання, дозволяє зробити висновок, що розв'язання повинне ґрунтуватися на використанні умови плавання медичної баночки, адже у цьому випадку шукана величина (маса баночки m) пов'язується з тією величиною, яку можна встановити шляхом простих вимірювань (у даному випадку це об'єм повітря V у баночці) за допомогою рівняння

$$mg = \rho_{\text{в}} \left(V + \frac{m}{\rho_{\text{с}}} \right) g,$$

де $\rho_{\text{в}}$, $\rho_{\text{с}}$ – густини води та скла відповідно (вони вважаються відомими).

Ухопити ідею, що скляна баночка може знаходитися у стані рівноваги біля поверхні води, можна, провівши аналогію з плаванням уже розглядуваного нами пластилінового “човника” чи інших тіл, зроблених з матеріалів, густина яких більша за густину води. До цієї ж ідеї підштовхує виявлена у ході аналізу умови задачі авторська підказка – медична баночка утримує бульбашку повітря. Але як збільшити об'єм цієї бульбашки, не замочивши рук? У цій ситуації і має спрацювати прийом подолання психологічного бар'єру, який у даному випадку зводиться до нетрадиційного використання обладнання, вказаного в умові задачі. Дійсно, скориставшись ще однією авторською підказкою (алюмінієвий дріт у поліхлорвініловій трубці), можна зняти ізоляційну трубку з дроту та впускати по ній повітря у баночку, попередньо нахиливши її дротом.

Бачимо, що розв'язання цієї задачі потребує неабиякої кмітливості та наполегливості. *Що ж можна запропонувати для успішного розвитку в учнів уміння висувати ідеї можливих способів розв'язування експериментальних задач?*

Формування в учнів “банку ідей”. Одним з необхідних елементів успішного використання учнями розглянутих нами евристичних прийомів (зокрема на етапі висування ідей можливих способів розв’язування експериментальних задач) є сформованість у них певного “банку ідей” – упорядкованої системи можливих способів розв’язування експериментальних задач. *Чим пояснюється така необхідність?*

У першу чергу, це пов’язане з особливостями мислення. Учень безперервно нагромаджує інформацію, при цьому він не відчуває цього нагромадження, воно протікає немов би незалежно від нього. Ця інформація не лише нагромаджується, але й постійно обробляється, оцінюється доцільність її використання для розв’язуваної у даний момент задачі. Коли ж ідею розв’язання знайдено (здається, що сяйнула думка), то часто говорять, що допомогла інтуїція. Насправді ж ідея розв’язання є, окрім іншого, результатом обробки великого обсягу інформації. *Як формувати банк ідей, про який ідеться?*

Досвід показав, що ефективним способом для цього виступає розв’язування спеціальної системи завдань – цікавих експериментальних задач, що потребують від учнів відповіді на запитання “як зробити?”, “як визначити?” тощо (відповідні методичні рекомендації висвітлювалися нами у [10]). Систему таких завдань доцільно відповідним чином впорядковувати. Для цього задачі слід підбирати за певною ознакою. Наприклад, зручною є систематизація за *фізичними величинами*, що потребують визначення у задачах.

З метою зменшення витрат часу відбір цікавих задач (з можливими розв’язками) вчитель може доручати дітям. Для цього учні, кожен окремо або у малих групах (два-три учні), за власним бажанням вибирають напрямки пошуку. При цьому кількість таких напрямків не повинна бути надто великою. Оптимальна їх кількість, як правило, не перевищує трьох. Приклади цікавих задач можна знайти, наприклад, у збірниках, наведених нами у вступній частині дисертації. Проте особливе значення для учня відіграють саме ті задачі (або розв’язки), що були придумані безпосередньо ним самим.

Цінним методичним прийомом є організація змагань між окремими групами (або між учнями), що займаються підбором задач. Серед критеріїв, за якими визначатимуться переможці є кількість запропонованих учнями задач та знайдених розв'язків до кожної з них, наявність об'єктивно нових задач та оригінальних (винайдених самими учнями) способів розв'язання тощо. Подібні заходи мають неабияку заохочувальну дію (мотивують до роботи навіть тих учнів, які не виявляють особливого зацікавлення до фізики). За таких умов формування у старшокласників розглядуваного банку ідей протікає значно ефективніше.

Як приклад цікавих задач, спрямованих на формування в учнів відповідного “банку ідей”, наведемо тут такі, що пов'язані з визначенням певних фізичних величин.

Визначення лінійних розмірів тіл.

а) як визначити діаметр дроту, з якого виготовлено реостат, за допомогою зошита “у клітинку”?

б) як визначити діаметр футбольного м'яча за допомогою дерев'яної лінійки?

в) як визначити площу стола за допомогою математичного маятника та секундоміра?

Визначення коефіцієнта тертя.

а) як визначити коефіцієнт тертя між частинками сипкої речовини (пісок, сіль) за допомогою двох лінійок?

б) як за допомогою лінійки визначити коефіцієнт тертя дерев'яного бруска по поверхні дерев'яної дошки?

в) як визначити коефіцієнт тертя монети по дерев'яній дошці, маючи лише транспорир?

Визначення тиску.

а) як за допомогою циліндричної посудини з водою та лінійки визначити тиск всередині перегорілої лампи розжарювання?

б) як визначити тиск всередині тієї ж лампи за допомогою посудини з водою та важків?

в) як визначити тиск у футбольному м'ячі за допомогою терезів, важків та лінійки?

Отже, важливим завданням вчителя є організація та ефективне керування діяльністю старшокласників щодо складання та розв'язування цікавих експериментальних задач. Це сприятиме навчанню учнів висування ідей можливих способів розв'язування експериментальних задач, що у свою чергу є однією з необхідних умов успішності розвитку складного вміння формулювати і розв'язувати експериментальні задачі у процесі винахідницької діяльності.

Розв'язування учнями тренувальних винахідницьких задач. Успішному розвитку в учнів уміння висувати ідеї можливих способів розв'язування експериментальних задач сприяють також *тренувальні винахідницькі задачі*. Чим вони відрізняються від “звичайних” винахідницьких задач?

Нагадаємо, що під *винахідницькими задачами* розуміють такі, в результаті технічного розв'язання яких одержується новий *продукт* або *спосіб* досягнення корисного ефекту. Однак робота зі “звичайними” винахідницькими задачами має свої труднощі. Це пояснюється у першу чергу тим, що навчальний процес з фізики досить слабо забезпечений такими задачами. Крім цього мають місце випадки, коли винахідницькі задачі, взяті зі спеціальної літератури (наприклад, з науково-популярних журналів “Винахідник і раціоналізатор” та “Юний технік”), виявляються недостатньо адаптованими для їх використання у навчальному процесі з фізики, бо вони в основному складені на матеріалі, який не завжди є зрозумілим для учнів. Тому під час ознайомлення з умовою задачі або з її розв'язком, який як правило представлений у вигляді конкретного винаходу, виникає потреба додаткового розгляду незнайомих для учнів специфічних термінів, пов'язаних з певною галуззю техніки.

Розглянемо для прикладу таку винахідницьку задачу (її взято з книги, що розрахована на юних винахідників і раціоналізаторів, насамперед на школярів).

Звичайно витрата палива лабіринтного насоса змінюється або швидкістю, або засувками та вентилями на напірному трубопроводі, що пов'язане з неекономічними витратами енергії на подолання опору для проходження палива у засувці. Запропонуйте більш економічний спосіб зміни витрати палива лабіринтного насоса.

Розв'язок цієї задачі представлено у вигляді авторського свідоцтва № 275751: “Регульований лабіринтний насос, що містить статор і ротор, який відрізняється тим, що з метою регулювання витрати палива насосом за допомогою зміни температури статор і ротор виконані з матеріалів з різними коефіцієнтами теплового розширення”.

У даному випадку, не дивлячись на простий та витончений розв'язок (при зміні температури діаметри статора і ротора насоса змінюються неоднаково, тому змінюється величина зазору між ними, а отже і витрата палива), його розгляду повинне передувати з'ясування конструкції та призначення маловідомих для учнів технічних деталей (засувка, вентиль, лабіринтний насос, ротор, статор тощо), наведених в умові задачі.

У педагогічній практиці вчителю слід використовувати не лише вже відомі (зокрема вже опубліковані у відповідній літературі) винахідницькі задачі, але також задачі, які формулюють (а потім і розв'язують) безпосередньо учні. Заохочення учнів до формулювання власних винахідницьких задач є важливим завданням учителя. Наведемо для прикладу одну з таких задач.

“Стабілізація частоти обертання вітроподвигуна”. *Однією з головних проблем вітроенергетичних установок є необхідність у стабілізації частоти обертання вітроподвигуна, адже швидкість вітру постійно змінюється. Вже відомі механізми стабілізації, принцип дії яких базується на автоматичній зміні міделя лопаті при зміні швидкості вітру. Проте недоліками таких механізмів є відносно велика інерційність регулювання; зниження коефіцієнту використання енергії вітрового потоку при швидкостях вітру більших за номінальне значення (≈ 8 м/с); неможливість використання даного регулювання у випадку вітроподвигунів з вертикальною віссю обертання. Запропонуйте власну*

конструкцію механізму (або спосіб) регулювання частоти обертання вітрогенератора, який був би позбавлений хоча б деяких з цих недоліків.

Учнями експериментальної групи знайдено чотири оригінальні розв'язки цієї задачі (детальніше про організацію та досвід роботи експериментальної групи йдеться у третьому розділі дисертації). На запропоновані технічні рішення учнями було оформлено заявки на видачу патентів на передбачувані винаходи, які було подано до Державного департаменту інтелектуальної власності України. Всі вони отримали статус патентів України [140; 143; 147; 148]. Наведемо для прикладу один з таких розв'язків (рис. 2.6).

Формула винаходу: *спосіб керування механізмом регулювання частоти обертання вітрогенератора, який полягає у здійсненні регулювання частоти обертання вітрогенератора зміною електричного навантаження електрогенератора змінного струму, який відрізняється тим, що регулювання частоти обертання вітрогенератора здійснюють постійною подачею напруги, яка виробляється електрогенератором змінного струму, через керувальний пристрій на симистор, який автоматично керує часом роботи електричного навантаження* (патент України № 16959 U).

У нашій практиці деякі сформульовані учнями винахідницькі задачі, одну з яких ми тут навели, були також направлені для використання на Всеукраїнський турнір юних винахідників і раціоналізаторів. Зазначимо, що вчителям, які використовують елементи винахідницької діяльності при навчанні фізики, цю можливість слід використовувати як дієвий методичний прийом, що має значну заохочувальну силу для залучення учнів до формулювання винахідницьких



Рис. 2.6. Діюча модель механізму регулювання частоти обертання вітрогенератора (патент України №16959 U)

задач.

Однак винахідницькі задачі, як правило, потребують для свого розгляду (вивчення або формулювання умови задачі з подальшим її розв'язуванням) досить багато часу. Більш того, часто розв'язки деяких з них перетворюються у справжні науково-дослідницькі роботи, які учні потім можуть представляти на конференціях МАН та інших конкурсах. Тому використання у навчальному процесі з фізики “звичайних” винахідницьких задач виявляється можливим насамперед у позаурочній роботі (наприклад, під час факультативних або гурткових занять з фізики). Як можна досягти більшої зручності при використанні винахідницьких задач?

Звичайно під час розв'язування вихідної (складної) винахідницької задачі доводиться мимохідь стикатися з більш простими винахідницькими задачами. Ці більш прості *допоміжні* задачі спочатку треба вдало сформулювати, а потім і розв'язувати. Зрозуміло, що від цього буде залежати і успішність розв'язування вихідної (складної) задачі в цілому.

Зазначимо, що зважаючи на відносну незалежність (від вихідної винахідницької задачі) та короткотривалість допоміжних задач, про які йдеться, їх можна цілеспрямовано відбирати, накопичувати з метою подальшого використання у навчальній діяльності саме як *тренувальні* винахідницькі задачі [13].

Термін “*тренувальні*” винахідницькі задачі нами використовується з метою підкреслити те, що:

по-перше, їхній розв'язок не обов'язково повинен відповідати всім критеріям новизни, які висувають до справжніх винаходів, тобто дійсно новим він може бути тільки для учня (суб'єктивна новизна);

по-друге, корисний ефект, що досягається від використання запропонованого розв'язку, може мати умовний характер (наприклад, розв'язок тренувальної задачі може стати у пригоді при розв'язуванні деякої справжньої винахідницької задачі).

Види тренувальних винахідницьких задач. За своїм змістом тренувальні винахідницькі задачі можуть бути сформульованими у вигляді певної вимоги. Не маючи на меті робити чітку класифікацію таких задач, зазначимо, що у них може пропонуватися, наприклад, таке:

- знайти можливі у даній ситуації (що описана в умові задачі) способи вимірювання певної фізичної величини;
- відтворити фізичне явище або продемонструвати дію фізичного ефекту;
- запропонувати або удосконалити нескладний прилад;
- вказати способи виконання певної дії тощо.

Однією з характерних особливостей всіх наведених типів тренувальних винахідницьких задач є те, що одну й ту ж саму задачу можна розв'язувати різними способами. Саме ця обставина є досить привабливою для використання таких задач для розвитку в учнів уміння висувати ідеї можливих способів розв'язування експериментальних задач, а також уміння теоретично обґрунтовувати ці ідеї (зокрема оцінювати їхню дієвість). Далі коротко зупинимось на кожному з наведених типів тренувальних винахідницьких задач, про які йде мова.

1. Задачі, у яких потрібно запропонувати можливі способи вимірювання певної фізичної величини. Для прикладу наведемо таку задачу.

Запропонувати можливі способи вимірювання швидкості дробинки, яка вилітає з пружинного пістолета.

Розглянемо деякі ідеї способів розв'язування цієї задачі, які можуть запропонувати учні:

а) можна безпосередньо виміряти час τ та дальність l польоту дробинки при горизонтальному пострілі. Тоді швидкість її вильоту з пістолета можна визначити як

$$v_0 = \frac{l}{\tau};$$

б) можна виміряти дальність польоту l дробинки при пострілі під деяким відомим наперед кутом α (наприклад, $\alpha = 45^\circ$). У цьому випадку

$$v_0 = \sqrt{\frac{lg}{\sin 2\alpha}},$$

де g – прискорення вільного падіння;

в) виміряти швидкість дробинки можна також із застосуванням балістичного маятника, яким у даному випадку може виступати закріплений на подвійному підвісі пінопластовий брусок із глухим отвором-захоплювачем. При центральному непружному зіткненні дробинки із таким бруском обидва тіла отримують швидкість, яку можна визначити за даними експерименту

$$v = \sqrt{2gl(1 - \cos\alpha)}, \quad (2.1)$$

де l – відстань між лінією закріплення маятника та центром кулі;

α – кут відхилення маятника від вертикалі.

З іншого ж боку, для непружного удару можна дістати швидкість дробинки v_0 перед ударом як

$$v_0 = \frac{m+M}{m} v,$$

де m , M - маси дробинки та пінопластового бруска відповідно;

г) якщо ж зробити постріл у горизонтальному напрямі з пістолета (масою M), який підвішено, та знайти його швидкість v після пострілу за формулою (2.1), то швидкість дробинки (масою m), очевидно, можна знайти як

$$v_0 = \frac{M}{m} v;$$

д) ще один спосіб вимірювання шуканої швидкості передбачає використання закону збереження механічної енергії, математичний запис якого у даному випадку має вигляд:

$$\frac{kx^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2},$$

де k – жорсткість пружини пістолета;

x – величина деформації пружини перед пострілом.

Звідки

$$v_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}x.$$

Окрім наведених розв'язків ця задача має також інші. Зазначимо, що деякі приклади задач, що містять вимогу запропонувати способи вимірювання певних величин, можна знайти у навчальних посібниках та збірниках, наведених у підрозділі 1.5.

2. Задачі, у яких потрібно відтворити фізичне явище або продемонструвати дію фізичного ефекту. Тут слід окремо наголосити на важливості вимоги не лише вказати як відтворити певне явище (або ефект), а і безпосередньо провести експеримент. Останнє пов'язане не тільки з тим, що це сприяє розвитку в учня моторних умінь та навичок, необхідних для дослідницької діяльності. Під час самостійного проведення експерименту, намагаючись перевірити конкретну гіпотезу, учні (а іноді навіть досвідчені дослідники) стикаються з *неврахованими* ними (або такими, що нехтувалися) явищами. З історії фізики відомо багато прикладів, коли саме *випадкові та несподівані* спостереження призводили до нових знань та відкрить.

Як приклад тренувальних задач указанного типу розглянемо таку.

Маючи посудину з водою, шматок дроту, аркуш паперу, нитки, шматок мила, продемонструйте прояви явища поверхневого натягу.

Наведемо ідеї можливих дослідів, які виступають розв'язками даної задачі:

а) виготовлена з паперу фігура може рухатися по поверхні води, якщо біля цієї фігури торкатися шматком мила;

б) з дроту можна виготовити кільце. До двох приблизно протилежних точок цього кільця прив'язати нитку (довжина нитки трохи більша за діаметр дротяного кільця). Після утворення на кільці мильної плівки та зруйнувавши її з одного боку від нитки, можна спостерігати зменшення площі плівки, що залишилася з іншого боку нитки, з утворенням цієї плівкою форми “півмісяця”;

в) проведення спостережень за плаванням пластилінових кульок відповідних розмірів на поверхні води тощо.

У випадку даної задачі обладнання, яким можна користуватися для проведення демонстрацій, наведене в умові задачі, тому у деяких випадках воно може виступати підказкою. Тому є корисними також такі задачі, у яких обладнання явно не вказується в умові, а лише пропонується відтворити певне явище (ефект). У цьому випадку учням самостійно доводиться підбирати потрібні матеріали для демонстрацій.

Зазначимо, що для відтворення великої кількості фізичних явищ та ефектів цілком достатньо простого (яке є майже завжди “під рукою”) обладнання. Використання саме “підручних” матеріалів сприяє подоланню в учнів *психологічного бар’єру*, який обумовлений психологічною інерцією мислення (зокрема це має місце, коли добре відомі учням предмети використовуються не за своїм прямим призначенням).

Крім того, використання простого обладнання дозволяє проводити експеримент (вимірювати певну фізичну величину, демонструвати фізичне явище тощо) за межами фізичної лабораторії (наприклад, вдома або під час прогулянки). Цікаві тренувальні винахідницькі задачі описаного типу можна скласти на основі дослідів, наведених у навчальних посібниках та збірниках, які подавалися у підрозділі 1.5.

Слід звернути особливу увагу на навчальну цінність тренувальних винахідницьких задач, в умові яких явно не вказується на ті фізичні явища та ефекти, які можна відтворити за допомогою наданого обладнання. Складаючи та розв’язуючи такі задачі, учні повинні самостійно “винайти” способи його застосування. А це вимагає від учнів досить напруженої мисленнєвої діяльності, адже їм доводиться тримати у полі зору та опрацьовувати одразу велику кількість відомих їм фізичних явищ та ефектів.

3. Задачі, в яких потрібно запропонувати або удосконалити нескладний прилад. Для більш чіткого уявлення про такі задачі наведемо кілька прикладів:

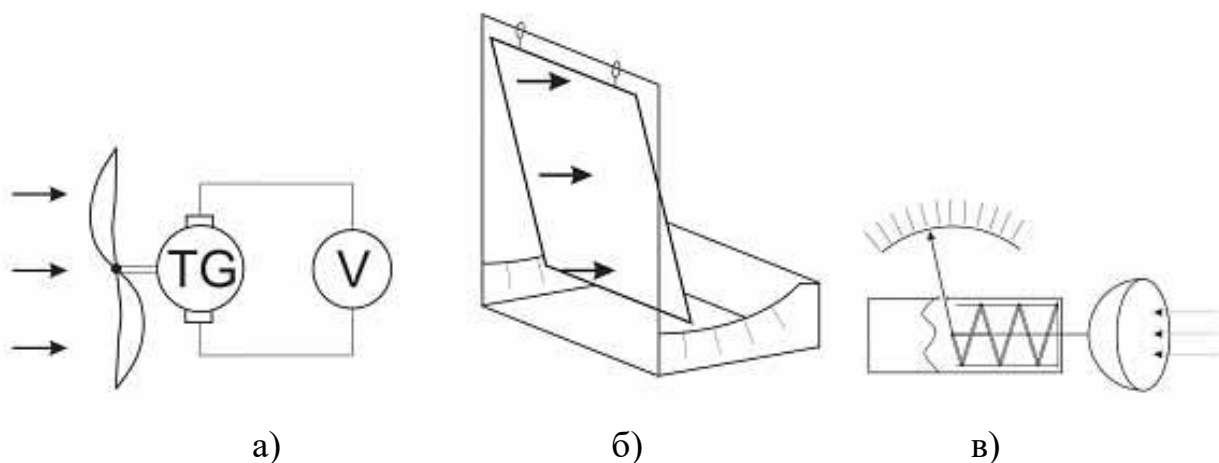
а) Сконструйте прилад, який дозволяв би визначати силу нормального тиску тіла на похилу площину при різних кутах її нахилу;

б) сконструйте прилад, який би дозволяв установлювати залежність сили лобового опору від форми тіла;

в) запропонуйте прилад для визначення швидкості вітру.

Подібні до наведених та інші приклади задач, у яких потрібно запропонувати деякі прилади або пристрої, можна знайти зокрема у підручниках та навчальних посібниках, розрахованих на юних винахідників та раціоналізаторів (їх перелік також можна знайти у підрозділі 1.5).

Що стосується останньої з наведених задач, то з нею довелося безпосередньо зіткнутися учням, які входили до експериментальної групи автора дисертації, під час їх роботи над своїми винаходами “Вітровий двигун” (патенти України № 71490А [139] та № 6010U [140]) та “Механізм регулювання частоти обертання вітродвигуна” (патент України № 16959U [147]). Розглянемо деякі з можливих розв’язків цієї задачі. На рис. 2.7 (а – д) зображено схеми приладів для вимірювання швидкості вітру (такі прилади називаються анемометрами).



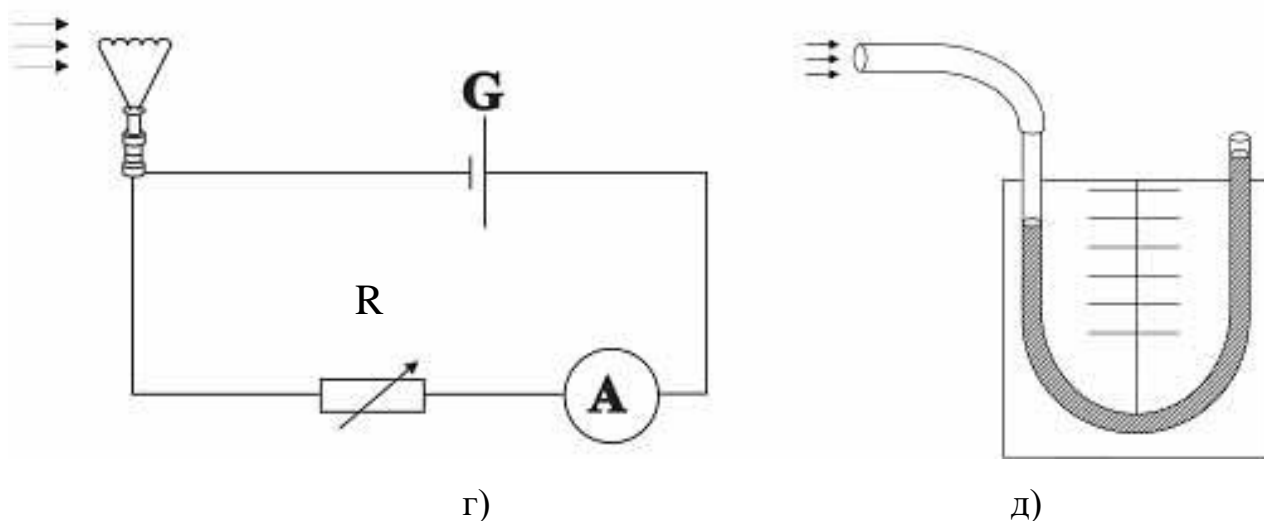


Рис. 2.7. Деякі схеми анемометрів

Принцип дії кожного з наведених приладів є досить зрозумілим з їхніх схем, тому обмежимося лише короткими поясненнями. В анемометрі за схемою (а) (рис. 2.7а) використовується залежність частоти обертання вітроколеса, механічно з'єднаного з валом тахогенератора ТГ. У зв'язку з тим, що індуктор тахогенератора виконується з постійних магнітів, залежність напруги тахогенератора від його частоти обертання є лінійною. Це дозволяє вимірювати частоту обертання безпосередньо за показами вольтметра, шкалу якого можна для зручності попередньо проградувати у відповідних одиницях (у нашому випадку доцільно провести тарування в одиницях швидкості вітру).

Для вимірювання швидкості вітру анемометрами за схемами (б) та (в) (рис. 2.7б, в) використовується залежність сили лобового опору F , що діє на пластинку, від швидкості вітру v ($F \sim v^2$). У схемі (б) (рис. 2.7б) кожному значенню швидкості вітру відповідає деякий кут нахилу площини пластинки до вертикалі, при якому виконується рівність моментів сил тяжіння та лобового опору, що діють на пластинку. У схемі (в) (рис. 2.7в) положення рівноваги пластинки, а отже і відповідне положення стрілки, залежатимуть від рівноваги сил лобового опору та пружності.

Схеми анемометрів (а), (б) та (в) (рис. 2.7а, б, в) є вже достатньо відомими (зокрема анемометр за схемою (б) використовується на шкільних метеорологічних майданчиках). Отже, створені учнями анемометри за такими

схемами можуть претендувати лише на суб'єктивну новизну. Проте вчитель повинен мати на увазі, що це ні в якому разі не зменшує пізнавального значення такої діяльності для учня, адже головним є не кінцевий продукт (виготовлений анемометр), а процес творчого пошуку, що призводить учня до створення цього продукту.

В анемометрі за схемою (з) (рис. 2.7Г) використовується залежність опору металевого дроту (цим дротом може виступати спіраль лампи розжарювання) від його температури. Збільшення швидкості вітру покращує умови тепловіддачі з поверхні дроту, тому його температура знизиться, що обумовить зменшення опору дроту і відповідне збільшення сили струму у колі до значення, при якому буде спостерігатися нова рівність між потоками тепла, що виділяється у дроті, та тим, що віддається у навколишнє середовище. Вимірювання швидкості вітру за схемою (д) (рис. 2.7д) відбувається за різницею рівнів рідини у колінах манометра, що обумовлюється виникненням надлишкового (по відношенню до атмосферного) тиску повітря в одному з колін за рахунок сили лобового опору.

Зрозуміло, що для використання приладів, виготовлених за наведеними схемами, їх потрібно попередньо тарувати.

4. Задачі, у яких пропонується вказати способи виконання певної дії. У ході розв'язування таких задач учням необхідно самостійно дослідити принцип дії приладу чи пристрою або запропонувати спосіб досягнення певного результату (явища, ефекту тощо), який їм демонструється. Досвід показує, що деякі задачі розглядуваного типу зручно формулювати (це може робити вчитель або ж самі учні) на матеріалі *демонстрацій* з фізики, які широко представлені у навчальній літературі (перелік відповідних збірників указано у підрозділі 1.5). Для прикладу наведемо таку задачу.

Запропонуйте спосіб демонстрації кипіння води при кімнатній температурі. Яке обладнання для цього знадобиться?

Існує кілька можливих розв'язків цієї задачі, деякі з них досить відомі, тому ми не зупинятимемося на них. Зручними для використання в якості

тренувальних винахідницьких задач можуть також виступати задачі-демонстрації. Як правило, у процесі розв'язування таких задач у явищі, що демонструється (або у тому, що описується у задачі), необхідно серед цілої низки діючих фізичних факторів виділити головний та пояснити, спираючись на це, суть фізичного експерименту.

Важливим різновидом задач розглядуваного типу виступають задачі з “чорними ящиками”, розв'язування яких потребує нестандартного підходу та сприяє глибокому розумінню фізичної суті явищ та процесів. Розглянемо тут дві з таких задач.

Розкрийте “таємницю” чорного ящика, якщо при підключенні до його вхідних клем гальванічного елемента з ЕРС 6В на вихідних клеммах виникає напруга, достатня для іскрового пробою повітряного проміжку у декілька міліметрів завтовшки.

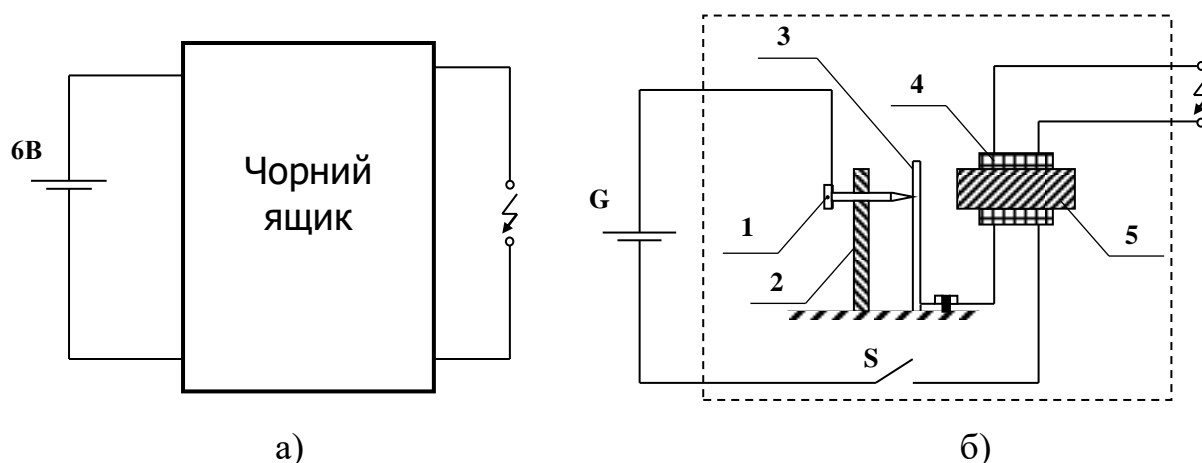


Рис. 2.8. Чорний ящик (а) та схема одного з варіантів його структури (б)

Один з розв'язків цієї задачі наведено на рисунку 2.8. Після замикання ключа S в електричному колі, утвореному джерелом живлення G, металевим гвинтом 1 (закріпленим на діелектричній опорі 2), гнучкою провідною пластинкою 3 із магнітом'якого матеріалу та обмоткою 4 електромагніта 5, з'явиться електричний струм. Це зумовить притягання пластинки 3 електромагнітом 5. При цьому електричний контакт між гвинтом 1 та

пластинкою 3 зникне, тому струм у розглядуваному електричному колі почне спадати, і при певному його значенні пластинка 3 за рахунок сили пружності знову замкне вказане електричне коло. Це знову призведе до появи і зростання струму у колі, і подальші процеси повторюватимуться. За рахунок зміни струму в обмотці 4 наводитиметься ЕРС самоіндукції, величина якої, у відповідності до закону електромагнітної індукції, пропорційна швидкості зміни цього струму.

Постановка наступної задачі супроводжується демонстрацією учням “незвичайної” лампи розжарювання, яка починає світитися не “одразу”, а лише через деякий час після замикання контакту вимикача, за допомогою якого подається напруга на чорний ящик (рис. 2.9а).

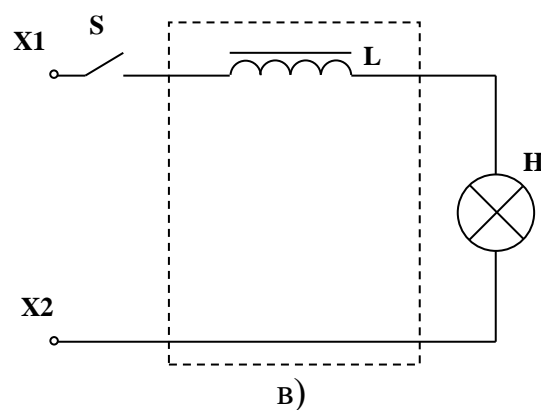
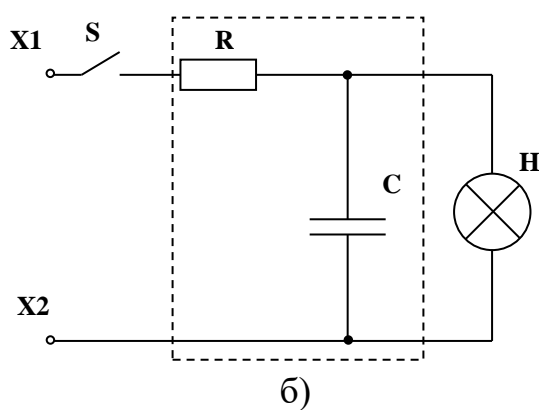
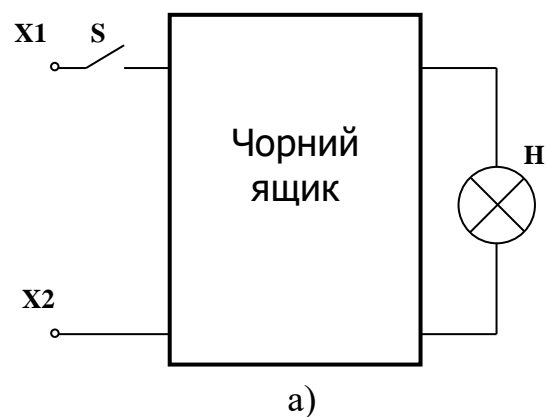


Рис. 2.9. Чорний ящик (а) до задачі з “незвичайною” лампою розжарювання та два можливих її розв’язки (б) та (в)

Наведемо тут два можливих розв’язки цього чорного ящика, сутність яких можна зрозуміти з відповідних електричних схем (які зображено на рис. 2.9б, в).

Критичне осмислення запропонованих способів розв’язування експериментальних задач. Як вже зазначалося, однією з характерних особливостей тренувальних винахідницьких задач, про які йдеться, є те, що

одну й ту ж саму задачу можна розв'язувати декількома способами (про це також свідчать наведені приклади).

Отже, поряд з навчанням учнів висування (генерування) ідей можливих способів розв'язування експериментальних задач постає не менш важливе завдання щодо формування в них уміння *критичного осмислення і обґрунтування* цих ідей.

Вказане вміння пов'язане зокрема з необхідністю виявляти суттєві переваги та недоліки ідей щодо способів розв'язування, що пропонуються з метою вибрати найдоцільніший у даній ситуації розв'язок.

Такий критичний підхід до запропонованих розв'язків дає змогу серед іншого попередньо (ще до їхньої експериментальної перевірки) побачити ті розв'язки, які можуть виявитися недієвими на практиці, що дозволить уникнути невиправданих зусиль та часу, а у деяких випадках ще й марнотратного використання матеріалів (зокрема для конструювання приладів та пристроїв).

Для більш конкретного уявлення про суть діяльності учнів, пов'язаної із критичним осмисленням і обґрунтуванням висунутих ідей щодо можливих способів розв'язування експериментальних задач, повернемося знов до задачі про вимірювання швидкості вітру. Всі наведені розв'язки (схеми анемометрів) принаймні принципово (теоретично) можуть бути використані для вимірювання швидкості вітру (рис. 2.7а – г), адже їх ідеї базуються на конкретних фізичних явищах, які безперечно матимуть місце у реальній ситуації (на практиці). Проте, не дивлячись на “зовнішню привабливість” кожного з наведених рішень, вони є нерівноцінними для практичного використання. Критичний аналіз цих розв'язків дозволяє виявити серед іншого відповідні недоліки та невраховані залежності.

Так, детально вивчаючи схему (г) (рис. 2.7г), учні помічають, що покази амперметра залежатимуть не тільки від швидкості вітру, але й від температури повітря, бо тепловіддача з поверхні тіла пропорційна різниці температур між цією поверхнею та оточуючим повітрям (для території України, наприклад, температура повітря може коливатися приблизно у межах від $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Отже, виникає необхідність оцінити вплив цієї залежності і, у разі його вагомості, знайти спосіб її врахування під час тарування приладу.

У деяких випадках виявлені під час критичного аналізу розв'язку недоліки вдається усунути і навіть отримати нові розв'язки. Цікаво зазначити, що саме такий випадок мав місце у нашій практиці під час вивчення дії запропонованого учнями експериментальної групи анемометра за схемою (д) (рис. 2.7д). Перевагою даної схеми є її простота, адже для її реалізації достатньо лише стандартного шкільного обладнання (рідинний манометр та гумова трубка). Проте аналіз принципу дії даного приладу дозволив учням передбачити його суттєвий недолік – досить малу чутливість шкали. Це можна встановити з таких оцінних міркувань.

Додатковий тиск повітря в одному з колін манометра (на рис. 2.7д це ліве коліно) обумовлений динамічним тиском повітряного потоку

$$\Delta p \sim \rho v^2,$$

де ρ – густина повітря, $\rho \approx 1,3 \text{ кг/м}^3$;

v – швидкість вітру.

Цей тиск еквівалентний гідростатичному тиску, створеним шаром рідини густиною ρ_0 , товщина h якого

$$h = \frac{\Delta p}{\rho_0 g}.$$

При швидкості вітру, наприклад, $v = 8 \text{ м/с}$ (помірний вітер) різниця рівнів води ($\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$) у колінах манометра буде $h \approx 0,008 \text{ м} = 8 \text{ мм}$.

Отже, виникла необхідність у вдосконаленні приладу (збільшенні його чутливості). З цією задачею учні можуть успішно впоратися, запропонувавши, наприклад, замінити звичайний манометр на систему двох скляних трубок, які з'єднані між собою гумовим перехідником. При цьому одне з колін такої вдосконаленої U-подібної трубки розташовується під деяким кутом α до горизонталі (як це показано на рис. 2.10). Це забезпечує певне збільшення (у n разів) чутливості пристрою при вимірюванні швидкості вітру, яке, очевидно,

можна знайти як $n = 1/\sin\alpha$. Так, при $\alpha = 30^\circ$ чутливість манометра збільшується у два рази.

Цікаво зазначити, що критичне осмислення розглянутих схем анемометрів дозволило учнями нашої експериментальної групи запропонувати вдосконалену конструкцію пристрою, новизна якого підтверджена відповідним патентом (патент України №22503 U “Рідинно-електричний анемометр”).

Слід окремо вказати на ще одну цінну з педагогічної точки зору особливість використання тренувальних винахідницьких задач. Справа у тому, що такі задачі можна успішно використовувати як завдання для домашньої роботи учнів, під час якої кожен учень зможе приділити їй стільки часу, скільки він вважає за потрібне.



Рис. 2.10. Схема удосконаленого рідинного анемометра

Нами помічено, що такі задачі з інтересом розв’язують вдома навіть ті учні, які зазвичай на уроках не демонструють особливого зацікавлення до вивчення фізики (і тому, як правило, мають досить низьку успішність з цього предмета). На нашу думку, це головним чином пов’язане з нестандартністю цих задач, а також з тим, що вони мають декілька розв’язків. Викликає непідробний інтерес в учнів до розв’язування тренувальних винахідницьких задач (або принаймні до вивчення їх розв’язків) також те, що розв’язки деяких задач супроводжуються “живими” моделями приладів або пристроїв, а також демонстраціями фізичних явищ та ефектів.

Зазначимо, що за структурою розв’язування тренувальних задач може бути багаторівневим. Наприклад, перший рівень може передбачати розв’язування

задачі у загальному вигляді – необхідно лише запропонувати (на “папері”) конструкцію або принцип дії приладу (або пристрою); запропонувати (у вигляді висловленої ідеї) спосіб виконання певної дії тощо. Тобто на першому рівні задача розв’язується якісно.

Більш глибоке розв’язування задачі (другий, кількісний рівень) треба пов’язати із виконанням старшокласниками відповідних розрахунків (принаймні оцінних), що потрібні для обґрунтування запропонованої на якісному рівні ідеї розв’язку задачі.

Подальше розв’язування задачі (третій, експериментальний рівень) може передбачати виготовлення учнями розроблених ними моделей приладів або пристроїв та їхнє випробування на практиці; проведення відповідних демонстрацій фізичних явищ та ефектів тощо.

Доцільність саме такого – *рівневого* – підходу до розв’язування тренувальних винахідницьких задач полягає у зручності їх використання не лише у позаурочній роботі (на гурткових заняттях), але і на заняттях з фізики різних видів.

Отже, розв’язування учнями *тренувальних* винахідницьких задач та засвоєння ними певного “*банку ідей*” (упорядкованої системи розв’язків експериментальних задач) сприятимуть успішному навчанню *висування та обґрунтування можливих способів* розв’язування експериментальних задач.

2.2.3. Математичне забезпечення процесу розв’язування експериментальних задач

Нагадаємо, що у підрозділі 1.4 нами вже наголошувалося на важливості цілеспрямованої *математичної* підготовки учнів до розв’язування експериментальних задач. Вона повинна передбачати, серед іншого, навчання їх методів наближених обчислень, побудови та перетворення графіків, чисельних методів, оцінки похибок результатів вимірювань, висування та

перевірки гіпотез щодо вигляду аналітичних залежностей між досліджуваними величинами тощо.

Зазначимо також, що вивчення відповідного математичного апарату на уроках математики не є достатньою умовою сформованості в учнів уміння користуватися ним у процесі розв'язування експериментальних задач. Підтвердженням цього є проведений автором дисертації констатуючий експеримент, метою якого було дослідження рівня відповідності у використанні учнями математичних знань під час розв'язування суто математичних і відповідних їм фізичних завдань з експериментальним змістом (постановка та результати дослідження опубліковані у [5]). Розглянемо його докладніше.

У ході педагогічного експерименту перевірялася робоча гіпотеза:

H₀: Не існує суттєвих розбіжностей у результатах виконання учнями експериментальних завдань і відповідних їм математичних аналогів.

Досвід автора свідчить, що досить часто учні під час розв'язування експериментальних задач, виконання фронтальних лабораторних робіт та робіт фізичного практикуму, обробляючи результати фізичного експерименту (зокрема, обчислюючи необхідні величини при посередніх вимірюваннях, будуючи графіки, оцінюючи похибки вимірювання тощо), не помічають тих самих математичних дій, які вони досить успішно виконували на уроках математики. І це стосується навіть тих учнів, які навчаються у класах, де фізика є профільюючим предметом. Це дозволило обґрунтовано припустити існування проблеми переносу учнями математичних знань на галузь експериментальної роботи з фізики. Наведене припущення підсилюється також результатами подібного дослідження (А.М. Андрєєв, О.А. Марченко [19]), проведеного серед студентів фізичного факультету Запорізького національного університету (докладно про суть та результати цього дослідження йшлося у підрозділі 1.4). Отже, альтернативна гіпотеза була сформульована наступним чином:

H₁: Існує розбіжність у результатах виконання учнями експериментальних завдань і відповідних їм математичних аналогів (перші виконуються гірше, ніж останні).

Як засіб перевірки висунутої робочої гіпотези виступили спеціальні контрольні завдання. За своєю метою вони поділялися на дві частини. Перша частина являла собою систему експериментальних завдань (завдання з “фізичною” формою запису), метою яких була перевірка рівня сформованості окремого експериментального вміння, що відносилось до математичної обробки експериментальних даних. Друга частина складалася із суто математичних завдань (завдання з “математичною” формою запису), але таких, що побудовані на математичному матеріалі, який використовувався у першій частині. Отже, обидві частини контрольних завдань відрізнялися між собою тільки за зовнішніми ознаками (у завданнях з “фізичною” формою запису використовувалися традиційні фізичні позначення і описували ці завдання реальні фізичні ситуації), за своїм же математичним змістом вони були еквівалентними.

Для педагогічного експерименту були вибрані такі три лабораторні роботи фізичного практикуму: “Дослідження залежності опору металів від температури”, “Вимірювання прискорення вільного падіння”, “Вивчення закону Ома для замкненого кола”. На основі цих робіт і були складені завдання, у кожному з яких присутня таблиця експериментальних значень тих чи інших фізичних величин. Користуючись цією таблицею, учням необхідно було самостійно знайти, наприклад, внутрішній опір джерела струму, опір дроту при певній температурі (значення якої відсутнє у таблиці експериментальних даних) тощо.

Дані, на основі яких були складені завдання з “фізичною формою запису”, відповідали реальним вимірюванням. Нижче наведені завдання, що саме й використовувалися для перевірки рівня сформованості в учнів перенесення математичних знань на експериментальну діяльність.

Завдання виконували 31 учень десятого фізико-математичного класу (гімназія № 28 м. Запоріжжя). Спочатку їм були запропоновані завдання з “математичною” формою запису, а потім з “фізичною”.

“Фізична форма запису”

1. Експериментальна залежність опору дроту R від температури t подана в таблиці:

Опір $R, \text{ Ом}$	3,6	3,8	4,0	4,3	4,5	4,9
Т-ра $t, \text{ }^\circ\text{C}$	10	20	40	60	80	100

Необхідно:

а) побудувати графік залежності опору R дроту від його температури t ;

За графіком установити:

б) опір дроту при $0 \text{ }^\circ\text{C}$;

в) температуру, при якій опір дроту становить $4,1 \text{ Ом}$;

г) температуру, при якій дріт буде мати опір $6,0 \text{ Ом}$.

2. Під час спостережень за вільними коливаннями сталеві кульки, підвішеної на легкій нерозтяжній нитці, була встановлена залежність між періодом коливань та довжиною маятника (див. табл.):

Довжина маятника $l, \text{ м}$	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2
Період коливань $T, \text{ с}$	0,9	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2

“Математична форма запису”

1. Залежність функції y від аргументу x подано в таблиці:

y	2	4	6	8	10
x	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5

Необхідно:

а) побудувати графік функції $y(x)$;

Установити за графіком:

б) значення y при $x = 0$;

в) значення аргументу x , коли $y = 7$;

г) значення x , коли $y = 13$.

2. Залежність y від x подана в табличній формі:

x	1	2	3	4	5	6
y	0,5	2	4,5	8	12,5	18

За цими даними побудувати графік залежності $l(T^2)$ та знайти графічним способом прискорення вільного падіння g , припустивши, що систему можна вважати математичним маятником (для якого

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}).$$

3. Експериментальна залежність падіння напруги U на ділянці нерозгалуженого кола від сили струму I в ньому подана в таблиці:

Сила струму I, A	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Падіння напруги U, B	7,4	6,4	5,6	4,7	3,5

За цими даними знайти:

- значення ЕРС джерела струму;
- внутрішній опір джерела;
- значення струму короткого замикання (у цьому випадку опір R ділянки кола дорівнює нулю);

Вказівки: аналітична залежність між U та I має вигляд $U = E - Ir$, де E , r - ЕРС та внутрішній опір джерела струму відповідно.

Побудувати графік залежності функції y від квадрата аргументу x^2 ($y=f(x^2)$). Знайти тангенс кута нахилу графіка з додатним напрямом вісі x .

3. Функція $y=kx+b$ задана в табличній формі:

x	2,5	5,0	7,5	10,0
y	4,0	3,0	2,0	1,0

Знайти:

- коефіцієнт b ;
- кутовий коефіцієнт прямої k ;
- значення x при $y=0$.

Результати виконання цих завдань учнями подані на рис. 2.11, де кожному завданню відповідають для порівняння два стовпчики діаграми, що побудовані за кількістю учнів, які правильно його виконали. Пунктирною лінією на рис. 2.11 позначено межу максимально можливого результату (що відповідає випадку правильного виконання завдань усіма 31-м учнем, які брали участь в експерименті). Таке зіставлення результатів дозволяє виявляти ті завдання, що були для учнів найбільш важкими у плані переносу знань, і на які треба звернути особливу увагу вчителів для наступного їх відпрацювання з учнями.

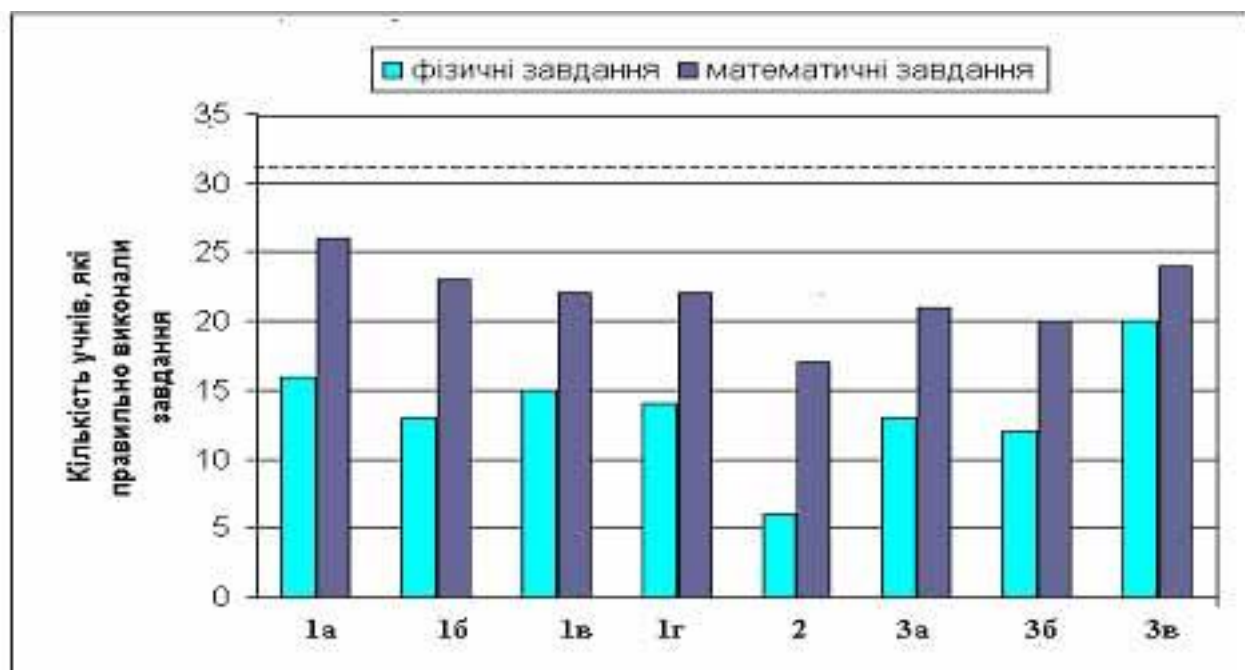


Рис. 2.11. Загальні результати виконання учнями завдань, пов'язаних з обробкою експериментальних даних

Результати виконання обох типів завдань кожного учня наведені на рис. 2.12. За допомогою такого представлення результатів можна отримати інформацію про рівень сформованості переносу знань конкретного учня.

Різниця між результатами виконання учнями “фізичних” і “математичних” завдань є досить помітною. З рис. 2.12 видно, що майже завжди більш високим результатам виконання завдань з “математичною” формою запису відповідають більш високі результати виконання завдань з “фізичною” формою. Однак при цьому майже кожен учень впорався з останніми гірше ніж, з першими.

Обробка отриманих даних педагогічного експерименту з використанням критерію Вілкоксона (одного з непараметричних методів математичної статистики) для виявлення значущості невідповідності у результатах виконання обох видів завдань дозволила відхилити (на рівні значущості $\alpha=0,05$) робочу та прийняти альтернативну гіпотезу про існування розбіжностей в результатах виконання учнями експериментальних завдань з фізики та відповідних їм математичних аналогів – перші виконуються гірше, ніж останні.

Зрозуміло, що з урахуванням проблеми переносу учнями математичних знань на галузь експериментальної роботи з фізики, зокрема розв'язування експериментальних задач, а також неузгодженості навчальних програм з фізики та математики (про це вже йшлося у підрозділі 1.4), ознайомлення з відповідним математичним апаратом на уроках математики не є достатньою умовою сформованості в учнів умінь користуватися ним під час розв'язування експериментальних задач. Потрібна *цілеспрямована підготовка*, яка повинна передбачати, крім іншого, навчання методів наближених обчислень, оцінки похибок результатів вимірювань, висування та перевірки гіпотез, побудови графіків залежностей між досліджуваними величинами, а також використання графічного способу знаходження шуканих величин тощо.

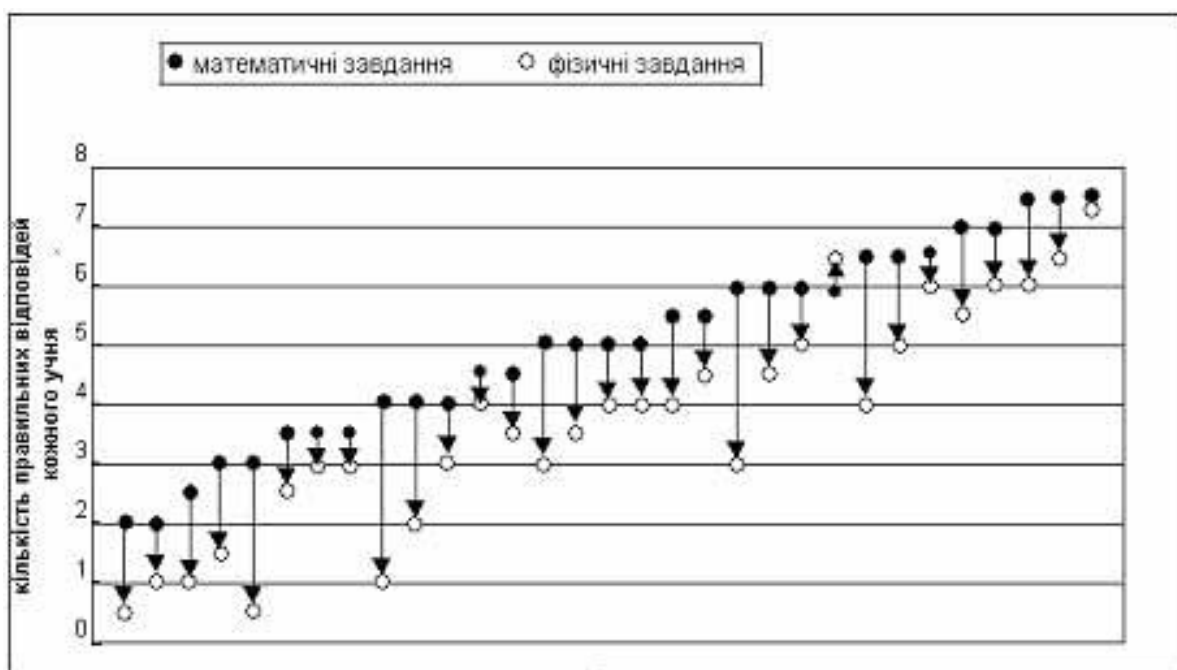


Рис. 2.12. Співставлення результатів виконання учнями завдань з “фізичною” та “математичною” формами запису

Математичній підготовці учнів до поглибленого вивчення курсу фізики автором дисертації присвячена низка публікацій. Окрім тих, на які ми вже посилалися (це [5; 19; 118]), наведемо також [20; 21]. Що стосується розв'язання проблеми набуття та переносу учнями математичних знань саме на галузь експериментальної роботи з фізики, зокрема на процес розв'язування експериментальних задач, то це нами пропонується здійснювати у два етапи (згідно з розробленим нами *дворівневим* підходом до навчання учнів формулювати і розв'язувати експериментальні задачі, про який вже йшлося у пункті 2.1.1).

На першому *підготовчому* етапі учні набувають окремих *елементарних* умінь, пов'язаних із використанням математичного апарату, за допомогою спеціально підібраних тренувальних вправ. На другому етапі – у процесі розв'язування винахідницьких задач або детального вивчення вже існуючих винаходів – набуті вміння інтегруються до складної діяльності, окремим випадком якої є розв'язування експериментальних задач.

Укажемо на те, що для винахідницької діяльності використання відповідного математичного апарату є необхідним компонентом. Більш того, у зв'язку з тим, що учні розуміють кінцеву мету свого дослідження, в них майже не виникає типових запитань – “Який масштаб вибрати для побудови графіка?”, “Скільки разів проводити дане вимірювання?” або взагалі “Яка необхідність в оцінці похибок вимірювань?”, – які часто доводиться чути на лабораторних заняттях або заняттях фізичного практикуму, якщо вони проводяться за готовими докладними вказівками чи інструкціями. Про найбільш яскраві учнівські роботи, в яких присутні елементи об'єктивної новизни і які мають наукову та практичну значущість – окремі винаходи, науково-технічні проекти, науково-дослідницькі роботи, наукові статті тощо, – буде зазначатися у третьому розділі дисертації.

Отже, розв'язування виявленої нами проблеми переносу старшокласниками математичних знань на галузь розв'язування експериментальних задач пропонується здійснювати у два етапи (згідно із

запропонованим дворівневим підходом). На *першому підготовчому* етапі учні цілеспрямовано набувають окремих елементарних умінь, пов'язаних із використанням математичного апарату. На *другому* – набуті вміння інтегруються до складної діяльності, пов'язаної з розв'язуванням експериментальних задач у процесі винахідницької діяльності.

2.2.4. Застосування підготовчих вправ для набуття окремих експериментальних умінь

Згідно із запропонованим *дворівневим* підходом до розвитку в учнів уміння формулювати і розв'язувати експериментальні задачі (він розглядався у пункті 2.1.1) важливим етапом розробленої нами методики є набуття учнями окремих *базових* умінь, що виступає *необхідною умовою* успішності всієї діяльності. У пункті 2.2.2 цього підрозділу вже розглядалися питання, пов'язані з методикою розвитку в учнів уміння висувати ідеї можливих способів розв'язування експериментальних задач (серед іншого, були детально описані тренувальні винахідницькі задачі, які виконують роль підготовчих вправ для розвитку в учнів *указаного* вміння).

Розглянемо далі приклади завдань, що є *підготовчими вправами* для відпрацювання деяких з важливих умінь, від яких залежить успішність процесу розв'язування експериментальних задач у цілому.

- *Уміння користуватися вимірювальними приладами.*

а) За наведеними фотографіями приладів (рис. 2.13) визначити:

- призначення приладу;
- ціну поділки шкали;
- границю вимірювання;
- покази приладу.



Рис. 2.13. Вимірювальні прилади

б) Яку схему Ви виберете (рис. 2.14) для вимірювання опору резистора, якщо опори амперметра і вольтметра складають відповідно декілька Ом і декілька кОм? Розгляньте випадки, коли передбачуваний опір резистора лежить у межах кількох Ом та кількох кОм.

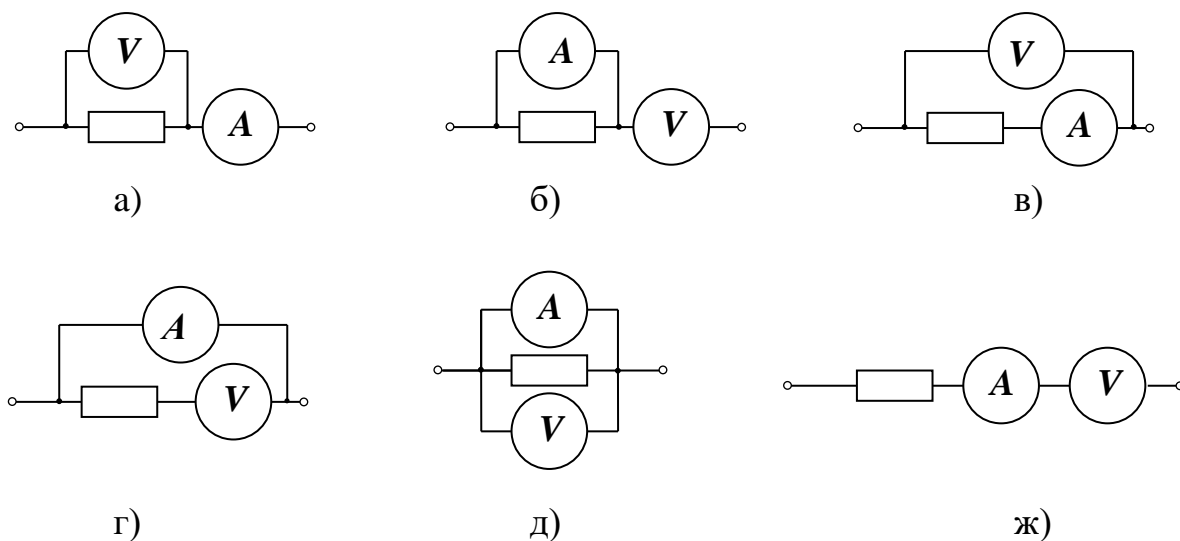


Рис. 2.14. Схеми до задачі (б)

в) За показами рідинного (водяного) манометра, наведеного на рис. 2.15, визначте тиск повітря у посудині (одна поділка манометра відповідає 10 мм). Атмосферний тиск під час досліду становив 748 мм. рт. ст.

Приклади завдань, які можуть виконувати роль підготовчих вправ для відпрацювання



Рис. 2.15. Вимірювання тиску повітря у посудині

вміння користуватися вимірювальними приладами з'являються у науково-методичних статтях. Крім того вчитель може відбирати потрібні йому завдання з існуючих збірників та посібників (приклади відповідних літературних джерел наводилися у підрозділі 1.4). Значна кількість вправ виникає також безпосередньо під час експериментальної діяльності учнів.

- *Уміння обробляти експериментальні дані (знаходити значення величин при прямих та непрямих вимірюваннях, оцінювати їхні похибки, записувати кінцевий результат тощо).*

а) Вимірювання маси m та об'єму V бруска дали такі результати: $m = 195,0 \text{ г} \pm 0,5 \text{ г}$; $V = 25,0 \text{ см}^3 \pm 0,5 \text{ см}^3$. Визначте середню густину речовини бруска та оцініть похибку результату.

б) У процесі вимірювання опору дроту були отримані такі значення: 5,615; 5,622; 5,624; 5,618; 5,620; 5,633; 5,628; 5,624; 5,613 Ом. Знайдіть середнє значення опору та оцініть його точність.

в) Дослід з вимірювання питомого опору дротяного резистора проводився за допомогою акумулятора, амперметра (для вимірювання сили струму у резисторі), вольтметра (ним вимірювалася напруга на резисторі), рулетки та мікрометра (для вимірювання довжини та діаметру дроту відповідно). За наведеними результатами прямих вимірювань, $I = 0,50 \text{ А} \pm 0,05 \text{ А}$, $U = 3,0 \text{ В} \pm 0,1 \text{ В}$, $l = 100,0 \text{ см} \pm 0,5 \text{ см}$, $d = 0,30 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$, визначте питомий опір резистора. Яка точність при цьому була досягнута?

Тренувальні вправи для відпрацювання елементарних умінь, пов'язаних із використанням математичного апарату (уміння обробляти експериментальні дані, будувати графічні залежності та користуватися ними для знаходження шуканих величин тощо) вчитель може складати, користуючись існуючими посібниками (їх приклади наведено у підрозділі 1.4). Крім того значна кількість завдань з'являється у ході аналізу діяльності учнів при безпосередньому розв'язуванні ними експериментальних задач. Зазначимо, що саме такі тренувальні вправи ми і наводимо в цьому пункті.

• Уміння будувати графічні залежності та користуватися ними для знаходження шуканих величин.

а) З метою визначення середньої товщини аркуша паперу учень вимірював товщину певного їх числа:

Число аркушів n	10	20	30	40	50	60
Товщина d , мм	11,0	21,5	32,0	43,0	54,5	64,0

За наведеною табличною залежністю необхідно:

- побудувати графік залежності товщини d від числа аркушів n ;
- за графіком визначити середню товщину аркуша;
- виміряти товщину 80-ти аркушів паперу.

б) У ході експерименту отримано залежність струму I розрядки конденсатора від часу t :

I , мкА	32	24	22	20	18	17	15,5	13,5	12	11	10	9,5	8,5
t , с	5	10	15	20	25	30	40	60	80	100	120	140	180

За наведеними даними необхідно:

- побудувати графік залежності $I = I(t)$;
- знайти аналітичний вигляд залежності $I = I(t)$;
- визначити струм у початковий момент часу, а також через 5 хв після цього;

цього;

- визначити заряд, який пройшов у ланцюгу.

в) За наведеною на рис. 2.16 осцилограмою напруги генератора (одна поділка горизонтальної шкали відповідає 0,02 с, вертикальної – 2 В) знайдіть:

- амплітудне значення напруги

генератора;

- частоту струму генератора;

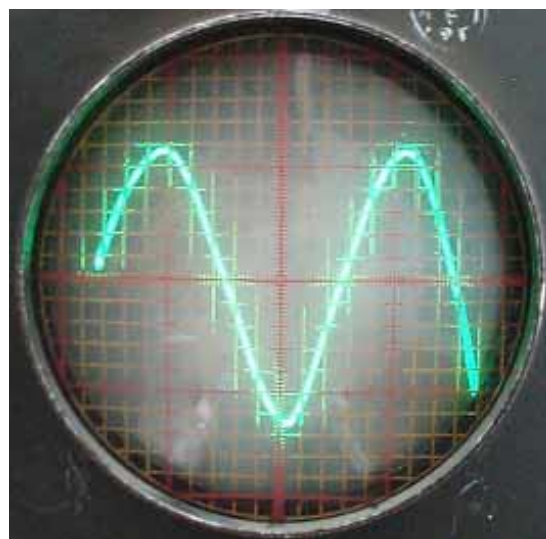


Рис. 2.16. Осцилограма напруги генератора

- аналітичну залежність напруги від часу $u = u(t)$.

• Уміння розбиратися з принципом дії пристрою за наведеною схемою, малюнком або описом.

а) На рис. 2.17 зображено схему механізму регулювання частоти обертання вітродвигуна [147] (патент України №16959 U; співавторами технічного рішення є учні нашої експериментальної групи). Спробуйте пояснити принцип дії цього механізму.

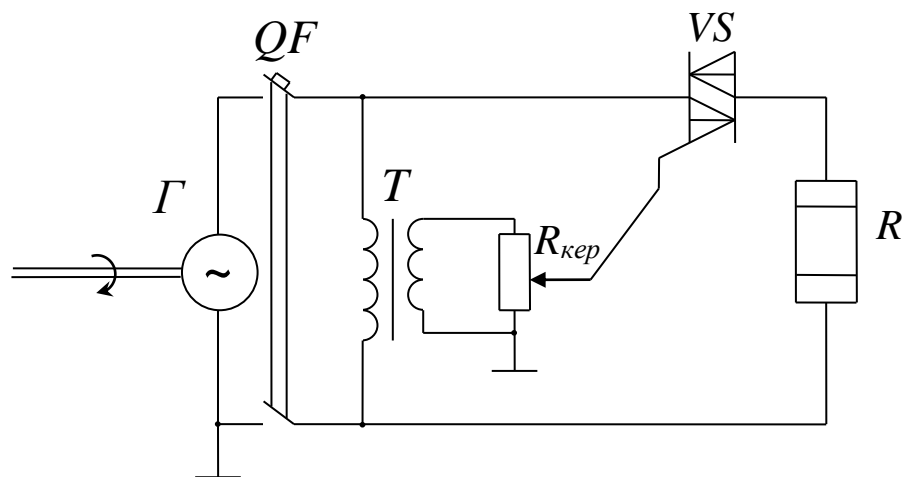


Рис. 2.17. Механізм регулювання частоти обертання вітродвигуна
(схема електрична принципова)

б) Поясніть принцип дії поданого на малюнку (рис. 2.18) пристрою для автоматичного поливу кімнатних рослин (наведений пристрій, який до речі належить учню експериментальної групи Глібу Мінаєву, є розв'язком відповідної винахідницької задачі, що пропонувалася на VIII-му Всеукраїнському турнірі юних винахідників і раціоналізаторів у 2005 р.). Підказка: на боковій поверхні пляшки (біля її дна) зроблено отвір діаметром приблизно 2 мм.



Рис. 2.18. Пристрій для автоматичного поливу кімнатних рослин (діюча модель)

Приклади цікавих завдань для розвитку в учнів уміння щодо з'ясування принципу дії пристрою можна також знайти у методичній літературі. Крім того треба відзначити, що неабияку роль для розвитку останнього вміння може відігравати процес підготовки та участі старшокласників у конкурсах та турнірах фізико-технічного спрямування. На наш погляд, як найкраще для цього підходить саме Всеукраїнський турнір юних винахідників і раціоналізаторів (більш докладно про виступ наших учнів у цьому турнірі йтиметься у третьому розділі дисертації).

Ще раз підкреслимо, що наведені нами завдання можна розглядати як *приклад* підготовчих вправ для розвитку в учнів відповідних умінь (безумовно, вони не охоплюють усіх умінь, необхідних для успішного розв'язування експериментальних задач).

Отже, набуття учнями окремих (елементарних) умінь (пов'язаних з формулюванням і розв'язуванням експериментальних задач) за допомогою *підготовчих вправ* виступає *необхідним* етапом розробленої методики.

Розвиток моторних умінь та навичок. Не секрет, що для успішного розв'язування експериментальних задач в учнів повинні бути розвинуті, окрім іншого, й *моторні* вміння та навички. Це пов'язане з необхідністю самостійно ставити експеримент. Проте дуже часто розвитком саме цих умінь нехтують. У результаті є непоодинокими випадки, коли через невміння вдало виконувати саме механічні дії, що потребують певної “спритності рук”, учні ледве встигають розв'язати задачу за відведений для цього час або ж взагалі зупиняються на етапі підготовки дослідної установки чи проведення вимірювань. Більш того, вчителю не завжди вдається передбачити ці труднощі заздалегідь, ще до безпосереднього виконання учнем фізичного експерименту.

Так, розв'язуючи експериментальну задачу, в якій необхідно визначити густину камінця за допомогою пружини, мензурки, ниток, лінійки та посудини з водою, учні стикаються з труднощами під час закріплення камінця (неправильної форми) на нитці. Навіть у задачі про вимірювання опору дроту відомого матеріалу за допомогою олівця та лінійки певні труднощі виникають

саме під час намотки дроту на олівець. Якщо ж говорити про більш складні експериментальні задачі, то таких учнів, яким вдається самостійно провести фізичний експеримент, обмаль. Особливо це стосується тих експериментальних задач, можливі розв'язки яких не є очевидними, тобто не спадають на думку, так би мовити, автоматично. З такими задачами доводиться дуже часто зустрічатися на експериментальних турах олімпіад з фізики. Для прикладу розглянемо такі задачі.

Оцінити товщину півки мильної бульбашки, яка має максимально можливий розмір (обладнання: посудина з мильним розчином, капілярна трубка довжиною 15-20 см, мензурка та лінійка). Можливий розв'язок цієї задачі передбачає вимірювання радіуса R бульбашки, яку необхідно видути з мильного розчину об'ємом V (набраного у капілярну трубку). Шукана товщина d мильної півки визначається з формули $V = 4\pi R^2 d$. Зрозуміло, якщо учень ніколи не видував мильні пузири, то зробити це одразу ж вдало він навряд чи зможе.

Визначити молярну масу повітря (обладнання: куля для зважування повітря відомого об'єму, насос Комовського, терези, різноважки, гумова трубка, затискачі, термометр та манометр). За авторським розв'язком шукану величину можна знайти з рівнянь Клапейрона-Менделєєва, записаних для двох станів повітря: до і після відкачування $p_1 V = \frac{m_1}{\mu} RT$ та $p_2 V = \frac{m_2}{\mu} RT$.

Звідки $\mu = \frac{RT}{V} \cdot \frac{m_1 - m_2}{p_1 - p_2}$. Величини, що входять до останньої формули (тиск, температура та різниця мас повітря, яка дорівнює різниці мас кулі до і після відкачування) можна знайти за допомогою наданого обладнання.

На перший погляд задача може здаватися навіть легкою (якщо її розв'язувати лише подумки). Дійсно, робоча формула отримується без складних фізичних та математичних міркувань. Всі необхідні дані знаходяться шляхом прямих вимірювань, тому не потрібно *винаходити* спеціальні способи

та пристрої для проведення експерименту. Проте насправді все видається не так просто.

Спостереження за діями учнів у процесі виконання ними експерименту дозволяють виявити велику кількість технічних “дрібниць”, які викликають в них невпевненість та розгубленість, та які не завжди вдається передбачити вчителю. Під час розв’язування останньої задачі такі дрібниці зустрічаються, наприклад, при приєднанні кулі для зважування повітря до насоса, ввімкненні насоса (якщо він електричний), зважуванні кулі на терезах тощо. Характерним є те, що майже однакові труднощі відчують учні з різним рівнем теоретичної підготовки з фізики. Отже, серед передумов успішного розвитку вміння розв’язувати експериментальні задачі повинне бути набуття учнями також *моторних* умінь та навичок. Як розв’язати це завдання?

Зрозуміло, що набуття вказаних умінь можливе лише у процесі практичної діяльності, під час якої учні не тільки *бачать* дії з предметами, що призводять до певного результату, але й *відчують* їх, виконуючи ці дії безпосередньо *своїми руками*. При цьому, як свідчать наші спостереження, більш ефективною є *комплексна* (багатокомпонентна) практична діяльність, метою якої є досягнення певного результату (продукту діяльності). Ним може бути виготовлений прилад для вимірювання фізичних величин, пристрій для демонстрацій певного фізичного явища або ефекту, діюча модель механізму, проведені вимірювання, відтворення фізичного явища або ефекту тощо.

У випадку нашого дослідження саме такою комплексною (багатокомпонентною) діяльністю і виступає винахідницька діяльність, необхідною складовою якої є виготовлення діючих моделей або макетів. На наш погляд, така діяльність призводить до виникнення в учнів додаткової мотивації до дії, яка пов’язана, окрім іншого, з прагненням досягти конкретного результату – кінцевого продукту.

Учні розуміють, що від того, наскільки якісно буде виконано певний елемент (деталь), залежить працездатність пристрою вцілому. Так, розробляючи діючу модель винайденого індукторного генератора із зубчастим

ротором, учні самостійно виготовляли її основні складові частини. Серед них, наприклад, осердя П-подібного та Ш-подібного магнітних ланцюгів з робочими обмотками (рис. 2.19), ротор із феромагнітними зубцями, передавальні механізми, що з'єднують вал генератора з первинним двигуном.



Рис. 2.19. Виготовлені учнями магнітні ланцюги з обмотками

Отже, формування в учнів *моторних* умінь та навичок відбувається у процесі виготовлення ними діючих моделей та макетів винайдених пристроїв. Зазначимо, що корисною є можливість виготовлення окремих частин моделі різними учнями, адже у цьому випадку кожен з них працює більш якісно, намагаючись не підвести товаришів.

2.2.5. Використання нових інформаційних технологій у процесі винахідницької діяльності

На сучасному етапі розвитку інформаційних технологій важко собі уявити справжню експериментальну діяльність без використання комп'ютерної техніки. Під час винахідницької діяльності учням також доводиться досить часто мати справу з комп'ютером. Розглянемо далі особливості його застосування на окремих етапах винахідницької діяльності [3].

У підрозділі 2.1.2 вже зазначалося, що перед тим, як готувати заявку на передбачуваний винахід учні мають провести патентний пошук, тобто з'ясувати, чи відомі на сучасному рівні техніки пристрої такої ж конструкції, або *що* може виступати за прототип та аналог розроблюваного пристрою? На сьогодні у патентних відомствах більшості країн світу створені електронні *бази даних* для пошуку різноманітних за змістом публікацій об'єктів промислової

власності. Серед них – бібліографічні дані, реферати або формули винаходів та їхні повні описи, зображення промислових зразків і знаків для товарів і послуг тощо. Це дозволяє використовувати для патентного пошуку глобальну інформаційну мережу *Internet*. Зазначимо, що корисним джерелом інформації для юних винахідників можуть виступати *WEB-сторінки* патентних відомств і міжнародних організацій у сфері охорони інтелектуальної власності, на яких вони можуть знайти поради і повідомлення у цій сфері.

У межах України таку інформацію старшокласники можуть отримати, наприклад, на сайтах: Державного відділу інтелектуальної власності України www.sdip.gov.ua, Українського інституту промислової власності www.ukrpatent.org, Українського авторського агентства www.uacrr.kiev.ua тощо (рис. 2.20).

Патентну документацію Росії можна переглянути на сайті www.fips.ru. За цією ж електронною адресою можна знайти офіційні сайти патентних відомств інших країн світу. Наприклад, сайт Європейського патентного бюро (Швеція) – www.european-patent-office.org, патентного відділу США – www.uspto.gov тощо.

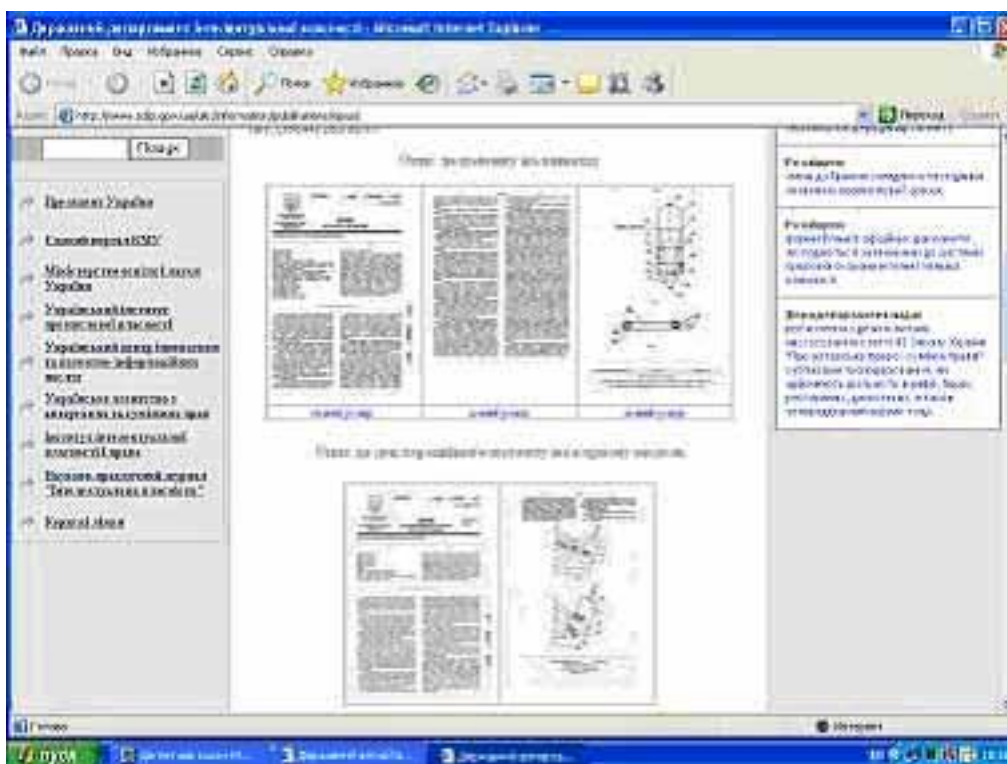


Рис. 2.20. WEB-сторінка Державного департаменту інтелектуальної власності України

Незамінним є комп'ютер також під час безпосередньої підготовки заявки на передбачуваний винахід (як вже зазначалося, вона складається з опису, формули винаходу, реферату, необхідних креслень та заяви). Окрім текстового редактора *Microsoft office Word*, на цьому етапі учні використовують графічний редактор *Auto CAD* для виконання технічних креслень та схем винайдених пристроїв. Не дивлячись на складність цієї програми (вона є професійною), старшокласники в змозі у ній розібратися та користуватися нею на доволі високому рівні (рис. 2.21). На останнє вказують наші спостереження за учнями експериментальної групи, які майже самостійно оволодівали програмою *Auto CAD* за допомогою існуючих підручників з комп'ютерної техніки.

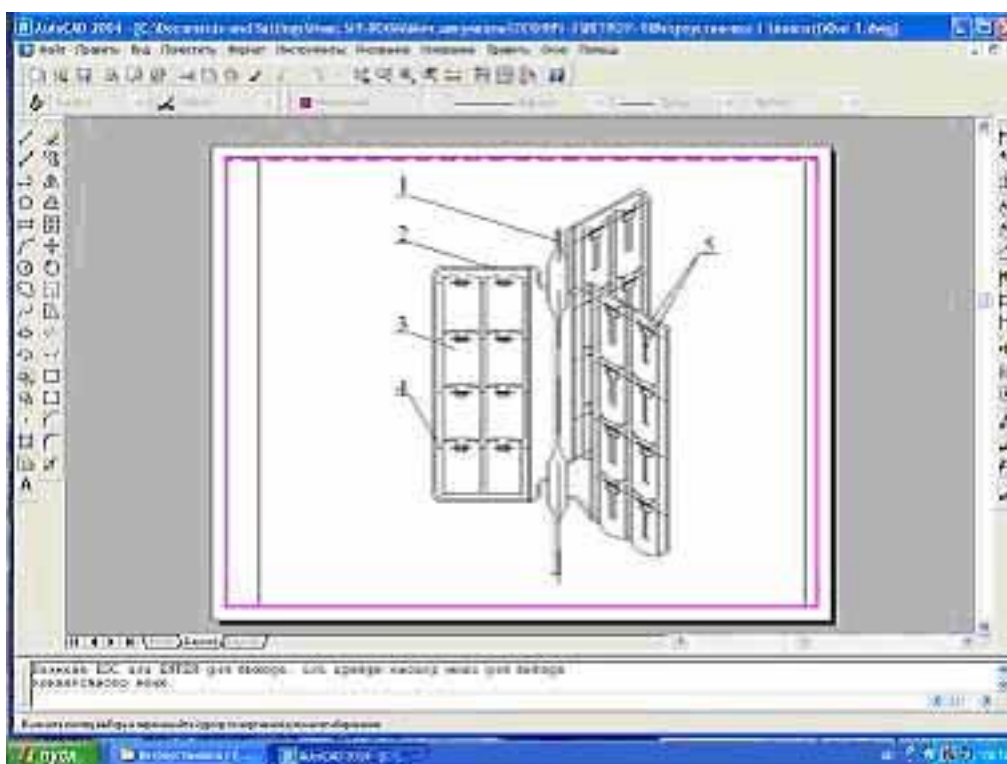


Рис. 2.21. Вікно *Auto CAD*. Схема вітродвигуна із пружними елементами (патент України № 12522U [143])

Під час теоретичного та експериментального дослідження винайдених учнями пристроїв (зокрема при дослідженні їхніх діючих моделей) одним з важливих є вміння *подавати експериментальні дані у вигляді таблиць та графіків*. З цим пов'язана необхідність в оволодінні відповідними можливостями комп'ютера. Вбудованого у *Microsoft office Word* редактора

таблиць буде для цього, зрозуміло, недостатньо (за його допомогою можна лише побудувати “скелет” таблиці, який потрібно далі власноруч заповнювати). Тому корисним є набуття учнями навичок роботи з табличним редактором *Microsoft office Excel*, за допомогою якого вони можуть проводити необхідні розрахунки та подавати їх результати у вигляді таблиць, графіків, діаграм тощо.

Так, на рис. 2.22 показано теоретичну залежність потужності винайденого учнями експериментальної групи вітродвигуна з горизонтальною віссю обертання (патент України № 6010U [140]) від швидкості вітру. Однією з переваг такого вітродвигуна є автоматична стабілізація частоти його обертання при зміні швидкості вітру за рахунок відповідної зміни міделя лопаті. Отримана теоретична залежність дозволила знайти максимальне значення потужності, яку розвиватиме вітродвигун при конкретному діаметрі вітроколеса. З графіка також можна встановити значення швидкості вітру, при яких починає працювати система автоматичного регулювання частоти обертання.

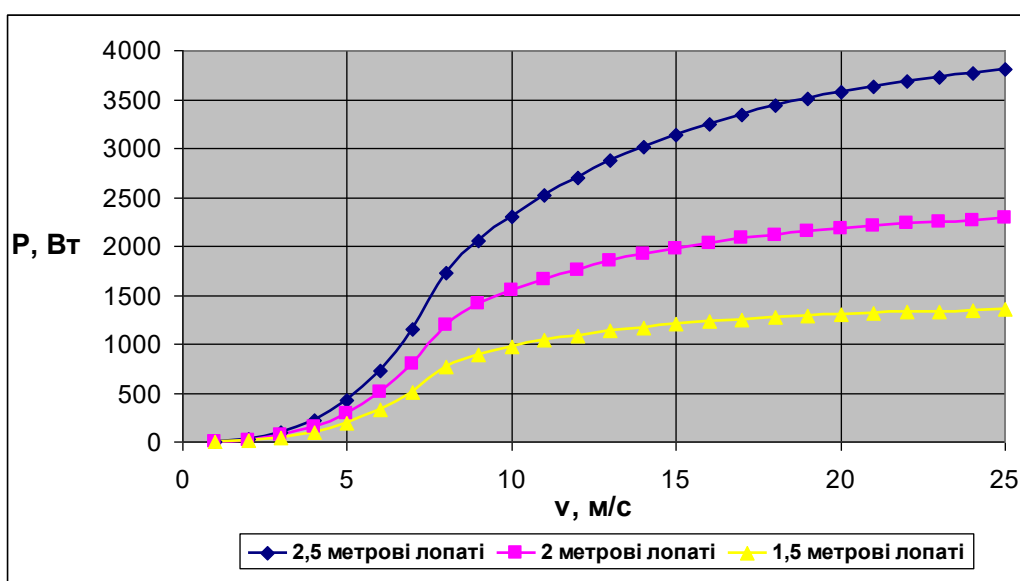


Рис. 2.22. Теоретична залежність потужності P вітродвигуна від швидкості вітру v

Досвід впровадження винахідницької діяльності старшокласників показав, що вона, окрім іншого, дозволяє залучити учнів до різних форм позаурочної роботи, серед яких окремо слід указати на численні всеукраїнські та міжнародні

творчі конкурси з фізики та техніки (окремо вони будуть розглядатися у третьому розділі дисертації).

Готуючись до конкурсів, учні стикаються з необхідністю розробляти відповідну документацію. Це – науково-дослідницькі роботи, плакати, стенди, презентації тощо. Практика підготовки старшокласників до участі у конкурсах фізико-технічної спрямованості показує, що вимоги, які висувуються до цих *освітніх продуктів* під час всеукраїнських, а тим більше – міжнародних, заходів, є досить високими. Тому, зрозуміло, що володіння відповідними навичками роботи з комп'ютерною технікою виступає *необхідною* складовою успішного виступу на цих конкурсах.

Для ілюстрації зазначеного наведемо деякі з освітніх продуктів, створених учнями нашої експериментальної групи. Так, готуючись до міжнародного етапу конкурсу науково-технічної творчості школярів *Intel ISEF (International Science and Engineering Fair)*, який проходив у травні 2006 р. (м. Індіанаполіс, штат Індіана, США), учні (Євген Зайцев, Роман Левін, Максим Дмитренко), окрім іншого, мали розробити низку презентацій. З цим завданням вони успішно впоралися, використавши редактор *Microsoft Power Point* (рис. 2.23). Стенд для доповіді було виконано за допомогою редактора *Corel DRAW* (рис. 2.24).



Рис. 2.23. Фрагмент презентації до
стендової доповіді

Під час підготовки матеріалів до конкурсів учні також набувають умінь користувалися іншими сучасними засобами мультимедіа, наприклад, цифровим фотоапаратом, сканером, мультимедійним проектором тощо.

Важливо, що спектр набутих старшокласниками у такий спосіб (у процесі їхньої винахідницької діяльності) умінь та навичок роботи з комп'ютерною технікою є досить широким. Зрозуміло, що вони є потрібними не лише для учнівської винахідницької діяльності (розв'язування експериментальних задач виступає її необхідним компонентом), але і стануть у пригоді для подальшої їхньої професійної діяльності.



Рис. 2.24. Стенд для доповіді на міжнародному етапі конкурсу *Intel ISEF* (м. Індіанаполіс, штат Індіана, США, травень 2006 р.)

На рис. 2.25 також наведено плакати, створені учнями (Роман Левін та Максим Дмитренко) для участі у Міжнародному конкурсі *Стокгольмський*

юнацький водний приз (*Stockholm Junior Water Prize*), який відбувся у серпні 2006 р. (м. Стокгольм, Швеція).

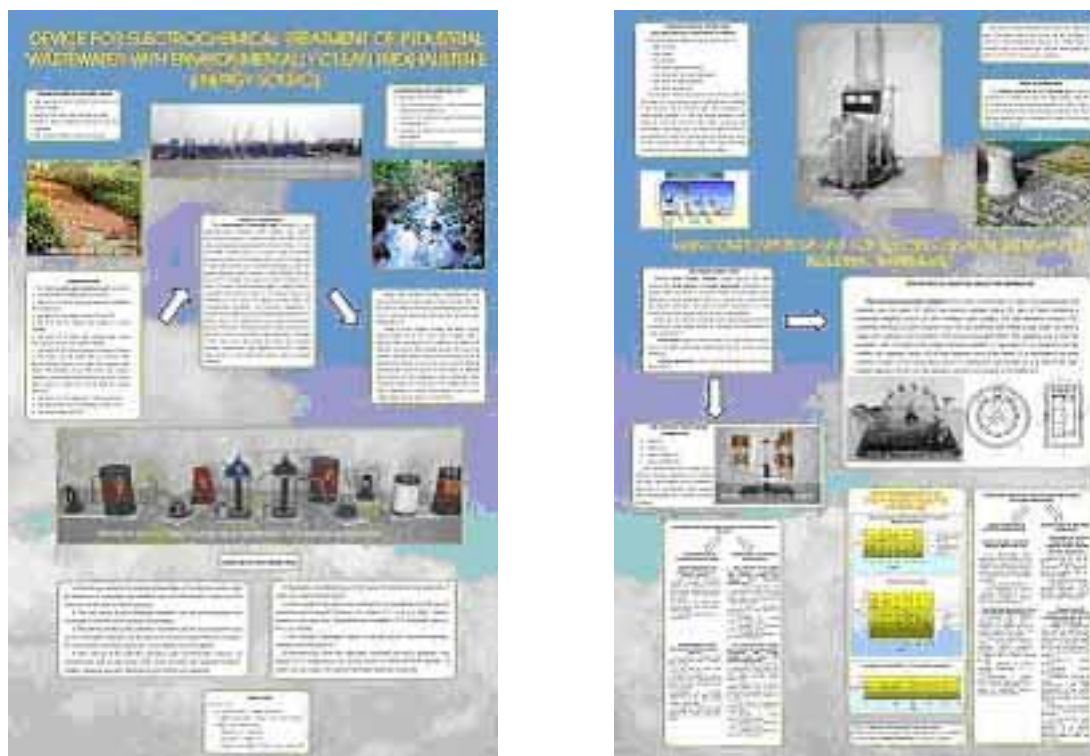


Рис. 2.25. Плакати для виступу на Міжнародному конкурсі
Stockholm Junior Water Prize
(м. Стокгольм, Швеція, серпень 2006 р.)

Отже, показано, що винахідницька діяльність старшокласників передбачає використання комп'ютерної техніки як *необхідної* складової. Наші спостереження дозволяють також засвідчити, що оволодіти відповідними вміннями та навичками учні в змозі майже *самостійно*. Головною рушійною силою при цьому виступає *зацікавленість* в отриманні конкретного результату (побудові експериментальної залежності, розробці презентації або стенду для доповіді, проведенні патентного пошуку та інше), який має певну значущість для досягнення реального кінцевого продукту (ним може виступати теоретичне та експериментальне дослідження винайденого пристрою, оформлена заявка на передбачуваний винахід, підготовлені матеріали для участі у конкурсі тощо).

2.3. Діагностика рівня сформованості в учнів уміння щодо формулювання і розв'язування експериментальних задач

2.3.1. Завдання та способи здійснення діагностики

Розглядаючи методичні основи розвитку в учнів уміння формулювати і розв'язувати експериментальні задачі для підвищення успішності їх винахідницької діяльності, окремо слід зупинитися на такому обов'язковому компоненті навчання як діагностика, яка являє собою процес визначення результатів навчальної діяльності учнів та педагога з метою виявлення, аналізу, оцінювання та корегування навчання.

Говорячи про діагностику, необхідно з'ясувати, *що саме* (які результати) та *як* (у якій формі) буде контролюватися. Від цього залежатиме побудова самого процесу навчання. Важливо також врахувати існуючі *критерії оцінювання навчальних досягнень* учнів у системі загальної середньої освіти. Відповідно до чинних нормативно-правових актів Міністерства освіти і науки України складовими навчальних досягнень учнів з курсів фізики й астрономії є не тільки володіння навчальною інформацією та її відтворення, а й уміння та навички *знаходити потрібну інформацію, аналізувати її та застосовувати у стандартних і нестандартних ситуаціях*.

Відтак – зазначається у тих же документах – необхідно оцінювати:

- рівень володіння теоретичними знаннями;
- рівень умінь використовувати теоретичні знання під час розв'язування задач чи вправ різного типу (розрахункових, експериментальних, якісних);
- рівень володіння практичними вміннями та навичками, що їх можна виявити під час виконання лабораторних робіт, спостережень і фізичного практикуму;
- зміст і якість творчих робіт учнів (рефератів, творчих експериментальних і спостережувальних робіт, виготовлення приладів, комп'ютерне моделювання фізичних чи астрономічних процесів тощо).

Відповідно до функцій, які виконує контроль у навчальному процесі, виділяють його три основні види: попередній, поточний та підсумковий. Інколи до останніх додають ще повторний та періодичний види контролю.

Питання діагностики та контролю навчальних досягнень учнів є дуже широким. Тут ми зупинимося на конкретних аспектах використання діагностики у випадку нашого дослідження.

Попередній контроль проводиться з метою зафіксувати вихідний рівень наявних в учня знань, умінь та навичок, які будуть необхідні для наступної роботи. Такий вид контролю вчитель має проводити, наприклад, перед тим, як учні розпочинають виконувати нову роботу фізичного практикуму (поставлену у вигляді експериментальної задачі) або довгостроковий проект, робота над яким може відбуватися також у позаурочний час. Це потрібно робити для того, щоб з'ясувати наявність в учнів умінь, які є необхідними для проведення цієї роботи. Зрозуміло, що у випадку, коли ці вміння недостатньо сформовані або ж взагалі відсутні на самостійну та якісну діяльність учня можна не сподіватися (останнє впливає з порушення принципу педагогіки – *послідовності навчання* – набуття певних знань та умінь відбувається на несформованих або сформованих на низькому рівні попередніх). Докладніше про методичні особливості запропонованого нами способу проведення контролю підготовленості учнів (попередній контроль) до розв'язування експериментальних задач на заняттях з фізичного практикуму йдеться у наступному пункті дисертації.

Однією з вимог, що обумовлюють ефективність навчання, є необхідність у здійсненні *зворотного зв'язку* для отримання інформації про хід засвоєння учнями нових знань та умінь (*поточний* контроль). Цей вид контролю має особливе значення на етапі набуття учнями окремих (базових) умінь, що потрібні для подальшої складної діяльності (перший рівень запропонованого нами підходу). *Що повинен враховувати вчитель, проводячи такий контроль?*

У педагогіці зазначається, що цей вид контролю має бути *поопераційним*. Під цим мається на увазі те, що зворотний зв'язок повинен не тільки нести

відомості про правильність або неправильність кінцевого результату, а й надавати можливість здійснювати контроль за ходом процесу, слідкувати за діями учнів. Це дає можливість учителю *своєчасно* фіксувати та виправляти допущені ними помилки, а також визначати напрямки корегувальної роботи як з окремим учнем, так і з класом у цілому. Докладніше про завдання для забезпечення зворотного зв'язку при поглибленому вивченні фізики ми говорили у [18] (деякі питання щодо оцінювання якості навчання ми розглядали також у [22]).

Кінцевою метою першого *підготовчого* етапу методики є набуття учнями окремих (елементарних) умінь, доведення їх до рівня відповідних навичок. *Як перевірити чи досягнута ця мета?* Один з існуючих підходів указує, що для цього необхідно формулювати цілі навчання *на мові задач*. Тобто для формування і розвитку в учнів певного вміння треба визначити коло тих задач, для розв'язування яких це вміння буде потрібне. Спираючись на це, дослідниками [25] обґрунтовується важливість створення вправ для контролю рівня засвоєння і відпрацювання окремих розумових операцій при навчанні фізики. Ними ж наведені відповідні приклади завдань. У нашому дослідженні такими діагностичними задачами виступали підготовчі вправи для набуття учнями окремих експериментальних умінь (про ці вправи йшлося у пункті 2.2.4).

Зауважимо, що досить зручною (для вчителя) та корисною (для учнів) виявляється така форма контролю як *взаємоконтроль* учнів у парах або групах. Зрозуміло, що така форма контролю у кінцевому рахунку сприяє розвитку в учня вміння самостійно знаходити та виправляти помилки у своїх же діях (тобто здійснювати *самоконтроль*).

Нагадаємо, що на другому рівні запропонованого нами підходу попередньо набуті учнями окремі (елементарні) вміння повинні інтегруватися у процесі винахідницької діяльності до складного вміння формулювати і розв'язувати експериментальні задачі. Говорячи про контроль успішності цього процесу, потрібно врахувати його творчий аспект.

На сучасному етапі розвитку освіти, рівень творчої самореалізації учня виступає загальнонаціональним освітнім параметром, який потрібно перевіряти та оцінювати поряд із іншими освітніми стандартами. Недивно, що у критеріях оцінювання практичних знань та вмінь учнів (які відображені у нормативно-правових актах Міністерства освіти і науки України) вказується на те, що *найвищим* рівнем навчальних досягнень вважається виконання роботи за *самостійно* складеним *оригінальним* планом або установкою з їх обґрунтуванням.

Спираючись на дослідження А.В. Хуторського [190, с. 363], діагностика рівня розвитку вміння формулювати і розв'язувати експериментальні задачі проводилася нами за:

- аналізом відповідних освітніх продуктів учнів; розвитком їхніх особистісних якостей та їхніми творчими досягненнями (результати участі в олімпіадах, конкурсах та турнірах з фізики та техніки);
- рівнем засвоєння та випередження освітніх стандартів.

В якості освітніх продуктів виступили учнівські науково-дослідницькі роботи, діючі моделі та макети винайдених пристроїв, оформлені заявки на винаходи, наукові статті, стенди, презентації тощо.

На важливість саме такого підходу до діагностики також вказує одна з існуючих форм проведення державної підсумкової атестації з фізики: *у вигляді захисту учнівських дослідницьких робіт*. До останніх належать проектно-конструкторські, раціоналізаторські та винахідницькі роботи, дослідження тощо. У вимогах до цих робіт зазначається, що вони повинні мати таку структуру:

- назва теми роботи;
- вступ (основна ідея, її теоретичне обґрунтування, структура запланованого дослідження);
- основна частина (використані методи, отримані результати, таблиці, графіки, фотографії, моделі, прилади, комп'ютерні програми тощо; оцінка результатів роботи та їх порівняння з відомими даними);

- висновки;
- список використаних джерел.

Серед основних елементів аналізу учнівських творчих робіт, що дозволяють учителеві оцінювати рівень розвитку (прояву) відповідних здібностей старшокласників, як правило, виділяють такі:

- формулювання учнем мети дослідження;
- планування діяльності;
- відшукування фактів про об'єкт;
- досліди;
- формування питань та проблем;
- формулювання гіпотез та моделювання результату;
- рефлексивні здібності.

Порівняльний аналіз та оцінка робіт досить часто проводяться за допомогою відповідних критеріальних шкал, кожен параметр яких оцінюється певною кількістю балів. Як можна побачити з Положень про конкурси та турніри фізико-технічного спрямування, існуючі критеріальні шкали досить схожі між собою. Їхніми параметрами, як правило, є: ступінь творчості, корисність та значимість роботи для автора та інших людей, складність та науковість, якість оформлення роботи тощо. Оцінюючи ступінь творчості, враховують таке: чи був створений учнем продукт раніш невідомим лише для нього самого (але відомим для вчителя), або він виявився новим також і для вчителя або взагалі для фахівців відповідної галузі.

Отже, перший (підготовчий) рівень методики передбачає здійснення діагностики рівня сформованості в учнів окремих (елементарних) умінь, пов'язаних із формулюванням і розв'язуванням експериментальних задач. Запропоновано спосіб здійснення такої діагностики за допомогою завдань у вигляді відповідних підготовчих вправ. На другому рівні методики контроль успішності розвитку складного вміння формулювати і розв'язувати експериментальні задачі у процесі винахідницької діяльності враховує творчий аспект цього вміння і здійснювався нами за аналізом відповідних освітніх

продуктів учнів (науково-дослідницькі роботи, діючі моделі та макети винайдених пристроїв, оформлені заявки на винаходи, наукові статті, стенди, презентації тощо); за їх *творчими досягненнями* (результати участі в олімпіадах, конкурсах та турнірах з фізики та техніки); за рівнем *засвоєння та випередження освітніх стандартів*.

2.3.2. Контроль рівня підготовленості учнів до розв'язування експериментальних задач на заняттях з фізичного практикуму

У відповідності до навчального плану загальноосвітньої школи курс фізики у 9 – 11 класах передбачає обов'язкове виконання циклу робіт фізичного практикуму в кінці навчального року. А у фізико-математичних школах та у класах, де фізика є профільюючим предметом, існують також заняття фізичного практикуму впродовж усього навчального року.

Роботи фізичного практикуму відрізняються від фронтальних лабораторних робіт більш високим ступенем самостійності експериментальної діяльності та рівнем пізнавальної активності учнів. Як правило, експериментальні роботи, які виконують учні на заняттях фізичного практикуму, мають частково-пошуковий або дослідницький рівень.

Зазначимо, що роботи фізичного практикуму, а також фронтальні лабораторні роботи можуть бути поставлені також у формі розв'язування відповідних експериментальних задач.

Працюючи вчителем фізики у фізико-математичному класі гімназії № 28 м. Запоріжжя, автор дисертації, окрім педагогічних досліджень в умовах гурткових занять, вивчав також можливість організації винахідницької діяльності, яка б була пов'язана з формулюванням і розв'язуванням експериментальних задач, безпосередньо на заняттях з фізичного практикуму. Про організацію та результати такої діяльності йтиметься у третьому розділі дисертації, у цьому ж пункті ми зупинимось на діагностиці рівня

підготовленості учнів до виконання експериментальної частини конкретної роботи фізичного практикуму. Що мається на увазі під цією підготовленістю?

Дослідницьке виконання експерименту передбачає самостійне планування учнями ходу дослідження, складання відповідної експериментальної установки, проведення вимірювань, математичну обробку результатів тощо.

Зазвичай, роботи фізичного практикуму учні виконують невеликими групами (по 2-3 учні), при цьому під час кожного заняття всі групи виконують різні роботи. Отже, перед учителем постає задача ефективного управління експериментальною діяльністю учнів на заняттях фізичного практикуму. Проте для того, щоб ця діяльність мала більшу навчальну цінність, необхідна спеціальна підготовка, яка має проводитись ще до початку безпосереднього виконання фізичного експерименту на занятті.

Це пояснюється тим, що експериментальна діяльність, як уже зазначалося у попередніх підрозділах, є складною за своєю структурою і потребує від учня, окрім суто практичних (моторних) умінь, ще й теоретичних знань та умінь, оволодіння якими не вимагає безпосереднього контакту з експериментальною установкою (більш того, обладнання буде лише відволікати учнів). Так, учитель повинен приділити увагу навчання учнів формулювання мети дослідження; висування гіпотези про існування зв'язків між фізичними явищами, величинами, що характеризують фізичний об'єкт; обґрунтування вибору методу дослідження фізичного об'єкта; обробки експериментальних даних (оцінки похибок результатів, складання таблиць, побудови графіків тощо).

Зрозуміло, що підготовка до проведення конкретної роботи фізичного практикуму не повинна обмежуватися лише попереднім вивченням алгоритму виконання експерименту. Для організації попередньої підготовки вчителю доцільно використовувати наперед розроблені матеріали, які повинні містити малюнки, фотографії, схеми приладів та установок, з якими учням доведеться мати справу на уроці; приклади обробки прямих і посередніх вимірювань тощо.

Успішність виконання роботи фізичного практикуму майже цілком залежить від попередньої підготовки до неї ще й тому, що учень повинен

провести всі етапи дослідження (від планування експерименту до аналізу його результатів) за обмежений час (як правило, за дві академічні години). Без попередньої підготовки, як показує досвід проведення фізичного практикуму, робота учня під час заняття часто не є ефективною, бо, не встигаючи самостійно виконати роботу, він або проводить її не усвідомлено, весь час покладаючись на допомогу товаришів чи вчителя, або починає розважатися. Не дивно, що інколи така “експериментальна” діяльність супроводжується порушенням техніки безпеки і тому є шкідливою для обладнання та небезпечною для самого учня та оточуючих.

Отже, перед тим, як учні розпочнуть на занятті виконувати певну роботу фізичного практикуму, вчитель має діагностувати рівень їхньої підготовленості до цієї роботи.

У науково-методичній літературі приділяється значна увага окремим питанням організації контролю та оцінювання навчальних досягнень учнів з фізики. Розглянемо суть педагогічного дослідження, що виступило основою запропонованого нами способу проведення контролю підготовленості учнів до розв’язування експериментальних задач на заняттях фізичного практикуму.

Для вимірювання факторів навчального процесу та його результатів, зокрема для оцінки рівня сформованості експериментальних умінь учнів, І.І. Нурмінським та Н.К. Гладишевою був запропонований підхід, у якому використовувався поділ загального за характером і складного за структурою експериментального вміння на *часткові*, а останніх – на *найпростіші* [127, с. 31].

Наприклад, узагальнене вміння, пов’язане з підготовкою експериментальної установки, передбачає наявність таких часткових умінь, як, наприклад, вміння користуватися вимірювальними приладами; збирати електричні кола; збирати прості оптичні системи тощо.

У свою чергу, кожне часткове вміння може бути розділене на декілька *найпростіших (елементарних) умінь*. Так, вміння користуватися амперметром

складається з елементарних умінь: визначати межу вимірювання, ціну поділки; знімати покази; визначати похибку вимірювання тощо.

Використовуючи розклад складного експериментального вміння на елементарні, було доведено досить високу додатну кореляцію результатів педагогічного експерименту щодо контролю рівня сформованості експериментальних умінь учнів за методом спостережень та за методом письмового опитування.

Спираючись на результати даного дослідження, ми пропонуємо здійснювати діагностику рівня підготовленості учнів до проведення робіт фізичного практикуму за спеціально розробленими завданнями у вигляді тестових запитань та вправ [6]. Розглянемо це докладніше.

Контроль за смисловими елементами навчального матеріалу. Попередня підготовка до проведення роботи у класі, яку учень здійснює вдома, передбачає розв'язування ним певної кількості завдань (задач чи вправ), які охоплюють майже всі експериментальні вміння, необхідні для успішного виконання наступної роботи фізичного практикуму. Структура цієї системи підготовчих завдань повинна бути такою, щоб, виконуючи її, учень пройшов, по можливості, всі етапи відповідної роботи від планування експерименту до оцінювання похибок.

Діагностику рівня підготовленості учнів слід проводити на початку заняття фізичного практикуму. Для цього виявляється ефективним письмове опитування за допомогою спеціальної системи завдань. *Якими мають бути ці завдання?*

Зважаючи на обмежений час, за своїм змістом вони повинні бути відносно нескладними, тобто не повинні потребувати для свого виконання багато часу та зусиль для тих учнів, які проводили вдома підготовку до роботи. Крім того, кількість цих завдань повинна бути достатньою для здійснення “точкової” діагностики рівня підготовленості.

Діагностика, про яку йдеться, передусім націлена на перевірку рівня сформованості певного мінімуму експериментальних умінь, без якого учень не

зможе самостійно виконувати роботу. Отже, така діагностика може слугувати свого роду допуск-контролем до виконання даної роботи. Учні, які за результатами такого контролю виявилися недопущеними до роботи, повинні все ж таки оволодіти цим мінімумом експериментальних умінь. Допомогати цим учням у підготовці можуть призначені вчителем найбільш відповідальні та здібні учні-асистенти (якщо вони вже виконували дану роботу на минулих заняттях), адже, як показує досвід, у добре підготовлених учнів після виконання роботи ще залишається вільний час.

У чому полягає особливість складання діагностичних завдань? Передусім у тому, що безпосередньому складанню завдань передуює виділення зі змісту даної роботи фізичного практикуму тих елементів навчального матеріалу, якими учні повинні володіти для успішного її виконання. За характером вони можуть бути як суто теоретичними, тобто пов'язаними з теоретичним матеріалом даної роботи (наприклад, необхідні формули та співвідношення між шуканими величинами, пояснення фізичних явищ, що мають спостерігатися під час проведення експерименту тощо), так і експериментальними, які охоплюють розглянуті вище експериментальні знання та вміння. Такі *сміслові елементи* (останній термін зустрічається у дослідженнях з педагогіки) є найменшими складовими частинами навчального матеріалу, які ще зберігають самостійний фізичний зміст. З точки зору логічної структури вони можуть бути й досить складними. Сміслові елементи містять, як правило, інформацію наступного характеру:

- зміст фізичної величини чи поняття;
- констатацію зв'язків фізичних величин та характер цих зв'язків;
- формули, що виражають характер зв'язку між величинами на мові математики;
- наукові факти, твердження;
- формулювання правил, визначень та законів;
- елементи пояснень явищ;

- факти політехнічного характеру, що розкривають призначення, принцип дії та будову технічних об'єктів тощо.

Після виділення смислових елементів складаються завдання у вигляді тестових запитань та вправ, націлених на перевірку засвоєння саме цих смислових елементів навчального матеріалу даної роботи фізичного практикуму.

Зрозуміло, що число основних (базових) смислових елементів для окремої роботи фізичного практикуму може виявитися й досить великим, що призведе до ускладнення перевірки рівня їх сформованості в учнів, зокрема, потребуватиме для цього досить багато часу. Обмежитися ж перевіркою сформованості в учнів лише деяких з них не можна, бо необхідною умовою успішного виконання роботи є володіння саме всіма виділеними смисловими елементами, адже зрозуміло, що результати складної діяльності (а експериментальна діяльність саме такою і є) суттєво обмежуються успішністю виконання елементарних операцій, які її складають. Що ж робити у цьому випадку?

Зважаючи на те, що смислові елементи охоплюють відносно незалежні частини навчального матеріалу, їх відпрацювання з обов'язковою перевіркою рівня засвоєння можна рознести у часі, тобто здійснювати це на окремих заняттях, що передують даній роботі фізичного практикуму. Лише після відпрацювання всіх виділених смислових елементів (отримання заліку з кожного з них) учень допускається до роботи.

Розглянемо далі критерій пропонованої діагностики, за яким учні мають допускатися або не допускатися до безпосереднього проведення фізичного експерименту. На наш погляд, цим критерієм є правильне виконання всіх завдань. Це пояснюється тим, що діагностичні завдання, як вже зазначалося, націлені на перевірку в учнів певного мінімуму знань та вмінь стосовно конкретної роботи фізичного практикуму, які необхідні для самостійної і, що дуже важливо, усвідомленої експериментальної діяльності. Учні, що припустилися незначної кількості (однієї-двох) помилок, можуть також

отримати допуск до роботи, але після додаткових запитань учителя (у разі правильних відповідей на них).

Наведемо тут приклад смислового елемента та відповідних йому діагностичних запитань до роботи фізичного практикуму “Визначення температурного коефіцієнта електричного опору металу” (ця робота є типовою і міститься у низці дидактичних матеріалів з фізичного практикуму).

Якщо досліджуваний інтервал температур є таким, що залежність опору провідника від його температури $R = R(t)$ на цьому інтервалі можна вважати лінійною (із заданою точністю), то за допомогою графіка $R(t)$ можна знайти температурний коефіцієнт опору α матеріалу провідника, як відношення зміни його опору ΔR до інтервалу температур Δt , на якому відбулася ця зміна, поділеному на опір провідника при $0\text{ }^\circ\text{C}$.

Завдання. У досліді була встановлена наступна залежність опору провідника від його температури $R = R(t)$:

$t, \text{ }^\circ\text{C}$	20	40	60	80	100
$R, \text{ Ом}$	3,8	4,0	4,3	4,5	4,9

Чи вірними є такі твердження? Відповідь дайте у вигляді: *так, ні, або не знаю*.

- а) Температурний коефіцієнт опору (α) вимірюється у K^{-1} ;
- б) для знаходження α за графіком наведеної залежності $R = R(t)$ необхідно ще додатково виміряти опір провідника при $0\text{ }^\circ\text{C}$;
- в) якщо при збільшенні температури опір провідника зменшується, то за графіком $R(t)$ знайти α неможливо;
- г) перед тим, як знаходити α за графіком $R(t)$, необхідно обов’язково перевести значення температур (поданих у таблиці) у кельвіни;
- д) для матеріалу досліджуваного провідника α додатне;
- е) точність отриманих значень α зовсім не залежить від вибраного масштабу числових осей опору та температури.

Отже, розв'язування певної експериментальної задачі на занятті з фізичного практикуму потребує від учнів попередньої підготовки, що має проводитись ще до безпосереднього виконання фізичного експерименту, адже учні повинні провести всі етапи розв'язування за обмежений час. Запропонований нами *спосіб* здійснення діагностики за допомогою завдань у вигляді тестових запитань та вправ, націлених на перевірку засвоєння *смыслових елементів* навчального матеріалу даної задачі, дозволяє контролювати стан *попередньої підготовки* учнів до розв'язування експериментальних задач, від якої суттєво залежатиме успішність їх роботи на уроці.

Висновки до другого розділу

1. Розроблено *дворівневий* підхід до навчання старшокласників формулювання і розв'язування експериментальних задач з фізики. *Перший* його рівень передбачає набуття учнями окремих елементарних умінь з доведенням їх (за допомогою *підготовчих вправ*) до рівня відповідних навичок, які на *другому* рівні вказаного підходу – у процесі винахідницької діяльності – інтегруються до складного вміння формулювати і розв'язувати експериментальні задачі.

2. Показано *можливість виокремлення* відносно самостійних за змістом експериментальних задач у процесі розв'язування учнями певної навчальної фізико-технічної проблеми (зокрема пошуку її нових розв'язків), а також у процесі детального розгляду вже існуючих її розв'язків (у вигляді відповідних винаходів). Вказана можливість виступає сприятливим підґрунтям для навчання старшокласників *формулювати* експериментальні задачі.

3. Визначено і розроблено *необхідні складові* успішного навчання старшокласників формулювання і розв'язування експериментальних задач саме у процесі їх винахідницької діяльності: детальне вивчення теоретичного матеріалу, що стосується фізичних явищ та ефектів, навчання висування ідей можливих способів розв'язування експериментальних задач, математичне забезпечення процесу розв'язування експериментальних задач, набуття окремих експериментальних умінь за допомогою підготовчих вправ, використання нових інформаційних технологій у процесі винахідницької діяльності.

4. Виявлено, що успішному навчанню *висування та обґрунтування можливих способів* розв'язування експериментальних задач сприяє:

➤ засвоєння учнями певного “*банку ідей*” – упорядкованої системи можливих розв'язків експериментальних задач, яка може бути сформована шляхом розв'язування спеціально підібраних цікавих експериментальних задач, що потребують від учнів відповіді на запитання “як зробити?”, “як визначити?” тощо;

➤ розв'язування учнями *тренувальних* винахідницьких задач, що являють собою відносно прості допоміжні задачі, розв'язки яких мають не стільки науково-практичну, скільки навчальну значущість.

5. Запропоновано *проводити діагностику* рівня підготовленості учнів до розв'язування експериментальних задач на заняттях з фізичного практикуму за допомогою завдань у вигляді тестових запитань та вправ, націлених на перевірку засвоєння учнями *сміслових елементів* навчального матеріалу даної задачі.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Передумови проведення педагогічного експерименту

З 2002/2003 навчального року автор дисертації працює вчителем фізики у гімназії № 28 м. Запоріжжя, зокрема у спеціалізованому фізико-математичному класі. Крім цього, як уже зазначалося у пункті 2.1.1, автор керує гуртком з технічної творчості, створеним на базі цієї ж гімназії при Запорізькому обласному Центрі науково-технічної творчості учнівської молоді “Грані” (про організацію роботи учнів в умовах цього гуртка також уже йшлося у пункті 2.1.1). До складу *експериментальної групи* (табл. 3.1) входили як учні фізико-математичного класу, в якому автор дисертації викладав фізику (більшість з них при цьому відвідувала гурткові заняття), так і старшокласники з інших шкіл (які теж брали участь у роботі зазначеного гуртка).

Апробація методичних розробок здійснювалася як у позаурочний час (на гурткових заняттях), так і безпосередньо на заняттях фізичного практикуму (який у фізико-математичних класах проводиться впродовж усього навчального року). Останній напрямок досліджень був можливим з урахуванням того, що до експериментальної групи входили також ті учні, у яких учителем фізики був автор. З’ясовуючи можливість організації винахідницької діяльності на заняттях з фізичного практикуму, учням, що працювали на цих заняттях у малих групах (два-три учні), завчасно (наприклад, на початку навчального року або семестру) пропонувався до розв’язування певний цикл винахідницьких задач. Кожна з них передбачала формулювання та розв’язування деяких експериментальних задач. Саме з останнім і була пов’язана навчальна діяльність учнів – членів експериментальної групи на заняттях з фізичного практикуму.

Склад експериментальної групи

Прізвище та ім'я учня	Рік вступу до експериментальної групи	Клас, з якого почалося експериментальне навчання	Освітній заклад, у якому навчався учень	Вчитель фізики учня
1. Будяк Сергій	2003	8	Гімназія № 28 м. Запоріжжя	А.М. Андрєєв
2. Буйденко Станіслав	2003	7		
3. Волков Олексій	2003	8		
4. Дзюбан Юрій	2003	8		
5. Жабко Дмитро	2003	8		
6. Зайцев Євген	2002	7		
7. Іщенко Дмитро	2003	8		
8. Каменщик Олексій	2003	8		
9. Караневич Михайло	2003	8		
10. Каушан Вадим	2003	8		
11. Киричек Олександр	2003	8		
12. Коровін Кирило	2003	8		
13. Кретов Костянтин	2004	9		
14. Куземко Андрій	2003	8		
15. Кузьменко Микита	2002	7		
16. Курмак Зоя	2003	8		
17. Левін Роман	2002	7		
18. Луньова Ганна	2003	8		
19. Савран Дмитро	2003	8		
20. Серов Арсеній	2003	8		
21. Сисоєв Микита	2003	8		
22. Сова Олександр	2003	8		
23. Старченко Андрій	2003	8		
24. Терьохін Костянтин	2003	8		
25. Філіпов Максим	2003	8		
26. Дмитренко Максим	2002	8	Гімназія № 28 м. Запоріжжя	В.М. Карпова
27. Зубков Сергій	2003	10	Навчально-виховний комплекс "Освіта" м. Запоріжжя	Ю.П. Мінаєв
28. Мінаєв Гліб	2003	10		
29. П'янкова Олена	2002	11	Лицей № 105 м. Запоріжжя	
30. Кудряшова Ганна	2002	11		

Як засвідчив педагогічний експеримент, цикл пропонуванних учням винахідницьких задач можна підбирати таким чином, щоб у процесі їх розв'язування впродовж навчального року (або його частини) вдавалося охопити майже всі експериментальні завдання, що пропонуються учням під час традиційного проведення фізичного практикуму. Проте, на нашу думку, особлива цінність такого підходу полягає у тому, що учні, формулюючи деяку експериментальну задачу, самостійно підходять до необхідності її розв'язування. Тому в них не виникає до вчителя таких запитань, як: “Навіщо потрібна дана робота фізичного практикуму? Де можна використати даний спосіб вимірювання?” тощо.

Ще однією характерною особливістю даного підходу до розвитку в учнів уміння формулювати і розв'язувати експериментальні задачі є виникнення відповідних *мотивів* навчальної діяльності, які є одним з необхідних компонентів, що забезпечують успішність цієї діяльності. Як нами вже зазначалося у підрозділі 1.2, спочатку такі мотиви формуються під впливом *зовнішніх* по відношенню до змісту навчальної діяльності факторів. У нашому випадку ними виступають, наприклад:

- зацікавленість учнів в участі у різних конкурсах та турнірах з фізики та техніки;
- інтерес до створення діючих моделей пристроїв, що запропонували вони самі;
- оформлення заявок на передбачувані винаходи та написання статей для публікації розробок у журналах науково-технічного спрямування тощо.

Згодом ці зовнішні до змісту навчальної діяльності мотиви замінюються *внутрішніми* пізнавальними мотивами, які визначають інтерес безпосередньо до змісту знань, способу їх набуття.

Говорячи про експериментальну перевірку розробленої методики цілеспрямованого навчання старшокласників формулювання і розв'язування експериментальних задач з фізики для підвищення результативності їх винахідницької діяльності, необхідно сказати про відповідний *критерій*

успішності такого навчання. Нагадаємо, що за А.В. Хуторським при евристичному підході до навчання (окремим випадком якого є розглядуваний нами підхід) контролю досягнень учнів підлягають не стільки рівень засвоєння готових знань, скільки *творчі відхилення* від них. При цьому оцінюються розвиток особистісних якостей учня, його творчі досягнення з навчального предмета, рівень засвоєння та випередження освітніх стандартів. Серед матеріалів, які дозволяють судити про зміни, що відбулися в учнів, А.В. Хуторський наводить також *індивідуальні творчі роботи* та інші *освітні продукти* учнів [190, с. 434].

З метою забезпечення *об'єктивності* результатів експериментальної перевірки до уваги нами бралися, у першу чергу, ті навчальні досягнення, що були засвідчені *незалежними експертами*. Серед них: перемоги (участь) у всеукраїнських та міжнародних конкурсах, отримання патентів на винаходи та корисні моделі та публікація статей.

Експертами, які визначали рівень досягнень учнів експериментальної групи, виступили: *спеціалісти та експерти* установ у галузі винахідництва та раціоналізаторства (зокрема Державного департаменту інтелектуальної власності України, Державного підприємства “Український інститут промислової власності” та Українського центру інноватики та патентно-інформаційних послуг), *члени журі* міжнародних та всеукраїнських конкурсів та турнірів, *представники* міжнародних та національних наукових товариств, *співробітники* підприємств і наукових установ та інші.

Отож розглянемо деякі з навчальних досягнень учнів – членів експериментальної групи за п'ять років використання запропонованого нами підходу (окремі з них висвітлені також у [8]).

3.2. Результативність запропонованого підходу до навчання старшокласників формулювання і розв'язування експериментальних задач у процесі винахідницької діяльності

Участь у Всеукраїнських олімпіадах, конкурсах і турнірах з фізики та техніки. Одним із заходів позаурочної роботи старшокласників є *фізичні олімпіади*, які проводяться у п'ять етапів: I етап – шкільні (училищні), II етап – районні (міські), III етап – обласні (в Автономній Республіці Крим – республіканські, у містах Києві та Севастополі – міські), IV етап – на державному рівні та V – міжнародні олімпіади.

Як правило, починаючи з III-го (обласного) етапу, олімпіади мають *експериментальні* тури, у яких учням пропонується розв'язати одну-дві експериментальні задачі. У них, зазвичай, потрібно виміряти певний параметр об'єкта, дослідити залежність між фізичними величинами, які його характеризують, або ж встановити сам об'єкт дослідження (задачі із “чорними ящиками”). А для цього учні повинні “винайти” відповідні способи вимірювання, експериментальні установки тощо.

Часто в *олімпіадних* експериментальних задачах вже у самій умові *явно* присутній *винахідницький аспект* задачі. Так, у 2006 році на державному етапі Всеукраїнської олімпіади з фізики (м. Одеса) пропонувалася задача, у якій вимагалось *сконструювати пристрій для вимірювання маси; побудувати градувальну криву для користування ним; навести ескіз вимірювального пристрою та визначити його чутливість (обладнання: кусачки, наждачний папір, відрізок мідного дроту діаметром 1,50 мм, чотири відрізки дроту діаметром 0,4 – 0,6 мм у лаковій ізоляції із зачищеними кінцями, дерев'яна лінійка, магніт, котушка мідного дроту, з'єднувальні провідники, батарейка на 4,5 В, змінний резистор на 47 Ом, амперметр шкільний на 2 А, аркуш міліметрового паперу, пластилін, тіло для контрольного зважування)*.

Останній приклад вартий уваги ще й тому, що саме з подібними задачами доводиться стикатися у реальній дослідницькій діяльності (до того ж їх

необхідно ще й вдало сформулювати!). Зрозуміло, що для успішного розв'язання таких задач сформованості окремих елементарних експериментальних умінь (навіть на дуже високому рівні) буде замало – потрібен певний *досвід винахідницької діяльності*. Розглянемо дані про участь учнів упродовж експериментального навчання у Всеукраїнських олімпіадах з фізики (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Результати виступів учнів на різних етапах олімпіад з фізики

Навчальний рік	Етап олімпіади	Прізвище та ім'я учня	Місце	Клас
2002/2003	II-й (районний)	Зайцев Євген	I	7
2003/2004	II-й (районний)	Буйденко Станіслав	I	7
		Зайцев Євген Левін Роман Будяк Сергій	I II III	8
	III-й (обласний)	Зайцев Євген Левін Роман	II II	8
2004/2005	II-й (районний)	Левін Роман Зайцев Євген Жабко Дмитро	I II III	9
	III-й (обласний)	Левін Роман Зайцев Євген	II II	9
	IV-й (державний)	Левін Роман	III	9
2005/2006	II-й (районний)	Левін Роман Зайцев Євген Жабко Дмитро Серов Арсеній Киричек Олександр	I I II II III	10
	III-й (обласний)	Левін Роман Зайцев Євген	II II	10
	IV-й (державний)	Левін Роман	III	10
2006/2007	II-й (районний)	Левін Роман Зайцев Євген Киричек Олександр Жабко Дмитро Серов Арсеній Куземко Андрій	I I II II II II	11
	III-й (обласний)	Левін Роман Зайцев Євген	I III	11
	IV-й (державний)	Левін Роман Зайцев Євген	III III	11

Аналіз результатів виступів учнів експериментальної групи в олімпіадах з фізики (табл. 3.2) дозволяє помітити, що вони певною мірою залежать від ступеня активної участі старшокласників у винахідницькій діяльності. Так, двоє з учнів – Роман Левін та Євген Зайцев – які об’єктивно мали більший досвід винахідницької діяльності (про останнє можна судити хоча б за більшою кількістю зроблених ними винаходів, відомості про які наведені у пункті 3.2.3), досягали також більш високих результатів в олімпіадах. При цьому особливо важливим для нас були відносно високі (та стабільні) результати, досягнуті ними саме в експериментальних турах, бо, як правило, учасники олімпіад значно гірше справляються з експериментальними задачами, ніж із задачами теоретичних турів.

Участь у Всеукраїнському конкурсі-захисті науково-дослідницьких робіт учнів – членів МАН. Результати виступів учнів з експериментальної групи (Запорізьке територіальне відділення МАН України) – на II-их (обласних) та III-іх (державних) етапах цього конкурсу за роки експериментального навчання наведені у таблицях 3.3 та 3.4. Автор дисертації був їхнім науковим керівником, а у більшості учнів – ще й учителем фізики (це видно з табл. 3.1).

Таблиця 3.3

Результати виступів учнів на обласних конференціях МАН

Навчальний рік	Прізвище та ім'я учня	Клас	Тема роботи	Секція	Місце
2002/ 2003	Кудряшова Анна	11	Застосування понять теорії поля у механіці	Прикладна математика	III
	П'янкова Олена	11	Індукторний генератор для тихохідних вітроенергетичних установок	Промислове, технологічне обладнання та технології	I
2003/ 2004	Дмитренко Максим	9	Енергозабезпечення індивідуального господарства за допомогою енергії вітру	Цільові розробки на замовлення наукових установ та промислових підприємств	I

Навчальний рік	Прізвище та ім'я учня	Клас	Тема роботи	Секція	Місце
2004/ 2005	Левін Роман	9	Вітровий двигун з автоматичною стабілізацією частоти обертання	Промислове технологічне обладнання та технології	I
	Дмитренко Максим	10	Електроочищення промислових стічних вод за допомогою електролізу	Цільові розробки на замовлення наукових установ та промислових підприємств	I
2005/ 2006	Зайцев Євген	10	Хвильова енергетична установка для автономного живлення сигнальних буїв	Транспортні системи, засоби та обладнання	I
	Левін Роман	10	Індукторний генератор із зубчастим ротором	Електроніка та приладобудування	I
	Дмитренко Максим	11	Установка для очистки промислових стічних вод із невичерпним джерелом живлення	Технологічне обладнання та технології	I
	Серов Арсеній	10	Використання явища теплового розширення твердих тіл у процесі розв'язування винахідницьких задач	Фізика	III
2006/ 2007	Жабко Дмитро	11	Нові демонстраційні пристрої для експериментальної підтримки вивчення коливань	Електроніка та приладобудування	I
	Зайцев Євген	11	Хвильова енергетична установка для автономного живлення сигнальних буїв	Транспортні системи, засоби та обладнання	I
	Киричек Олександр	11	Пристрій для екранування електромагнітних хвиль мобільного телефонного зв'язку	Інформаційні, телекомунікаційні системи, обладнання та прилади	I
	Левін Роман	11	Вітроенергетична установка з системою автоматичного регулювання робочих параметрів	Промислове технологічне обладнання та технології	I
	Серов Арсеній	11	Пристрої для регулювання частоти струму та напруги електрогенератора вітроенергетичної установки	Сільськогосподарська техніка, обладнання та технології	I

**Результати виступів учнів на заключних (державних) етапах
конференцій МАН**

Нав-чальний рік	Прізвище та ім'я учня	Клас	Тема роботи	Секція	Місце
2002/2003	П'янкова Олена	11	Індукторний генератор для тихохідних вітроенергетичних установок	Промислове, технологічне обладнання та технології	I
2003/2004	Дмитренко Максим	9	Енергозабезпечення індивідуального господарства за допомогою енергії вітру	Електроніка та приладобудування	I
2004/2005	Левін Роман	9	Вітровий двигун з автоматичною стабілізацією частоти обертання	Промислове технологічне обладнання та технології	II
	Дмитренко Максим	10	Електроочищення промислових стічних вод за допомогою електролізу	Цільові розробки на замовлення наукових установ та промислових підприємств	I
2005/2006	Зайцев Євген	10	Хвильова енергетична установка для автономного живлення сигнальних буїв	Транспортні системи, засоби та обладнання	I
	Левін Роман	10	Індукторний генератор із зубчастим ротором	Електроніка та приладобудування	I
	Дмитренко Максим	11	Установка для очистки промислових стічних вод із невичерпним джерелом живлення	Технологічне обладнання та технології	I
2006/2007	Жабко Дмитро	11	Нові демонстраційні пристрої для експериментальної підтримки вивчення коливань	Електроніка та приладобудування	I
	Зайцев Євген	11	Хвильова енергетична установка для автономного живлення сигнальних буїв	Транспортні системи, засоби та обладнання	I
	Левін Роман	11	Вітроенергетична установка з системою автоматичного регулювання робочих параметрів	Промислове технологічне обладнання та технології	I
	Киричек Олександр	11	Пристрій для екранування електромагнітних хвиль мобільного телефонного зв'язку	Інформаційні, телекомунікаційні системи, обладнання та прилади	II
	Серов Арсеній	11	Пристрої для регулювання частоти струму та напруги електрогенератора вітроенергетичної установки	Сільськогосподарська техніка, обладнання та технології	II

Розглянемо деякі із зазначених учнівських робіт детальніше, адже вони мають не лише дидактичне, але й науково-практичне значення. Так, учні нашої експериментальної групи – Микита Кузьменко та Олена П’янкова – стали співавторами винаходу **“Індукторний генератор”** (патент України № 63405А) [138], про який досить детально говорилося у пункті 2.1.2. Учнями була запропонована конструкція генератора, розроблена його діюча модель, проведені оцінні розрахунки основних параметрів генератора та експериментальне дослідження деяких його режимів роботи.

За матеріалами розглянутої розробки Оленою П’янковою була написана науково-дослідна робота, яка розглядалася на конференціях МАН України, зокрема на її техніко-технологічному відділенні у секції “Промислове, технологічне обладнання та технології”. Ця робота посіла I місце на обласному та I місце на державному етапах цього конкурсу (табл. 3.3 та 3.4).

Учень 9-го фізико-математичного класу гімназії № 28 м. Запоріжжя Максим Дмитренко разом з Оленою П’янковою стали співавторами винаходу **“Вітровий двигун”** (патент України № 71490 А) [139].

Формула винаходу: *Вітровий двигун, що складається з вертикально розташованого вала, на якому симетрично розміщені лопаті, який відрізняється тим, що кожна лопать вітродвигуна складається з системи секцій-пластин, які закріплені однією стороною на осях (спицях) і мають змогу незалежно одна від одної під дією повітряного потоку відхилитися на кут до 180° лише в одному напрямку.*

Запропонований вітродвигун здатний забезпечити енергією невелике індивідуальне господарство при наявності вітру зі швидкістю, більшою за порогове значення ($3 \div 4$ м/с). Отриману механічну енергію можна перетворити також в електричну (за допомогою електрогенератора).

Теоретичні розрахунки, результати експериментальних досліджень та технічний опис наведеного винаходу були оформлені Максимом Дмитренком у вигляді науково-дослідної роботи “Енергозабезпечення індивідуального господарства за допомогою енергії вітру”. Учень також була спроектована та

виготовлена діюча модель вітродвигуна (рис. 3.1). Робота була представлена на обласному та державному етапах конкурсу-захисту науково-дослідних робіт учнів-членів МАН, а саме на її техніко-технологічному відділенні (2003/2004 навчальний рік). На обох етапах цього конкурсу Максим Дмитренко посів I місце (це видно також з табл. 3.3 та 3.4). Робота учня відзначена також у науково-практичному журналі “Інтелектуальна власність” [184].

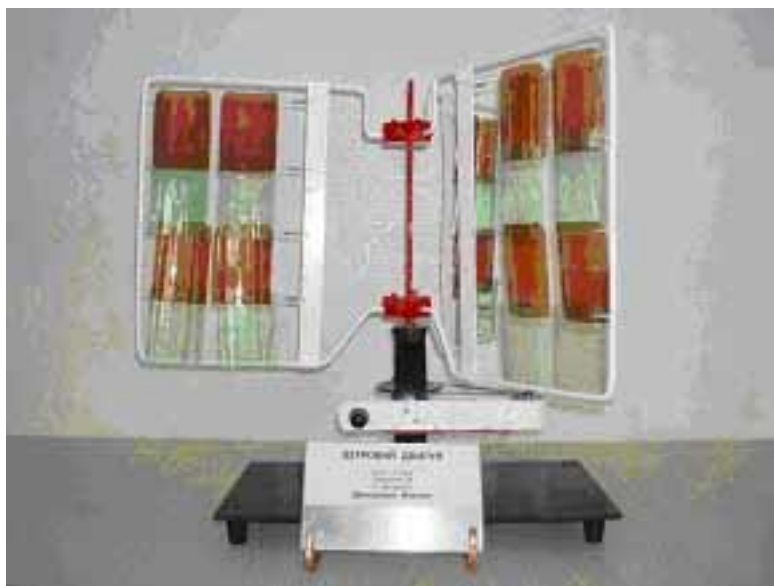


Рис. 3.1. Діюча модель вітрового двигуна з вертикальною віссю обертання
(патент України № 71490А)

Учень 10-го фізико-математичного класу Роман Левін продовжив розпочате до нього теоретичне та експериментальне дослідження вже розглядуваного нами *індукторного генератора*. Учні вдалося усунути ще один недолік існуючих генераторів індукторного типу – наявність постійної складової магнітного потоку через робочу обмотку, яка не призводить до створення ЕРС, а лише знижує магнітну проникливість магнітопроводу [35, с. 137]. Це виявилось можливим за рахунок удосконалення конструкції ротора та магнітних ланцюгів статора (рис. 3.2).

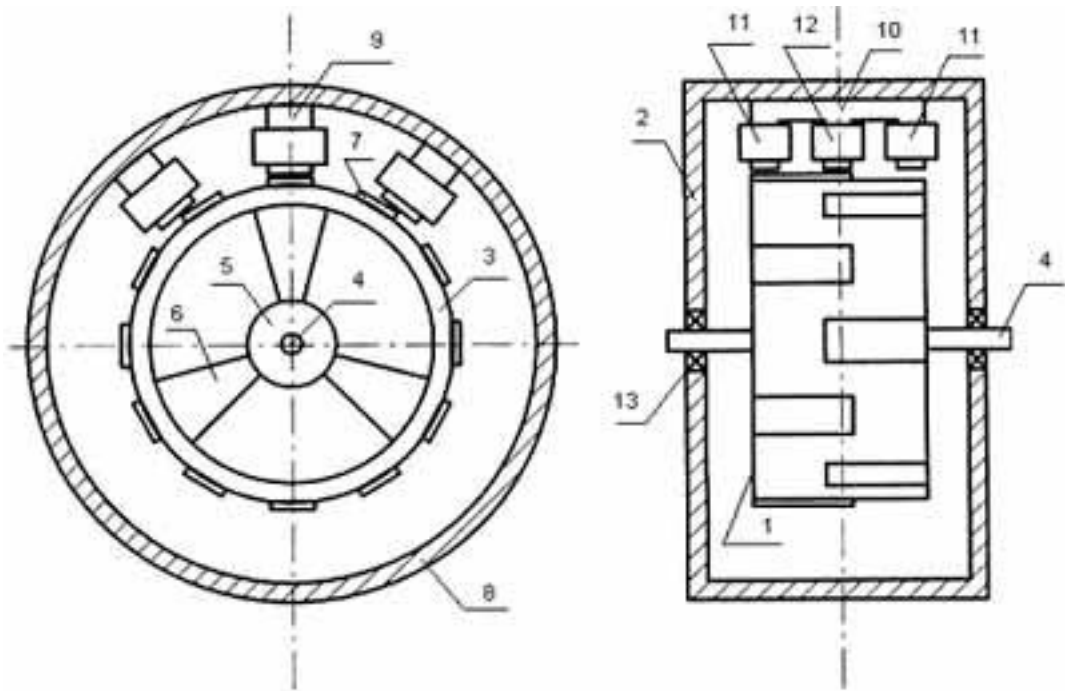


Рис. 3.2. Схема удосконаленого індукторного генератора: 1 – ротор, 2 – статор, 3 – порожнистий циліндр, 4 – вал, 5 – втулка, 6 – спиці, 7 – зубці з магнітом’якого матеріалу, 8 – корпус, 9 – магнітні ланцюги, 10 – Ш-подібний магнітопровід, 11 – обмотка збудження, 12 – робоча обмотка, 13 – підшипники

Зубці ротора при його обертанні періодично замикають середній та по черзі один з крайніх стержнів Ш-подібного магнітопроводу (рис. 3.3) з обмотками (збудження та робочою), змінюючи при цьому магнітний опір відповідної Ш-подібної частини магнітопроводу від максимального значення R_{max} (коли ця частина розімкнута) до мінімального R_{min} (при замиканні даної частини зубцем ротора). Відповідно до цього результуючий магнітний потік у середньому стержні магнітопроводу буде змінюватися від Φ_{max} до $-\Phi_{max}$. Останнє викличе появу ЕРС у робочій обмотці.

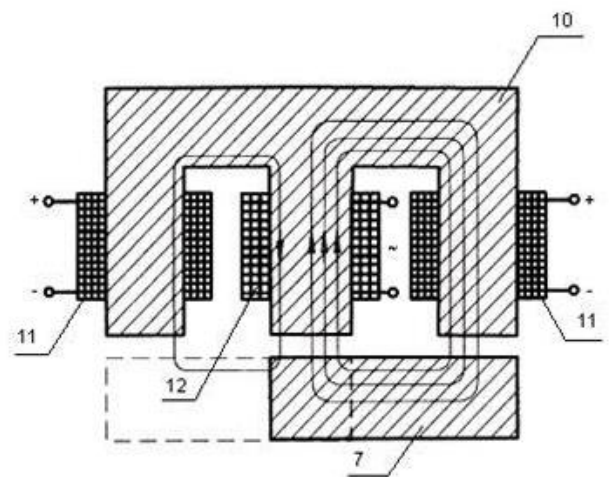
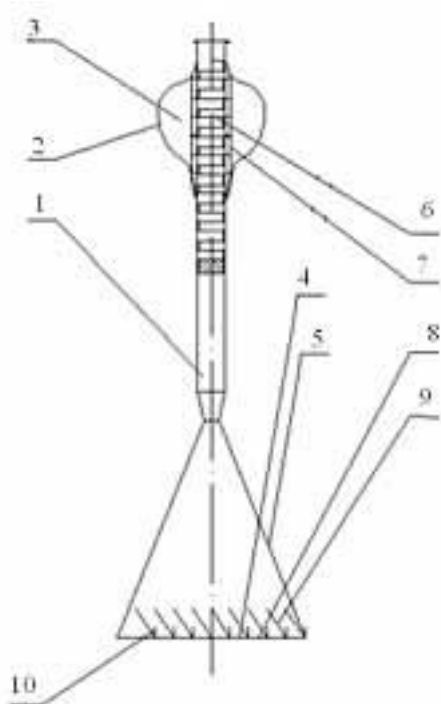


Рис. 3.3. Схема магнітного ланцюга генератора

На розглянутий генератор також отримано патент на корисну модель (патент України № 6009U) [141]. Проведена учнем робота була оцінена дипломами I-го ступеня як на обласному, так і на державному етапах конкурсу-захисту МАН (табл. 3.3 та 3.4). Деякі результати цієї роботи були відображені нами (у співавторстві з учнями) у наукових статтях [15; 16].

Звернемо увагу ще на один винахід – “**Хвильова енергетична установка**” (патент України №17034U). Співавтором цього винаходу став учень 10-го фізико-математичного класу Євген Зайцев. Метою роботи було удосконалення існуючих конструкцій хвильових енергетичних установок (разом із електрогенератором) з метою усунення їх недоліків. Розроблена учнем установка (рис. 3.4) дозволяє перетворювати енергію хвиль на поверхні води в електричну енергію, яку можна використовувати, наприклад, для автономного живлення сигнальних буїв.



а)



б)

Рис. 3.4. Схема хвильової енергетичної установки (а) та модель кіля до неї (б):

- 1 – труба, 2 – поплавок, 3 – надувна камера, 4 – киль, 5 – штанги, 6 – якірна обмотка, 7 – рухома частина генератора, 8 – рама, 9 – поворотні пластини, 10 – фіксатори

При виникненні хвиль поплавок з рухомою частиною електричного генератора виконують зворотно-поступальний рух уздовж труби, у порожнині якої розміщено якірну обмотку електрогенератора. Внаслідок цього в останній наводиться ЕРС. Опір підйому самої труби (з якірною обмоткою) створює киль (рис. 3.4б). Його поворотні пластини можуть повертатися на довільний кут від 0° до 90° в одному напрямку. Відхилятися в інший бік їм заважають осі спиці (на рис. 3.4 вони не показані). Фіксатори запобігають повороту пластин кут більший ніж 90° . Зміна об'єму еластичної надувної камери дозволяє регулювати потужність установки при зміні параметрів хвиль.

На основі цього винаходу Євген Зайцев підготував науково-дослідницьку роботу “Хвильова енергетична установка для автономного живлення сигнальних буїв”. Робота була представлена учнем, окрім іншого, на обласному та державному етапах конференцій МАН, за підсумками яких вона також була оцінена дипломами I-го ступеня.

Участь у Всеукраїнських турнірах юних винахідників і раціоналізаторів. Окрім фізичних олімпіад та конкурсів-захистів науково-дослідних робіт МАН, автор дисертації займався також підготовкою учнів до *Всеукраїнських турнірів юних винахідників і раціоналізаторів (ТЮВіР)*, які проходять щорічно у м. Чернігові. Як зазначає А.А. Давиденко у [65, с. 202] (він є одним з організаторів турніру та головою журі), мета цього заходу – формування в учнів інтересу до прикладної фізики, виявлення серед них тих, які схильні до винахідницької діяльності, тобто до пошуків технічних розв'язань на основі знань з фізики, створення умов для розвитку та реалізації їхніх творчих здібностей. У зв'язку з тим, що базовою дисципліною турніру є фізика, розв'язки винахідницьких задач, які пропонуються його учасникам, повинні бути “фізичними”, тобто мають спиратися на використання фізичних явищ та ефектів.

Не маючи на меті детально розглядати правила проведення турніру, про який йдеться, зазначимо лише, що перший (заочний) його етап проходить впродовж кількох місяців. Для цього його організаторами пропонується для

розв'язування 15 – 20 винахідницьких задач. Під час першого етапу учні можуть користуватися будь-якою літературою, консультуватися з фахівцями (науковцями, інженерами, винахідниками тощо). На заключному (фінальному) етапі команди – представники різних областей України – беруть участь у рольовій грі, у ході якої учні (члени команд) доповідають про свої винаходи, опонують інші розв'язки, ведуть наукову дискусію між собою та з членами журі. Заключний етап турніру складається з чвертьфіналу, півфіналу та фіналу. Команди-фіналісти за декілька годин до гри (як правило, це три-чотири години) отримують умови нових задач. Ці задачі вони повинні розв'язати самостійно (при цьому дозволяється користуватися будь-якою довідниковою літературою).

На VII Всеукраїнському ТЮВіР (2004/2005 навчальний рік) Запорізьку область представляла збірна команда “Імпульс” (дані про членів команди наведено у табл. 3.5), у складі якої було п'ятеро учасників. Троє з них дев'ятикласники, двоє – учні десятого класу.

Таблиця 3.5

**Виступ команди Запорізької області “Імпульс” на VII
Всеукраїнському ТЮВіР (2004 р.)**

Прізвище та ім'я учасника	Клас	Результат виступу команди	
		Командна першість	Особиста першість
1. Кузьменко Микита (капітан команди)	9	Почесна грамота за ерудицію в галузі технічних знань	Кузьменко Микита: • Почесна грамота за <i>вміння оригінально мислити</i> ; • грамота Української академії наук за <i>активну участь у технічній творчості та винахідницькій діяльності</i>
2. Левін Роман	9		
3. Зайцев Євген	9		
4. Мінаєв Гліб	10		
5. Зубков Сергій	10		

Зважаючи на те, що до команд-суперниць входили переважно учні одинадцятих класів, виступ команди “Імпульс” можна вважати успішним, оскільки вона була нагороджена почесною грамотою за *ерудицію в галузі технічних знань*, а її капітан – Кузьменко Микита – ще й почесною грамотою за

вміння оригінально мислити. Окрім цього, за активну участь у технічній творчості та винахідницькій діяльності він також був нагороджений грамотою Української академії наук, а також річною підпискою на журнал “Винахідник і раціоналізатор”.

Через рік на VIII Всеукраїнському ТЮВіР (2005/2006 навчальний рік) Запорізьку область представляла команда “Грані”. Така назва пов’язана з тим, що учні – члени цієї команди – були вихованцями Запорізького обласного Центру науково-технічної творчості учнівської молоді “Грані”.

Підготовку команди до турніру автор дисертації проводив головним чином на гурткових заняттях. Результатом цієї роботи став досить успішний виступ команди на VIII ТЮВіР – II місце у командній першості, I та III місця в особистій першості, а також дві почесні грамоти у номінації за *творчий підхід до розв’язання винахідницьких задач* (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

**Виступ команди Запорізької області “Грані” на VIII
Всеукраїнському ТЮВіР (2005 р.)**

Прізвище та ім’я учасника	Клас	Результат виступу команди	
		Командна першість	Особиста першість
1. Левін Роман (капітан команди)	10	II місце	Левін Роман – • I місце; • Почесна грамота за <i>творчий підхід до розв’язання винахідницьких задач</i> . Дмитренко Максим – • III місце; • Почесна грамота за <i>творчий підхід до розв’язання винахідницьких задач</i>
2. Жабко Дмитро	10		
3. Зайцев Євген	10		
4. Дмитренко Максим	11		
5. Мінаєв Гліб	11		

А у наступному 2006/2007 навчальному році команда “Грані” у дещо оновленому складі (табл. 3.7) стала абсолютним переможцем (I місце) IX Всеукраїнського ТЮВіР (рис. 3.5).

**Виступ команди Запорізької області “Грані” на ІХ
Всеукраїнському ТЮВіР (2006 р.)**

Прізвище та ім'я учасника	Клас	Результат виступу команди	
		Командна першість	Особиста першість
1. Левін Роман (капітан команди)	11	І місце	І місце (Левін Роман)
2. Зайцев Євген	11		
3. Жабко Дмитро	11		
4. Серов Арсеній	11		
5. Киричек Олександр	11		

Як видно з таблиць 3.5 – 3.7, до основного складу команд входили учні, які брали участь у ТЮВіР більше одного разу. Це дозволяє на підставі порівняння виступів команд “Імпульс” та “Грані” впродовж трьох років зробити висновок про *досить суттєві зміни*, які відбулися в учнів. Останнє вказує на ефективність запропонованого автором дисертації підходу до розвитку *вміння формулювати і розв'язувати експериментальні задачі* саме у процесі *винахідницької* діяльності учнів (указане вміння виступало невід'ємним компонентом цієї діяльності).

Наведемо далі для прикладу найбільш яскраві винахідницькі задачі Всеукраїнських ТЮВіР із нашими розв'язками.



“Грані” (2006 р.)

“Звукознімач”. Для перетворення звуку звичайної акустичної гітари в електричний сигнал під кожною з її струн достатньо вставити звичайні котушки дроту з феромагнітним осердям. Можна навіть скористатись і однією котушкою з широким осердям. Приєднана до входу підсилювача така котушка стає датчиком, який перетворює механічні коливання струни в

електричні. Вже існують пристрої аналогічного призначення, принцип дії яких оснований на п'єзоелектричному ефекті. Періодичні зміни сили натягу струни призводять до виникнення в контактуючому з ними п'єзоелектричному датчику електричного сигналу, який подається на вхід підсилювача звукової частоти. Запропонуйте пристрій аналогічного призначення, принцип дії якого був би оснований на інших фізичних явищах або ефектах і який би функціонував за умови використання струн, виготовлених з різних матеріалів (не лише з металу).

Ідея нашого розв'язку полягає у наступному. На корпусі гітари під кожною струною встановлено світлодіод, що випромінює світло в інфрачервоному діапазоні. Над кожною струною розміщено фотодіод, що працює у тому ж діапазоні. Кожен фотодіод під'єднаний до підсилювача електричних сигналів, з якого сигнал подається на електродинамік. Звукознімач підключено до джерела живлення (ним може бути батарея



Рис. 3.6. Діюча модель електрогітари з оптичним звукознімачем (патент України № 23109U)

гальванічних елементів на 3 В). У робочому стані світлодіоди випромінюють інфрачервоні промені, що попадають на фотодіоди.

Коливання струни обумовлюють періодичну зміну світлового потоку, що потрапляє на фотодіод. Це призводить до виникнення у колі фотодіода електричних коливань з частотою, що дорівнює подвоєній частоті коливань струни. Отриманий електричний сигнал підсилюється і за допомогою динаміка перетворюється у звуковий. Інфрачервоні промені під кожною струною можна також створити за допомогою одного світлодіода та системи світловодів (оптичних волокон). Учнями була розроблена та створена діюча модель

електрогітари з винайденим ними оптичним звукознімачем (рис. 3.6). Оформлена учнями заявка на передбачуваний винахід набула статусу патенту України на корисну модель (патент України № 23109U) [149].

“Мобільник”. Однією з проблем, які з’явилися при використанні мобільного телефонного зв’язку, є можливість здійснення учасниками різноманітних заходів конкурсного характеру (наприклад, олімпіад та турнірів) сеансів зв’язку безпосередньо під час виконання завдань. З метою запобігання цьому можна, звичайно, використати спосіб подавлення сигналів зв’язку більш сильним сигналом. Проте досить інтенсивне випромінювання генератора “глушилки” розповсюджується й на ті ділянки місцевості, де є необхідність у мобільному зв’язку. Запропонуйте вирішення даної проблеми іншим способом або з використанням іншого пристрою (не “глушилки”).

Перше, що спадає на думку – оточити кімнату сітчастим екраном. Проте такий спосіб є ані ефективним, бо треба екранувати не тільки стіни, але й підлогу, стелю, двері, ані економічним (це пов’язано із досить значними фінансовими витратами на матеріали та проведення робіт), ані естетично довершеним. До того ж навряд чи можна сподіватися на швидку згоду керівника навчального закладу, у якому проводиться захід, на таке переобладнання приміщень.

Для вирішення поставленої проблеми учні нашої команди запропонували створити *персональні екрани* (користуючись мовою теорії розв’язування винахідницьких задач, можна сказати, що вони скористалися *принципом дроблення*, тобто розділили об’єкт на незалежні частини). Кожен з таких екранів (рис. 3.7) являє собою електропровідний “рукав”, в який поміщається мобільний телефон (усередині рукава телефон фіксується на ремінці). Зрозуміло, що найбільш важливим елементом персонального екрана є його оболонка. Вона повинна водночас відповідати декільком вимогам: бути електропровідною, гнучкою та безпечною щодо уникнення можливості механічних пошкоджень руки користувача.

Задовольняючи цим вимогам, учні запропонували оригінальне рішення – замість звичайних металевих сіток використати спеціальну електропровідну вуглецеву тканину (*принцип використання гнучких оболонок та тонких плівок*).

Для можливості використання таких функцій мобільного телефона як годинник або мікрокалькулятор на бічній поверхні рукава передбачена невелика ділянка з сітчастої металеві оболонки. На розглянутий нами екран отримано патент України № 23160U



Рис. 3.7. Капітан команди “Грані” Роман Левін доповідає розв’язок задачі “Мобільник”

на корисну модель [150].

Участь у Всеукраїнських тижнях, що присвячені винахідництву та

раціоналізаторству. Серед масових заходів позаурочної роботи, які затверджені Міністерством освіти і науки України, є *Всеукраїнський тиждень юних раціоналізаторів та винахідників “Природа – людина – виробництво – екологія”*, а також *Всеукраїнський тиждень науки, техніки, винахідництва та раціоналізаторства* (конкурси проводяться щорічно у Києві).

Відповідно до програми першого з наведених конкурсів учні та студенти беруть участь у виставці-презентації власних теоретичних і практичних розробок (зокрема, наукових та технічних проєктів, що містять елементи *об’єктивної новизни*, які, по можливості, документально підтверджені свідоцтвами про винаходи).

У рамках конкурсу відбуваються також секційні засідання, зокрема працюють секції фізики, хімії, біології, екології, медицини та охорони здоров’я, наук про Землю, сільськогосподарського виробництва. Керують секційними засіданнями та роботою виставки експертні групи, до складу яких входять висококваліфіковані фахівці – представники Національної академії наук України, спеціалісти та експерти установ у галузі винахідництва та

раціоналізаторства (зокрема Державного департаменту інтелектуальної власності України, Державного підприємства “Український інститут промислової власності” та Українського центру інноватики та патентно-інформаційних послуг), викладачі ВНЗ тощо.

Оцінювання учнівських робіт під час їхнього захисту на секційному засіданні проводить експертна група за наперед установленими критеріями. Більшість з них є аналогічними до критеріїв оцінки робіт, які захищаються у секціях МАН. Однак з урахуванням “винахідницько-раціоналізаторської” спрямованості конкурсу особлива увага приділяється *патентоспроможним* розробкам (про критерії патентоспроможності йшлося у пункті 2.1.2). З цим пов’язані додаткові вимоги, що висувуються до учнівських робіт (серед них: наявність елементів об’єктивної новизни, наявність інформації про аналоги, суспільна корисність розробки, ефективність отримання споживачем корисного результату під час практичного використання розробки, екологічна доцільність, документальні підтвердження визнання пропозиції винаходом).

У розглядуваному конкурсі учні нашої експериментальної групи брали активну участь. Так, логічним продовженням розпочатої Оленою П’янковою роботи над винаходом “Індукторний генератор” було створення нею (під керівництвом автора дисертації) науково-технічного проекту “Індукторний генератор для вітроенергетичних установок”.

За підсумками конкурсу (2004 р.) ця розробка була визнана *кращою* у секції “фізика” та відзначена у номінації “*за високий науковий рівень*” почесною грамотою Державного департаменту інтелектуальної власності, за рішенням якого автору дисертації також було вручено нагрудний значок “Творець”.

Наступного року (2005 р.) на Всеукраїнському тижні юних раціоналізаторів та винахідників Запорізьку область представляв дев’ятикласник Роман Левін зі своєю розробкою “Вітровий двигун з автоматичною стабілізацією частоти обертання”. Виступ учня був не менш успішним – його розробка також була визнана *кращою* у секції “фізика” та відзначена грамотою Державного департаменту інтелектуальної власності у

номінації “за високу прикладну спрямованість”. Цікаво відзначити, що винаходом Романа Левіна зацікавився головний редактор журналу “Експедиція”, прес-аташе Національного Антарктичного наукового центру В.І. Бочкарьов. За його проханням матеріали розробки були подані учнем до Національного Антарктичного наукового центру для вивчення можливості використання вітродвигуна у вітроенергетичних установках на антарктичній станції. Для зручності аналізу успішності виступів учнів, що представляли Запорізьку область на конкурсі, про який ідеться, вони наведені у таблиці 3.8.

У 2006 році учасниками конкурсу були учні: Роман Левін, Максим Дмитренко та Євген Зайцев. Виступ команди був більш вдалим.

Робота Романа Левіна “Індукторний генератор із зубчастим ротором” була присвячена теоретичному та експериментальному дослідженню винайденого ним індукторного генератора (патент України № 6009U [141]). За результатами захисту даної роботи Роман Левін став *абсолютним переможцем* у секції “Фізика”. Згідно з наказом Державного департаменту інтелектуальної власності України (наказ №13 від 02.03.2006 р.) учню вручено нагрудний значок “Творець” (копії відповідних документів наведено у додатку В).

Не менш успішним був виступ Максима Дмитренка у секції “Екологія” з роботою “Установка для очистки стічних вод із невичерпним джерелом живлення” (на цю установку також отримано патент України № 11039U [142]). Учень також став *абсолютним переможцем* у своїй секції та був нагороджений нагрудним значком “Творець” (додаток В).

На секції “Фізика” також представляв свою розробку “Хвильова енергетична установка” Євген Зайцев. Як нами вже зазначалося, робота полягала у розробці конструкції хвильової енергетичної установки (разом із електрогенератором), яка б усувала недоліки вже існуючих та могла б забезпечувати автономне живлення сигнальних буїв. Представлена робота була відзначена почесною грамотою Державного департаменту інтелектуальної власності “за неординарну творчу розробку”.

Продовжуючи працювати над хвильовою енергетичною установкою, учень запропонував дві схеми перетворення механічної енергії хвиль у електричну: схему з *прямим* перетворенням енергії хвиль у електричну за допомогою лінійного електрогенератора (патент України №17034 U) та схему з *аеротурбінною ланкою*.

Таблиця 3.8

**Виступ учнів у Всеукраїнському тижні юних раціоналізаторів
та винахідників**

Навчальний рік	Прізвище та ім'я учня	Назва розробки	Секція	Висновок експертної групи щодо рівня розробки
2003/ 2004	П'янкова Олена	Індукторний генератор для вітроенергетичних установок	Фізика	<i>Краща</i> робота у секції; перемога у номінації “за високий науковий рівень розробки”
2004/ 2005	Левін Роман	Вітровий двигун з автоматичною стабілізацією частоти обертання	Фізика	<i>Краща</i> робота у секції; перемога у номінації “за високу прикладну спрямованість розробки”
2005/ 2006	Дмитренко Максим	Установка для очистки стічних вод із невичерпним джерелом живлення	Екологія	Абсолютна перемога у секції
	Левін Роман	Індукторний генератор із зубчастим ротором	Фізика	Абсолютна перемога у секції
	Зайцев Євген	Хвильова енергетична установка	Фізика	Перемога у номінації “за неординарну творчу розробку”
2006/ 2007	Левін Роман	Вітроенергетична установка з системою автоматичного регулювання робочих параметрів	Екологія	Абсолютна перемога у секції
	Зайцев Євген	Хвильова енергетична установка для автономного живлення сигнальних буїв	Фізика	Абсолютна перемога у секції

У 2007 році Євген Зайцев здобув *абсолютну перемогу* у секції “Фізика” та згідно з наказом Державного департаменту інтелектуальної власності України

(наказ №30 від 19.03.2007 р.) отримав нагрудний значок “Автор”. У секції ж “Екологія” став *абсолютним переможцем* Роман Левін з роботою “Вітроенергетична установка з системою автоматичного регулювання робочих параметрів”. Йому також було вручено нагрудний значок “Автор” (додаток В).

Як вказувалося вище, ще одним масовим заходом з учнівською молоддю є щорічний *Всеукраїнський тиждень науки, техніки, винахідництва та раціоналізаторства*. Відповідно до Положення про цей конкурс, затвердженого Українським державним центром позашкільної освіти, метою заходу є: організація змістовного дозвілля дітей та юнацтва, пошуку його нових форм; стимулювання творчого, інтелектуального, духовного розвитку особистості, задоволення її потреб у творчій реалізації; виявлення кращого досвіду науково-практичної та експериментальної діяльності учнівської молоді; активізація роботи учнівських творчих об’єднань; залучення учнівської молоді до раціоналізаторства та винахідництва, вироблення активної життєвої позиції; ознайомлення юних винахідників із сучасними досягненнями у галузі інформаційного та методичного забезпечення винахідницької діяльності.

Програмою заходу, про який йдеться, передбачено конкурс-захист науково-дослідницьких, винахідницьких та раціоналізаторських розробок учнів у наступних секціях: промисловість і сільське господарство, авіація і космонавтика, транспорт, інформаційні технології та засоби зв’язку, охорона навколишнього середовища, науково-дослідницька і конструкторська діяльність.

Згідно з умовами проведення заходу учні повинні подати на розгляд оргкомітету свої розробки у вигляді діючих механізмів, машин, приладів, стендів, плакатів, рефератів, науково-дослідницьких робіт тощо. При цьому бажано, щоб ці розробки були офіційно визнані винаходами чи корисними моделями або знаходились на розгляді у Державному департаменті інтелектуальної власності Міністерства освіти і науки України на предмет такого визнання.

У 2006 році на Всеукраїнському тижні науки, техніки, винахідництва і раціоналізаторства Запорізьку область представляли учні – члени нашої експериментальної групи – Євген Зайцев, Роман Левін та Максим Дмитренко. Всі учні захищали свої роботи у різних секціях (Євген Зайцев виступав у двох секціях з двома різними роботами). Результати виступу учнів у конкурсі були більш ніж високі. Вони здобули абсолютну перемогу (перші місця) у своїх секціях (дані про виступ учнів наведено у табл. 3.9).

Таблиця 3.9

Виступ учнів у Всеукраїнському тижні науки, техніки винахідництва та раціоналізаторства (2006 р.)

Прізвище та ім'я учня	Клас	Назва розробки	Секція	Місце
Дмитренко Максим	11	Установка для очистки стічних вод із невичерпним джерелом живлення	Юні техніки і дослідники – охороні навколишнього середовища	I
Левін Роман	10	Індукторний генератор із зубчастим ротором	Юні техніки і дослідники в науково-дослідницькій і конструкторській діяльності	I
Зайцев Євген	10	Хвильова енергетична установка для живлення сигнальних буїв	Юні техніки і дослідники – транспорту	I
		Спосіб регулювання частоти обертання вітродвигуна з горизонтальним валом	Юні техніки і дослідники – промисловості і сільському господарству	III

Участь у Міжнародних конкурсах з науково-технічної творчості старшокласників. Окрім участі у вже розглянутих нами Всеукраїнських

заходах, учні нашої експериментальної групи також активно виступали у Міжнародних конкурсах. Зупинимося на них більш детально.

Міжнародний конкурс науково-технічної творчості школярів Intel International Science and Engineering Fair (скорочено Intel ISEF). Цей захід є одним з найбільших міжнародних освітніх ініціатив всесвітньовідомої корпорації Intel. Кожного року понад 1500 учасників конкурсу, кращих у світі молодих учених і винахідників представляють близько 45 країн світу та демонструють найсучасніші проекти, обмінюються ідеями і виборюють численні призи та стипендії.

Роботи, представлені на цей конкурс, можуть бути виконані індивідуально або командно (два-три дослідники, які працювали над спільним проектом). Конкурс включає два етапи – Національний та Міжнародний тури. Захист робіт проходить відкрито – у вигляді стендової доповіді – перед членами журі та учасниками конкурсу.

У межах Національного туру конкурсу працюють близько десяти секцій. Серед них “Науки про Землю та Всесвіт (астрономія, географія, геологія)”, “Екологія та проблеми довкілля”, “Хімія”, “Біологічні науки (ботаніка, зоологія, мікробіологія, біохімія)” тощо.

Відбір проектів на Всеукраїнський етап конкурсу Intel ISEF проводиться на підставі поданих заявок і тез наукових робіт.

У 2006 році на Національному етапі розглядуваного конкурсу Запорізьку область представляла команда з учнів нашої експериментальної групи – Роман Левін, Євген Зайцев та Максим Дмитренко – з науково-дослідницькою роботою “Удосконалена екологічно чиста вітроенергетична установка” (англомовний варіант: “Fifty-percent More Efficient Environmentally Clean Wind Energy Source”).

Відповідно до Міжнародного положення про конкурс Intel ISEF, за результатами відкритого суперфіналу та згідно з рішенням наукового журі Національного етапу конкурсу право представляти Україну на Міжнародному фіналі Intel ISEF, який проходив з 7 по 13 травня 2006 року у м. Індіанapolis

(штат Індіана, США) вибороли троє учнів нашої експериментальної групи: Роман Левін, Максим Дмитренко, Євген Зайцев (повний склад делегації від України наведено у додатку Д).

Результати їхнього виступу на Міжнародному фіналі (рис. 3.8) виявилися досить вагомими – командний проект отримав спеціальну відзнаку Міжнародного почесного науково-технічного товариства *Sigma Xi* як проект, що найкращим чином представляє міждисциплінарні аспекти наукових та технічних досліджень, а також персональні сертифікати Товариства, Першу премію Товариства та річну передплату на журнал “American Scientist” кожному учасникові проекту та бібліотеці гімназії № 28 м. Запоріжжя (додаток Е).



Рис. 3.8. Фінал Міжнародного етапу Intel ISEF 2006
(стендова доповідь команди України)

Двоє фіналістів міжнародного етапу Intel ISEF – Євген Зайцев та Роман Левін – через рік продовжили участь у цьому конкурсі. Команда з трьох старшокласників (до її складу увійшов ще один учень експериментальної групи – Дмитро Жабко) представляла Запорізьку область у національному етапі Intel ISEF 2007 (2006/2007 навчальний рік) з винахідницькою роботою, яка

також була присвячена нетрадиційним джерелам енергії. У ній розглядалася можливість використання енергії акустичних коливань, блискавки, хвиль на поверхні водоймищ, а також енергії зростання рослин. Учнями були запропоновані нові способи та пристрої для відповідних перетворень енергії та виготовлені їхні діючі моделі. Команда отримала медаль *Герберта Гувера* “Юному інженеру” за *найбільш повний технічний проект* та відзнаку від Міжнародної компанії *Ricoh* за учнівське дослідження у сфері технічних інновацій, результати якого мають *найбільший потенціал для практичного використання* (додаток Е).

Міжнародний конкурс Стокгольмський юнацький водний приз (Stockholm Junior Water Prize). Цей конкурс, який починаючи з 1997 р., щорічно проводить Стокгольмський міжнародний водний інститут (Stockholm International Water Institute), покликаний допомогти у заохоченні молоді до збереження водних ресурсів Землі, підтримати творчий пошук щодо розробки інноваційних рішень теперішніх і майбутніх проблем з водою.

Фінал конкурсу Stockholm Junior Water Prize (скорочено SJWP) проводиться у Стокгольмі (Швеція) під час Світового Водного Тижня (World Water Week). На цьому Тижні також проходять ще два міжнародні конкурси:

- Stockholm Water Prize (Стокгольмський водний приз) – конкурс за найкращу наукову роботу у галузі збереження водних ресурсів;
- Stockholm Industry Water Award (Стокгольмська промислова водна нагорода) – конкурс за найефективніше використання води у промисловості.

Зазначені три міжнародні конкурси є найпрестижнішими у галузі збереження водного середовища і єдиними у світі, які відбуваються під патронатом і при безпосередній участі королівської родини.

Відповідно до Положень про конкурс SJWP, його предметом є роботи (проекти), які спрямовані на покращення якості води, керування водними ресурсами, захист та ощадливе використання води (наприклад, очищення промислових стічних вод, запобігання забрудненню океанів, озер та річок, збереження світових боліт тощо). Всі проекти повинні мати *дослідницьку*

частину, тобто опис експериментів, спостережень та звітування результатів, включаючи загальний та статистичний аналіз.

В Україні конкурс SJWP проводиться за підтримки Міністерства освіти і науки, Міністерства охорони навколишнього середовища, Малої академії наук, Видавництва “ЕКОінформ”, а також посольства Швеції в Україні. Національний етап SJWP складається з декількох частин – фіналу та відбіркових турів (останні проходять у рамках Всеукраїнського тижня науки і техніки Українського державного центру позашкільної освіти та Всеукраїнського конкурсу-захисту науково-дослідницьких робіт учнів – членів МАН України).

У 2005/2006 навчальному році переможцем (І місце) Національного етапу конкурсу SJWP став командний проект “Установка для електроочищення промислових стічних вод із екологічно чистим невичерпним джерелом живлення” авторів Романа Левіна та Максима Дмитренка (рис. 3.9). Учні вибороли почесне право представляти Україну на Міжнародному фіналі SJWP у Стокгольмі.



а)



б)

Рис. 3.9. Макет (а) установки для очистки стічних вод (патент України № 11039U) та діюча модель (б) пристрою для електрохімічної обробки води (патент України № 9390U)

Не зупиняючись окремо на суті проекту (основні його результати опубліковано у співавторстві з учнями у [14; 142 та 144]), зазначимо лише, що розроблена установка для електроочищення промислових стічних вод має певні

переваги перед існуючими, однією з них є можливість енергозабезпечення за рахунок поновлюваного джерела – вітру.

Міжнародний етап конкурсу SJWP проходив 19-26 серпня 2006 р. в Конгрес-Холі у Стокгольмі (Швеція) під час Світового Водного Тижня та Стокгольмського Водного Симпозіуму. Захист проектів відбувався перед Міжнародним журі, до складу якого входять вчені – фахівці даної галузі (із учнівськими роботами вони ознайомлюються заздалегідь). Крім захисту робіт, протягом тижня для учнів організовувалися зустрічі з міжнародними водними експертами, політиками, журналістами; участь у семінарах; огляд дослідного й технологічного обладнання, а також відвідування виставок (додаток Ж).

У наступному ж 2006/2007 навчальному році у розглядуваному конкурсі була представлена винахідницька робота, присвячена проблемі автономного електропостачання маяків та сигнальних буїв з використання енергії хвиль на поверхні водоймищ. Її автори – члени експериментальної групи – Євген Зайцев та Роман Левін розробили конструкцію хвильової енергетичної установки з двома схемами перетворення механічної енергії хвиль у електричну (схема з *прямим* перетворенням енергії хвиль у електричну за допомогою лінійного електрогенератора та схема з *аеротурбінною ланкою*). Дана робота посіла II місце у Національному етапі конкурсу. Зі своєю розробкою учні-винахідники отримали право взяти участь у *Міжнародній екологічній виставці “POLEKO”* (м. Познань, Польща, листопад 2007 р.).

Міжнародний конкурс молодіжних проектів з енергозбереження “ЕНЕРГІЯ І СЕРЕДОВИЩЕ”. Учасниками даного конкурсу можуть бути учні загальноосвітніх та професійно-технічних навчальних закладів, а також вчителі (серед них проводиться конкурс методичних розробок, пов’язаних з енергозбереженням та поновлюваною енергетикою). Захід проводиться у рамках Міжнародної шкільної освітньої програми – проекту SPARE (School project for application of resources and energy), яка була створена у 1996 році Норвезьким товариством охорони природи. Сьогодні ця програма впроваджена

у багатьох країнах Європи і Центральної Азії. В Україні її почали здійснювати у 2002 р. Розглядуваний конкурс проводиться з метою:

- залучення молоді всього світу до навчально-практичної діяльності з проблем енергоефективності та раціонального використання природних ресурсів;
- пошуку, підтримки обдарованої учнівської молоді, створення умов для її подальшої творчості та наукової роботи;
- сприяння професійному самовизначенню учнівської молоді;
- активізації творчої діяльності вчителів.

Розглядуваний конкурс є заочним і передбачає проведення також двох етапів – Національного та Міжнародного. Перший проводиться Національним координатором проекту SPARE в Україні за підтримки Міністерства освіти і науки України у співпраці з Норвезьким товариством охорони природи; Програмою розвитку Організації Об'єднаних Націй (ПРООН / UNDP); комітету з питань паливно-енергетичного комплексу, ядерної політики та ядерної безпеки Верховної Ради України; Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України тощо. До складу Міжнародного оргкомітету конкурсу (ним проводиться другий, Міжнародний, тур) входять представники міжнародних організацій, які працюють у галузі освіти та енергетики, а також національні координатори SPARE.

Учнівські роботи можуть бути одноосібними або ж виконані групою учнів. Серед напрямків розробок є, наприклад, такі:

- ефективне використання енергії – проекти практичних заходів (на прикладі конкретної школи, будинку з оцінкою енергоспоживання та отриманого ефекту);
- використання поновлювальної енергії (діючі моделі або проекти використання відновлювального джерела енергії).

У 2005/2006 навчальному році Національний етап конкурсу охопив понад 20 тисяч школярів віком від 12 до 17 років з 14 областей, Автономної Республіки Крим, міст Києва та Севастополя. Від нашої експериментальної

групи було подано два проекти: “*Вітроенергетична установка з автоматичною стабілізацією частоти обертання*” (автори Роман Левін та Євген Зайцев) та “*Способи регулювання вихідних параметрів вітроенергетичної установки*” (автор Максим Дмитренко).

У заключному турі Національного етапу конкурсу були визначені п’ять кращих робіт (три учнівські та дві педагогічні). Серед них виявилися і проекти наших учнів. Так, робота Максима Дмитренка посіла II місце. Колективна ж робота Романа Левіна та Євгена Зайцева здобула абсолютну перемогу (I місце) та була відправлена до Норвегії для участі у Міжнародному етапі конкурсу, який проходив у квітні 2006 р (додаток Ж).

У наступному 2006/2007 навчальному році Національний етап конкурсу “Енергія і середовище” проводився *очно* (у Києві) у формі стендових доповідей школярів. У ньому брала участь молодь вже з 23 областей України. Учні – члени нашої експериментальної групи (представники делегації від Запорізької області) Дмитро Жабко та Євген Зайцев захищали проект “Хвильова енергетична установка”. Робота також посіла I місце та взяла участь у Міжнародному етапі конкурсу (Норвегія, квітень 2007 р.).

Ознайомчий тур до Академії Всесвітньої організації інтелектуальної власності. Результатом участі Максима Дмитренка у державному етапі конкурсу-захисту науково-дослідницьких робіт учнів – членів МАН у 2004/2005 навчальному році стала досить висока для хлопця нетрадиційна (бо проходила вперше) нагорода – *ознайомчий тур до Академії Всесвітньої організації інтелектуальної власності*, яка знаходиться у м. Женева (Швейцарія). Цей захід відбувся за ініціативою Державного департаменту інтелектуальної власності Міністерства освіти і науки України (голова – М.В. Паладій). Візит проходив у червні 2005 року (рис. 3.10).

Всесвітня організація інтелектуальної власності (ВОІВ) є однією з 16-ти спеціалізованих інститутів ООН. До головних цілей ВОІВ відноситься *заохочення творчої діяльності та сприяння охороні інтелектуальної власності в усьому світі*. Діяльність Академії спрямована на постійне запровадження

інноваційних програм для функціонування в умовах сфери інтелектуальної власності.



Рис. 3.10. Голова Всесвітньої організації інтелектуальної власності
Мпазі Сінжела приймає делегацію з України
(м Женева, Швейцарія, червень 2005 р.)

Програма ознайомчого туру Максима Дмитренка включала окрім візиту до Академії ВОІВ також відвідання штаб-квартири ВОІВ, Інформаційного центру ВОІВ, Музею науки та технологій, штаб-квартири Організації Об'єднаних Націй, Міжнародного Союзу Телекомунікацій та Світової Метеорологічної Організації. Під час візиту учень також прослухав низку лекцій з питань інтелектуальної власності та захисту авторського права, які проводили досвідчені фахівці ВОІВ.

Наприкінці своєї поїздки до Академії ВОІВ у Державному департаменті інтелектуальної власності України (м. Київ) 16-ти річний Максим Дмитренко дав першу у своєму житті прес-конференцію (рис. 3.11). Зазначимо, що на ній, окрім результатів поїздки та обговорення винайденого пристрою для електрохімічної обробки води, присутніх дуже цікавили питання щодо організації та результатів винахідницької діяльності гуртка, який відвідує учень.



Рис. 3.11. Перша прес-конференція 16-ти річного Максима Дмитренка (поряд з учнем – голова Державного департаменту інтелектуальної власності України М.В. Паладій)

Оформлення патентів на передбачувані винаходи. Дані попередніх пунктів свідчать про те, що *цілеспрямоване* навчання учнів формулювати і розв’язувати експериментальні задачі у процесі їхньої винахідницької діяльності сприяє *підвищенню* її результативності. Ще одним доказом цього є доведення членами експериментальної групи розв’язків деяких винахідницьких задач до рівня відповідних винаходів. Так, за період експериментального навчання до Державного департаменту інтелектуальної власності України ними було подано 16 заявок, які набули статусу патентів на винаходи або корисні моделі. Показовим є *збільшення* у ході формувального експерименту кількості винаходів, зроблених учнями експериментальної групи (подано у табл. 3.10). Результати досліджень діючих моделей деяких пристроїв опубліковано у співавторстві з окремими учнями у журналах науково-технічного спрямування (додаток 3).

Зазначимо, що у 2006 – 2007рр. старшокласників нашої експериментальної групи було відзначено за їх досягнення у винахідницькій діяльності *шістьма* стипендіями президента України.

Таблиця 3.10

Перелік винаходів учнів експериментальної групи

Навчальний рік	Назва винаходу	Документ, що засвідчує винахід	Прізвище та ім'я учня-співавтора винаходу
2003/ 2004	Індукторний генератор	Патент України № 63405 А	Кузьменко Микита П'янкова Олена
2004/ 2005	Вітровий двигун	Патент України № 71490 А	Дмитренко Максим П'янкова Олена
	Індукторний генератор	Патент України № 6009 U	Зайцев Євген Левін Роман
	Вітровий двигун	Патент України № 6010 U	Зайцев Євген Левін Роман
2005/ 2006	Пристрій для електрохімічної обробки води	Патент України № 9390 U	Дмитренко Максим Левін Роман
	Установка для очистки стічних вод	Патент України № 11039 U	Дмитренко Максим Зайцев Євген Левін Роман
	Пристрій для демонстрації поверхні, що описується рівнянням стану ідеального газу	Патент України № 17081 U	Курмак Зоя
	Установка для демонстрації вимушених коливань	Патент України № 17227 U	Жабко Дмитро Левін Роман Зайцев Євген
2006/ 2007	Хвильова енергетична установка	Патент України № 17034 U	Зайцев Євген Дмитренко Максим Жабко Дмитро
	Вітровий двигун із пружними елементами	Патент України № 12522 U	Дмитренко Максим Левін Роман
	Механізм регулювання частоти обертання вітродвигуна	Патент України № 16959 U	Левін Роман Дмитренко Максим
	Стабілізатор напруги електричного генератора змінного струму	Патент України № 19154 U	Серов Арсеній Дмитренко Максим
	Електромагнітний клапан	Патент України № 22501U	Дмитренко Максим
	Рідинно-електричний анемометр	Патент України № 22503U	Дмитренко Максим
	Пристрій для екранування електромагнітних хвиль	Патент України № 23160 U	Киричек Олександр Левін Роман Коровін Кирило
	Оптичний звукознімач	Патент України № 23109 U	Жабко Дмитро Іщенко Дмитро Левін Роман

Виготовлення діючих моделей та макетів винайдених пристроїв. Як уже зазначалося, одним з елементів винахідницької діяльності є виготовлення діючих моделей та макетів пристроїв. Цінність такої роботи полягає не тільки у розвитку моторних умінь та навичок учнів як важливого фактора успішності процесу розв'язування експериментальних задач. Розробляючи пристрої, учні більш глибоко розуміють ті явища, які можна буде спостерігати та вивчати з їх допомогою, набувають навички роботи з інструментами, знайомляться з матеріалами та методами їх обробки.

Не викликає заперечення те, що виготовлення учнями у процесі навчання фізики засобів навчання (моделей, пристроїв, плакатів тощо) сприяє засвоєнню відповідних предметних знань та має більший навчальний ефект, аніж у разі простої передачі інформації вчителем. Наголошуючи на важливості *практичної* складової діяльності з фізики, автори [41, с. 56] зазначають, що виготовляючи прилад, учень думає – не може не думати! – над тим, чи не можна змінити або спростити конструкцію приладу і одночасно удосконалити його таким чином, щоб досягти кращих результатів, використавши мінімум матеріалів і конструкційних елементів. Під час роботи над саморобними приладами необхідність у творчому подоланні перешкод виникає постійно, тому учням доводиться мобілізувати всі свої здібності та знання на пошук істини.

За допомогою діючої моделі можна наочно продемонструвати суть певного технічного рішення, впевнитися у працездатності винайденого пристрою, дослідити основні його властивості тощо. Наші спостереження свідчать про те, що ті учні, які безпосередньо брали участь у виготовленні моделей або макетів, більш впевнено себе відчують також і під час підготовки дослідної установки та подальших вимірювань у процесі розв'язування експериментальної задачі. І це є цілком зрозумілим, адже ці види діяльності є подібними за своєю структурою.

Треба зазначити, що виготовлення різних пристроїв (діючих моделей, макетів, вимірювальних приладів тощо) не є новим видом діяльності у шкільній практиці, тим більше у позаурочній (зокрема гуртковій) роботі

старшокласників. Однак у випадку нашого підходу “центр ваги” процесу виготовлення моделі зміщено з етапу її безпосередньої зборки на етап її розробки (хоча нехтувати першим було б абсолютно невірно з урахуванням його важливості для розвитку в учнів моторних умінь та навичок, які також є необхідними для успішного розв’язування експериментальних задач).

Як правило, робота над моделлю чи макетом розпочиналася з вивчення відповідної літератури та довідникових даних для з’ясування принципу дії аналогічних пристроїв. Після цього проводилися необхідні розрахунки моделі, виконувалися креслення та технічні малюнки. Крім цього ще до безпосереднього виготовлення пристрою учні обмірковували технологію виготовлення окремих його деталей, підбирали матеріал, що відповідає певним фізичним властивостям тощо.

З огляду на велику навчальну цінність, процесові виготовлення саморобних моделей та макетів нами приділялася особлива увага. Майже всі винайдені учнями експериментальної групи технічні рішення, а також вже існуючі розв’язки винахідницьких задач, які детально вивчалися, були доведені до відповідних моделей (на рис. 3.12 для прикладу наведено дві з них, частина моделей також подавалася нами у попередніх підрозділах).



а)



б)

Рис. 3.12. Діючі моделі: (а) – вітродвигун (патент України № 6010U) та
(б) – установка для демонстрації вимушених коливань
(патент України № 17227U)

Зазначимо, що до якості виготовлених пристроїв нами висувалися досить високі вимоги. До основних властивостей саморобних пристроїв, що визначають їх якість, можна віднести надійність та зручність у роботі, ступінь відповідності безпосередньому призначенню, зовнішнє естетичне оформлення тощо.

Отже, апробація методичних розробок, яка проводилася у межах експериментальної групи, довела, що *цілеспрямоване* навчання учнів формулювання і розв'язування експериментальних задач з фізики саме у процесі їх винахідницької діяльності *суттєво підвищує її результативність*, що проявляється у першу чергу в активній участі та численних перемогах старшокласників у всеукраїнських та міжнародних творчих конкурсах з фізики та техніки; в отриманні ними значної кількості патентів на винаходи і корисні моделі (а також їх співавторством у низці публікацій у науково-технічних виданнях); в успішному засвоєнні учнями теоретичного матеріалу щодо фізичних явищ та ефектів, адже його вивчення проходить у поєднанні з ілюстрацією їх прикладного значення.

3.3. Статистична перевірка ефективності розробленої методики

У 2006/2007 навчальному році на III (державному) етапі Всеукраїнського конкурсу-захисту науково-дослідницьких робіт учнів – членів МАН науково-технічне відділення від Запорізької області було представлено виключно членами нашої експериментальної групи. Як видно з табл. 3.4, їхній виступ у відповідних секціях (на цьому відділенні їх п'ять) виявився досить успішним: три диплома I та два – II ступеня. Покажемо, що цей результат не можна вважати випадковим (статистично незначущим).

Загальна кількість учасників відділення (об'єм генеральної сукупності) – $N = 76$ учнів. З них дипломи I та II ступенів отримали 19 старшокласників. Члени нашої експериментальної групи склали вибірку об'ємом $n = 5$. Згідно з правилами проведення конкурсу на державному його етапі у кожній секції має

право брати участь лише один представник від кожної області – переможець обласного етапу конкурсу МАН. Це дозволяє припустити, що всі учасники (члени генеральної сукупності) мають досить високу підготовку, а тому можна вважати, що ймовірність P події “учень отримав диплом I або II ступеня” є однаковою для кожного з них:

$$P = \frac{19}{76} = 0,25.$$

Найімовірніше число призерів I або II ступенів (теоретична частота “успіху”) у вибірці об’ємом n дорівнює:

$$m_{теор} = n \cdot P.$$

У нашому випадку $n = 5$, тому $m_{теор} = 5 \cdot 0,25 = 1,25$. За результатами ж конкурсу всі п’ятеро учнів отримали дипломи I або II ступенів, тому емпірична частота “успіху” дорівнює:

$$m_{емп} = 5.$$

Вищезазначене дозволило висунути нульову (H_0) та конкуруючу (H_1) гіпотези:

H_0 : Перевищення кількості призерів з дипломами I або II ступеня у вибірці над найімовірнішим (теоретичним) їх числом у генеральній сукупності є *випадковим* (статистично незначущим).

H_1 : Перевищення кількості призерів з дипломами I або II ступеня у вибірці над найімовірнішим (теоретичним) їх числом у генеральній сукупності *не є випадковим* (є статистично значущим).

Для перевірки нульової гіпотези було використано *біноміальний критерій* [170, с. 177]. Він дозволяє перевірити, чи достатньо емпірична частота даного ефекту перевищує теоретичну (при цьому ймовірність досліджуваного ефекту повинна бути $P \leq 0,5$, а нижня межа об’єму вибірки $n \geq 5$).

Критичне значення біноміального критерію для об’єму вибірки $n = 5$, імовірності $P = 0,25$ дорівнює $m_{0,05} = 4$ при рівні значущості $\alpha = 0,05$ [170, с. 336].

Згідно з принципом перевірки статистичних гіпотез, нульова гіпотеза відхиляється при рівні значущості α , якщо емпіричне значення критерію t_{emp} перевищує його критичне значення – t_{α} .

Для досліджуваної вибірки $t_{emp} > t_{0,05}$ при $\alpha = 0,05$.

Отже, нульову гіпотезу відхилено при рівні значущості $\alpha = 0,05$ і прийнято конкуруючу. Це дозволило зробити висновок про те, що досить успішний виступ учнів – членів експериментальної групи у конкурсі МАН *не є випадковим* – вони мали більш високий рівень підготовки до самостійної експериментальної та винахідницької діяльності, ніж старшокласники з інших областей.

Перевірка тенденції підвищення успішності винахідницької діяльності старшокласників упродовж експериментального навчання. У попередньому підрозділі розглянуто деякі результати навчальної діяльності учнів експериментальної групи, яка була тісно пов'язана з винахідництвом та раціоналізаторством. Аналіз і порівняння цих результатів за весь період експериментального навчання дозволяє судити про зміни, які відбулися в учнів і, як наслідок, про ефективність розробленої методики. Отже, необхідно перевірити, чи було підвищення рівня навчальних досягнень, пов'язаних з активною винахідницькою діяльністю старшокласників, *статистично значущим* (а не випадковим).

Для порівняння показників, які вимірювалися в учнів експериментальної групи за однаковою методикою, але у різний час, ми використали *L-критерій тенденцій Пейджса* [170, с. 101]. Він дозволяє виявити *тенденції* у зміні значень ознаки, які отримані принаймні у трьох замірах (умовах) у даній вибірці. Обмеження у використанні даного критерію: нижня межа – 2 досліджуваних, кожен з яких пройшов принаймні три заміри (у різних умовах), верхня – 12 досліджуваних та 6 замірів.

Для можливості зіставлення *різномірних* навчальних досягнень (їх було вибрано *сім*) нами складена *шкала* (табл. 3.11), де кожному досягненню відповідає певна кількість балів, яка виступає оцінкою його значущості.

Кількісна шкала значущості навчальних досягнень учнів

№	Навчальне досягнення	Шкала (у балах) рівнів досягнення за їх значущістю				
		1	2	3	4	5
1	Отримання патенту на винахід (корисну модель) або публікація статті	—	—	Участь у досліджуванні та патентуванні винаходів	1 патент (стаття)	2 патенти (статті)
2	Перемога (участь) у Всеукраїнському конкурсі-захисті науково-дослідницьких робіт МАН	—	—	—	—	III місце в обласному етапі
3	Перемога (участь) у Всеукраїнському турнірі юних винахідників і раціоналізаторів	—	—	Участь у заочному етапі	—	—
4	Перемога (участь) у Всеукраїнському тижні науки, техніки, винахідництва та раціоналізаторства	—	—	—	Участь	III місце
5	Перемога (участь) у Всеукраїнському тижні юних раціоналізаторів та винахідників	—	—	—	—	Участь
6	Перемога (участь) у Всеукраїнських олімпіадах з фізики	Участь у шкільному та районному етапах	III місце у районному етапі	II місце у районному етапі	I місце у районному етапі	III місце в обласному етапі
7	Перемога (участь) у міжнародних конкурсах з науково-технічної творчості старшокласників	—	—	—	—	Участь у національних етапах

№	Навчальне досягнення	Шкала (у балах) рівнів досягнення за їх значущістю				
		6	7	8	9	10
1	Отримання патенту на винахід (корисну модель) або публікація статті	3 патенти (статті)	4 патенти (статті)	5 патентів (статей)	Більше 5 патентів (статей)	—
2	Перемога (участь) у Всеукраїнському конкурсі-захисті науково-дослідницьких робіт МАН	II місце в обласному етапі	I місце в обласному етапі	III місце у державному етапі	II місце у державному етапі	I місце у державному етапі
3	Перемога (участь) у Всеукраїнському турнірі юних винахідників і раціоналізаторів	Участь	—	III місце	II місце	I місце
4	Перемога (участь) у Всеукраїнському тижні науки, техніки, винахідництва та раціоналізаторства	II місце	I місце	—	—	—
5	Перемога (участь) у Всеукраїнському тижні юних раціоналізаторів та винахідників	Перемога у номінаціях	Абсолютна перемога (I місце)	—	—	—
6	Перемога (участь) у Всеукраїнських олімпіадах з фізики	II місце в обласному етапі	I місце в обласному етапі	III місце у державному етапі	II місце у державному етапі	I місце у державному етапі
7	Перемога (участь) у міжнародних конкурсах з науково-технічної творчості старшокласників	II та III місця у національних етапах	—	—	Участь у міжнародному етапі	Перемога у міжнародному етапі

З метою забезпечення *об'єктивності* результатів перевірки до уваги бралися, у першу чергу, ті навчальні досягнення, що були засвідчені незалежними експертами (це видно з табл. 3.11).

Правомірність проведеного у такий спосіб кількісного оцінювання навчальних досягнень пояснюється тим, що для використання L-критерію Пейджа важливим є не абсолютна кількість балів, яку набрав досліджуваний за результатами заміру, а сама *зміна* індивідуальних показників на протязі всіх замірів.

За результатами останніх трьох років експериментального навчання, використовуючи дані таблиці 3.11, нами проведено *три* заміри індивідуальних показників тих учнів експериментальної групи, які навчалися в одному класі (з 9 по 11 клас). Ці показники виражалися у *сумі балів* за відповідні навчальні досягнення упродовж року. При цьому до уваги приймався лише *найвищий рівень* даного досягнення. Так, учню – переможцю всіх етапів олімпіади з фізики (від шкільного до державного) нараховувалися бали лише за перемогу у державному етапі.

У зв'язку з тим, що таблиці критичних значень L-критерію Пейджа розраховані лише на вибірки об'ємом $n \leq 12$, з членів експериментального класу було сформовано *дві* вибірки. Об'єм кожної з них складав $n = 12$ учнів. Дані трьох замірів зведені до таблиці 3.12.

Нульова (H_0) та конкуруюча (H_1) гіпотези були сформульовані у такому варіанті:

H_0 : Тенденція *збільшення індивідуальних показників* навчальних досягнень учнів експериментальної групи від першого заміру до третього є *випадковою* (статистично незначущою).

H_1 : Тенденція *збільшення індивідуальних показників* навчальних досягнень учнів експериментальної групи від першого заміру до третього *не є випадковою* (є статистично значущою).

Таблиця 3.12

Результати замірів індивідуальних показників навчальних досягнень

Прізвище учня	Замір №1 (2005 р., 9 клас)								Замір №2 (2006 р., 10 клас)							
	Бали за досягнення №:							Сума балів	Бали за досягнення №:							Сума балів
	1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5	6	7	
<i>Вибірка №1:</i>																
1. Будяк С.	-	-	-	-	-	1	-	1	3	-	3	-	-	-	-	6
2. Волков О.	-	-	-	-	-	-	-	0	3	-	3	-	-	-	-	6
3. Жабко Д.	3	-	-	-	-	2	-	5	4	-	3	-	5	3	-	15
4. Іщенко Д.	-	-	-	-	-	1	-	1	3	-	3	-	-	1	-	7
5. Каменщик О.	-	-	-	-	-	-	-	0	3	-	3	-	-	1	-	7
6. Караневич М.	-	-	-	-	-	-	-	0	3	-	-	-	-	-	-	3
7. Киричек О.	-	-	-	-	-	1	-	1	3	-	3	-	-	1	-	7
8. Кретов К.	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	0
9. Куземко А.	-	-	-	-	-	1	-	1	3	5	3	-	-	1	-	12
10. Левін Р.	5	9	6	-	6	8	-	34	6	10	9	7	7	8	10	57
11. Сисоєв М.	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	0
12. Терьохін К.	-	-	-	-	-	-	-	0	3	-	-	-	-	1	-	4
<i>Вибірка №2:</i>																
1. Дзюбан Ю.	-	-	-	-	-	1	-	1	3	-	-	-	-	1	-	4
2. Зайцев Є.	5	-	6	-	-	6	-	17	5	10	9	7	6	6	10	53
3. Каушан В.	-	-	-	-	-	1	-	1	3	-	-	-	-	1	-	4
4. Коровін К.	3	-	-	-	-	1	-	4	3	-	3	-	-	1	-	7
5. Кузьменко М.	3	-	6	-	-	-	-	9	3	-	3	-	-	1	-	7
6. Курмак З.	-	-	-	-	-	1	-	1	4	5	-	-	-	1	-	10
7. Луньова А.	-	-	-	-	-	-	-	0	3	-	-	-	-	-	-	3
8. Савран Д.	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	0
9. Серов А.	-	-	-	-	-	1	-	1	3	5	3	-	-	1	-	12
10. Сова О.	-	-	-	-	-	-	-	0	3	-	3	-	-	-	-	6
11. Старченко А.	-	-	-	-	-	-	-	0	3	-	-	-	-	-	-	3
12. Філіппов М.	-	-	-	-	-	-	-	0	3	-	3	-	-	-	-	6

Примітка. У таблиці 3.12 нумерація навчальних досягнень співпадає з той, що прийнята у таблиці 3.11.

Прізвище учня	Замір №3 (2007 р., 11 клас)							
	Бали за досягнення №:							Сума балів
	1	2	3	4	5	6	7	
<i>Вибірка №1:</i>								
1. Будяк С.	3	–	3	–	–	–	–	6
2. Волков О.	3	–	3	–	–	1	–	7
3. Жабко Д.	5	10	10	–	–	3	9	37
4. Іщенко Д.	4	–	3	–	–	1	–	8
5. Каменщик О.	3	–	3	–	–	1	–	7
6. Караневич М.	3	–	3	–	–	–	–	6
7. Киричек О.	4	9	10	–	–	3	5	31
8. Кретов К.	3	–	–	–	–	–	–	3
9. Куземко А.	3	6	3	6	–	3	–	21
10. Левін Р.	9	10	10	–	7	8	15	59
11. Сисоєв М.	3	–	–	–	–	–	–	3
12. Терьохін К.	3	–	3	–	–	1	–	7
<i>Вибірка №2:</i>								
1. Дзюбан Ю.	3	–	3	–	–	1	–	7
2. Зайцев Є.	8	10	10	–	7	8	15	58
3. Каушан В.	3	–	3	–	–	1	–	7
4. Коровін К.	4	6	3	6	–	1	–	20
5. Кузьменко М.	4	–	3	–	–	1	–	8
6. Курмак З.	3	6	3	6	–	1	–	19
7. Луньова А.	3	–	–	–	–	1	–	4
8. Савран Д.	3	–	–	–	–	–	–	3
9. Серов А.	9	9	10	–	–	3	–	31
10. Сова О.	3	–	3	–	–	1	–	7
11. Старченко А.	3	–	3	–	–	1	–	7
12. Філіппов М.	3	–	3	–	–	1	–	7

Висунуті гіпотези перевірялися для двох вибірок окремо. Ранжування значень індивідуальних показників даного учня проводилося за сумами балів, які він отримав у кожному замірі. Найменшому значенню відповідав ранг 1. У разі, якщо всі значення були різними, найбільше з них отримувало ранг 3 (за кількістю значень, що ранжувалися). У випадку рівності декількох значень, їм приписувався ранг, який був середнім значенням тих рангів, що отримали б ці значення за умови їх нерівності.

Суми балів, які набрали учні у кожному замірі, та ранги, що їм відповідають, наведені у таблиці 3.13 (де також подано загальні суми балів та рангів всієї вибірки за кожен замір).

Емпіричне значення L-критерію Пейджа знаходиться за формулою:

$$L_{eml} = \sum_{i=1}^c T_i \cdot i,$$

де i – номери замірів, що розташовані у порядку зростання суми рангів;

c – кількість замірів (у нашому випадку $c = 3$);

T_i – сума рангів вибірки у кожному замірі (подано у табл. 3.13).

Для вибірок №1 та №2 відповідно:

$$L_{eml1} = 13 \cdot 1 + 24 \cdot 2 + 35 \cdot 3 = 166, \quad L_{eml2} = 14,5 \cdot 1 + 22,5 \cdot 2 + 35 \cdot 3 = 164,5.$$

Критичне значення L-критерію Пейджа для об'єму вибірки $n = 12$ та кількості замірів $c = 3$, дорівнює $L_{0,05} = 153$ при рівні значущості $\alpha = 0,05$ [170, с. 327].

Для обох вибірок виконується нерівність $L_{eml} > L_{0,05}$ (при $\alpha = 0,05$).

Отже, нульову гіпотезу відхилено при рівні значущості $\alpha = 0,05$ і прийнято конкуруючу. Тенденція збільшення індивідуальних показників навчальних досягнень старшокласників за останні три роки їхнього експериментального навчання *не є випадковою*. Це свідчить про ефективність розробленої методики та дозволяє зробити висновок про те, що цілеспрямоване навчання учнів формулювати і розв'язувати експериментальні задачі у процесі їхньої винахідницької діяльності *суттєво підвищує її успішність*.

**Ранжовані значення індивідуальних показників
навчальних досягнень**

Прізвище учня	Замір №1 (2005 р., 9 клас)		Замір №2 (2006 р., 10 клас)		Замір №3 (2007 р., 11 клас)	
	Сума балів	Ранг	Сума балів	Ранг	Сума балів	Ранг
<i>Вибірка №1:</i>						
1. Будяк С.	1	1	6	2,5	6	2,5
2. Волков О.	0	1	6	2	7	3
3. Жабко Д.	5	1	15	2	37	3
4. Іщенко Д.	1	1	7	2	8	3
5. Каменщик О.	0	1	7	2,5	7	2,5
6. Караневич М.	0	1	3	2	6	3
7. Киричек О.	1	1	7	2	31	3
8. Кретон К.	0	1,5	0	1,5	3	3
9. Куземко А.	1	1	12	2	21	3
10. Левін Р.	34	1	57	2	59	3
11. Сисоєв М.	0	1,5	0	1,5	3	3
12. Терьохін К.	0	1	4	2	7	3
<i>Сума рангів T_i</i>	–	13	–	24	–	35
<i>Вибірка №2:</i>						
1. Дзюбан Ю.	1	1	4	2	7	3
2. Зайцев Є.	17	1	53	2	58	3
3. Каушан В.	1	1	4	2	7	3
4. Коровін К.	4	1	7	2	20	3
5. Кузьменко М.	9	3	7	1	8	2
6. Курмак З.	1	1	10	2	19	3
7. Луньова А.	0	1	3	2	4	3
8. Савран Д.	0	1,5	0	1,5	3	3
9. Серов А.	1	1	12	2	31	3
10. Сова О.	0	1	6	2	7	3
11. Старченко А.	0	1	3	2	7	3
12. Філіппов М.	0	1	6	2	7	3
<i>Сума рангів T_i</i>	–	14,5	–	22,5	–	35

Висновки до третього розділу

1. Експериментально підтверджено, що *цілеспрямоване* навчання учнів формулювання і розв'язування експериментальних задач з фізики саме у процесі їх винахідницької діяльності суттєво підвищує її результативність, що проявляється у першу чергу в активній участі та численних перемогах старшокласників у всеукраїнських та міжнародних творчих конкурсах з фізики та техніки; в отриманні ними значної кількості патентів на винаходи і корисні моделі (а також їх співавторством у низці публікацій у науково-технічних виданнях); в успішному засвоєнні учнями теоретичного матеріалу щодо фізичних явищ та ефектів, адже його вивчення проходить у поєднанні з ілюстрацією їх прикладного значення.

2. Виявлено, що навчання учнів формулювання і розв'язування експериментальних задач з фізики саме у процесі їх винахідницької діяльності сприяє набуттю ними професійних *якостей винахідника*, про що свідчить уміння учнів – членів експериментальної групи *самостійно* доводити запропоновані рішення (ідеї) до рівня відповідних заявок на передбачувані винаходи, які згодом набувають статусу патентів на винаходи (або корисні моделі).

3. У ході статистичної обробки результатів формувального експерименту доведено, що тенденція збільшення індивідуальних показників навчальних досягнень учнів упродовж експериментального навчання *не була випадковою*. Це свідчить про *ефективність* розробленої методики щодо цілеспрямованого навчання старшокласників формулювати і розв'язувати експериментальні задачі з фізики для підвищення успішності їх винахідницької діяльності.

4. Показано, що з урахуванням переходу загальноосвітньої школи на профільне навчання є перспективною організація та діяльність *різновікового творчого колективу* учнів та фахівців відповідних галузей (учителів, представників підприємств та наукових установ, винахідників та патентних повірених) як творчого середовища для успішної винахідницької діяльності.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Результати проведеного нами дослідження психолого-дидактичних та методичних основ розвитку вміння формулювати і розв'язувати експериментальні задачі з фізики у процесі винахідницької діяльності старшокласників є підставою для наступних висновків:

1. Обґрунтовано використання *винахідницької діяльності* як *навчального середовища* (“полігона”) для розвитку у старшокласників уміння формулювати і розв'язувати експериментальні задачі з фізики.

2. Розроблено *дворівневий* підхід до навчання старшокласників формулювання і розв'язування експериментальних задач з фізики. *Перший* його рівень передбачає набуття учнями окремих елементарних умінь з доведенням їх (за допомогою *підготовчих вправ*) до рівня відповідних навичок, які на *другому* рівні вказаного підходу – у процесі винахідницької діяльності – інтегруються до складного вміння формулювати і розв'язувати експериментальні задачі.

3. Визначено і розроблено *необхідні складові* успішного навчання старшокласників формулювання і розв'язування експериментальних задач саме у процесі їх винахідницької діяльності: детальне вивчення теоретичного матеріалу, що стосується фізичних явищ та ефектів, навчання висування ідей можливих способів розв'язування експериментальних задач, математичне забезпечення процесу розв'язування експериментальних задач, набуття окремих експериментальних умінь за допомогою *підготовчих вправ*, використання нових інформаційних технологій у процесі винахідницької діяльності.

4. Показано *можливість виокремлення* відносно самостійних за змістом експериментальних задач у процесі розв'язування учнями певної навчальної фізико-технічної проблеми (зокрема пошуку її нових розв'язків), а також у процесі детального розгляду вже існуючих її розв'язків (у вигляді відповідних винаходів). Вказана можливість виступає сприятливим підґрунтям для навчання старшокласників *формулювати* експериментальні задачі.

5. Виявлено, що успішному навчанню *висувати та обґрунтовувати можливі способи* розв'язування експериментальних задач сприяє засвоєння учнями певного “*банку ідей*” – упорядкованої системи можливих розв'язків експериментальних задач та розв'язування *тренувальних* винахідницьких задач, що являють собою відносно прості допоміжні задачі, розв'язки яких мають не стільки науково-практичну, скільки навчальну значущість.

6. Експериментально підтверджено, що *цілеспрямоване* навчання учнів формулювання і розв'язування експериментальних задач з фізики саме у процесі їх винахідницької діяльності суттєво підвищує її результативність, що проявляється у першу чергу в активній участі та численних перемогах старшокласників у всеукраїнських та міжнародних творчих конкурсах з фізики та техніки; в отриманні ними значної кількості патентів на винаходи і корисні моделі (а також їх співавторством у низці публікацій у науково-технічних виданнях); в успішному засвоєнні учнями теоретичного матеріалу щодо фізичних явищ та ефектів, адже його вивчення проходить у поєднанні з ілюстрацією їх прикладного значення.

Проведене нами дослідження не може претендувати на всебічне та вичерпне вивчення всіх аспектів розглядуваної проблеми. Пріоритетні ж напрямки подальшої роботи ми бачимо такі:

- створення навчально-методичних посібників для теоретичної підготовки старшокласників до самостійної експериментальної та винахідницької діяльності;
- поглиблене вивчення питань, пов'язаних з організацією та діяльністю різновікового творчого колективу учнів та фахівців відповідних галузей (учителів, науковців, патентних повірених тощо) як творчого середовища для успішної винахідницької діяльності (цей напрямок дослідження є особливо актуальним з урахуванням переходу загальноосвітньої школи на профільне навчання).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Альтов Г.С. И тут появился изобретатель: Научно-популярная книга. – М.: Дет. лит., 1984. – 126 с.
2. Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука. – М.: Сов. радио, 1979. – 184 с.
3. Андреев А.М. Використання комп'ютерної техніки на різних етапах винахідницької діяльності старшокласників // Наукові записки. – Вип. 72. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка. – 2007. – Частина 1. – С. 142-146.
4. Андреев А.М. Винахідницька діяльність як “полігон” для розвитку вміння формулювати і розв’язувати експериментальні задачі з фізики // Збірник наукових праць. Педагогічні науки. Випуск 43. – Херсон: Видавництво ХДУ, 2006. – С. 71-76.
5. Андреев А.М. Вплив математичних знань учнів на результативність виконання експериментальних завдань з фізики // Наукові записки. – Вип. 55. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка. – 2004. – С. 169-174.
6. Андреев А.М. Діагностика рівня підготовленості учнів до виконання робіт фізичного практикуму // Вісник Запорізького національного університету: Збірник наукових статей. Педагогічні науки / Головний редактор. Міщук Л.І. – Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2005. – С. 5-11.
7. Андреев А.М. Діагностичні завдання для перевірки рівня підготовленості учнів до виконання робіт фізичного практикуму // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції “Особливості підготовки вчителів природничо-математичних дисциплін в умовах переходу школи на профільне навчання”. Укладачі: Шарко В.Д. – Херсон: “Олді-Плюс”, 2004. – С.42-43.
8. Андреев А.М. Досвід залучення старшокласників до винахідницької діяльності у галузі енергозберігаючих технологій // Збірник наукових праць

Кам'янець-Подільського державного університету: Серія педагогічна: Проблеми дидактики фізики та шкільного підручника в світлі сучасної освітньої парадигми. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський державний університет, редакційно-видавничий відділ, 2006. – Вип. 12. – С. 174-177.

9. Андреев А.М. Експериментальні задачі на різних етапах винахідницької діяльності // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка. Випуск 36. Серія: педагогічні науки: Збірник у 2-х т. – Чернігів: ЧДПУ, 2006. – № 36. – Т. 1. – С. 119-122.

10. Андреев А.М. Навчання учнів евристичних прийомів розв'язування експериментальних задач з фізики // Наукові записки. – Випуск № 60. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград РВВ КДПУ ім. В. Винниченка. – 2005. – Частина 2. – С. 160-164.

11. Андреев А.М. Передумови використання винахідницької діяльності для розвитку вміння формулювати і розв'язувати експериментальні задачі з фізики // Освітнє середовище як методична проблема: Збірник наукових праць / Херсонський державний університет. Херсон: Видавництво ХДУ, 2006. – С.88-89.

12. Андреев А.М. Проблема навчального посібника з фізичних явищ та ефектів, які використовуються під час розв'язування винахідницьких задач // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного університету: Серія педагогічна: Дидактика фізики в контексті орієнтирів Болонського процесу. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський державний університет, інформаційно-видавничий відділ, 2005. – Вип. 11. – С. 105-107.

13. Андреев А.М. Тренувальні винахідницькі задачі для розвитку в учнів уміння висувати та обґрунтовувати ідеї можливих способів розв'язування експериментальних задач // Збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини / Гол. ред. М.Т. Мартинюк. – К.: Наук. світ, 2006. – С.5-11.

14. Андреев А.М., Дмитренко М.А., Левін Р.Є. Установка електрохімічного очищення виробничих стічних вод з екологічно чистим невичерпним джерелом живлення // Ринок інсталяцій. – 2006. – № 3. – С. 10-12.

15. Андреев А.Н., Зайцев Е.Ю., Левин Р.Е. Индукторный электрический генератор с зубчатым ротором // Промышленная энергетика. – 2005. – № 6. – С. 28-30.

16. Андреев А.Н., Левин Р.Е. Индукторный генератор для ветроэнергетических установок // Промышленная энергетика. – 2006. – №10. – С. 45-47.

17. Андреев А.М., Левін Р.Є. Вітроенергетична установка з системою автоматичного регулювання робочих параметрів // Ринок інсталяцій. – *(Знаходиться у друці)*.

18. Андреев А.М., Марченко О.А. Завдання для забезпечення зворотного зв'язку при поглибленому вивченні фізики // Сучасні технології в науці та освіті: Збірник наукових праць: В 3-х томах. – Кривий Ріг: Видавничий відділ КДПУ, 2003. – Т. 2. – С. 3-8.

19. Андреев А.М., Марченко О.А. Застосування математичних знань для розв'язування фізичних задач // Фізика та астрономія в школі. – 2004. – № 5. – С. 12-15.

20. Андреев А.М., Марченко О.А. Математична підтримка вивчення механічних коливань у курсі фізики середньої школи // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного університету: Серія педагогічна: Методологічні принципи формування фізичних знань учнів і професійних якостей майбутніх учителів фізики та астрономії. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський державний університет, інформаційно-видавничий відділ, 2003. – Вип. 9. – С. 82-84.

21. Андреев А.М., Марченко О.А. Програма математичної підготовки учнів до поглибленого вивчення механіки // Збірник наукових праць: Спеціальний випуск / Гол. ред. В.Г. Кузь. – К.: Науковий світ, 2003. – С. 89-95.

22. Андреев А.Н., Самойленко П.И., Минаев Ю.П. Проблема оценивания качества образования при переходе от средней к высшей школе // Среднее профессиональное образование. – М., – 2003. – № 7. – С. 19-21.
23. Антипин И.Г. Экспериментальные задачи по физике в 6-7 классах. Пособие для учителей. – М.: Просвещение, 1974. – 127 с.
24. Атаманченко А.К., Давиденко А.А. Экспериментальные задачи по физике и методы их решения. Учеб. пос. – Таганрог. 2003. – 52 с.
25. Афанасьєва Н.І., Марченко О.А., Мінаєв Ю.П. Розробка засобів зворотного зв'язку для технологізації навчання фізики // Наукові записки. – Випуск 51. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. Винниченка, 2003. – Частина 2. – С. 3-8.
26. Бабанский Ю.К. Рациональная организация учебной деятельности. – М.: Знание, 1981. – 96 с. – (Новое в жизни, науке, технике. Сер. “Педагогика и психология”; № 3).
27. Бабанский Ю.К., Поташник М.М. Оптимизация педагогического процесса: (В вопросах и ответах). – К.: Рад. шк., 1983. – 287 с.
28. Білоус С.Ю. Розвиток дослідницьких здібностей старшокласників у процесі діяльності Малої академії наук (на матеріалі фізики): Автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Національний педагогічний ун-т ім. М.П. Драгоманова. – К., 2005. – 20 с.
29. Білоус С.Ю. Як розвинути в учня якості дослідника, або методика дослідницьких ланцюжків. – Х.: Видавн. гр. “Основа”, 2004. – 160 с. – (Серія «Бібліотека журналу “Фізика в школах України”»; Вип. 2 – 3).
30. Бойко М.П., Венгер Є.Ф., Мельничук О.В. Фізико-технічна творчість учнів: Навч. посіб. – К.: Вища шк., 2007. – 262 с.
31. Бугаёв А.И. Методика преподавания физики в средней школе: Теорет. основы: Учеб. пособие для студентов пед. ин-тов по физ.-мат. спец. – М.: Просвещение, 1981. – 288 с.

32. Бугайов О.І., Мартинюк М.Т. Лабораторна робота. Вивчення іонізуючого випромінювання та його біологічної дії // Фізика та астрономія в школі. – 1998. – №3. – С. 36-37.

33. Буров В.А., Иванов А.И., Свиридов В.И. Фронтальные экспериментальные задания по физике: 10 кл.: Дидакт. материал: Пособие для учителя / Под ред. В.А. Булова. – М.: Просвещение, 1987. – 48 с.

34. Буров В.А., Кабанов С.Ф., Свиридов В.И. Фронтальные экспериментальные задания по физике в 6-7 классах средней школы: Пособие для учителей. – М.: Просвещение, 1981. – 112 с.

35. Бут Д.А. Бесконтактные электрические машины: Учеб. пособие для электромех. и электроэнерг. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1990. – 416 с.

36. Бутиков Е.И., Быков А.А., Кондратьев А.С. Физика в примерах и задачах: Учеб. пособие. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 464 с.

37. Величко С.П. Розвиток системи навчального фізичного експерименту в сучасній середній школі: Автореф. дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.02 / Національний педагогічний ун-т ім. М.П. Драгоманова. – К., 1998. – 34 с.

38. Віднічук М.А. Технології технічної творчості. Ч.1. – К.: Ред. загальнопед. газ., 2004. – 112 с. – (Б-ка “Шк. світу”).

39. Віднічук М.А. Формування вмінь розв’язувати винахідницькі задачі в курсі фізики загальноосвітньої школи: Автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Національний педагогічний ун-т ім. М.П. Драгоманова. – К., 2003. – 19 с.

40. Власенко В.М. Перевірка практичних умінь і навичок з використанням тестових та комп’ютерних технологій // Фізика та астрономія в школі. – 2005. – № 6. – С. 39-43.

41. Внеурочная работа по физике / О.Ф. Кабардин, Э.М. Браверман, Г.Р. Глущенко и др.; Под ред. О.Ф. Кабардина. – М.: Просвещение, 1983. – 223 с.

42. Возна М.С., Гром’як М.І. Про стикування деяких питань шкільного курсу математики і фізики // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету. Серія: Педагогіка. № 6. – 2002. – С. 6-8.

43. Войтович І.С., Галатюк Ю.М. Забезпечення диференційованого підходу в експериментальній діяльності учнів з фізики // Сучасні технології в науці та освіті: Збірник наукових праць: В 3-х томах. – Кривий Ріг: Видавничий відділ КПДУ, 2003. – Т2. – С. 41-45.

44. Всероссийские олимпиады по физике / Под ред. С.М. Козела, В.П. Слободянина. – М.: Вербум-М, 2005. – 534 с.

45. Выготский Л.С. Воображение и творчество в детском возрасте. – СПб.: СОЮЗ, 1997. – 96 с.

46. Выготский Л.С. Педагогическая психология / Под ред. В.В. Давыдова. – М.: Педагогика, 1991. – 480 с.

47. Гайдучок Г.М., Нижник В.Г. Фронтальний експеримент з фізики в 7–11 класах середньої школи: Посібн. для вчителя. – К.: Рад. шк., 1989. – 175 с.

48. Галатюк Ю.М., Тищук В.І. Організація лабораторних робіт з фізики в умовах диференційованого навчання // Фізика та астрономія в школі. – 1998. – № 3. – С. 38-41.

49. Гальперин П.Я. Введение в психологию: Учебное пособие для вузов. – 3-е изд. – М.: «Книжный дом “Университет”», 2000. – 336 с.

50. Гальперин П.Я. Психология мышления и учение о поэтапном формировании умственных действий // Исследование мышления в советской психологии: Сборник статей – М.: Наука, 1966. – 476 с.

51. Гинзбург В.Л. Ответы на вопросы журнала “Изобретатель и рационализатор” // О физике и астрофизике: Статьи и выступления. – М.: Наука, 1985. – С. 324-327.

52. Гнеденко Б.В. Математика в современном мире. – М.: Просвещение, 1980. – 126 с.

53. Головка М.В. Контроль та оцінювання навчальних досягнень: особливості реалізації та шляхи удосконалення в загальноосвітніх навчальних закладах // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного університету: Серія педагогічна: Методологічні принципи формування

фізичних знань учнів і професійних якостей майбутніх учителів фізики та астрономії. – Кам'янець-Подільський державний університет, 2003. – 174 с.

54. Гончаренко С.У., Коршак Є.В. Фізика. Олімпіадні задачі. Випуск 2. 9 – 11 класи. – Тернопіль: “Навчальна книга – Богдан”, 1999. – 200 с.

55. Гончаренко С.У., Коршак Є.В. Фізика. Олімпіадні задачі. Випуск 1. 7 – 8 класи. – Тернопіль: “Навчальна книга – Богдан”, 1998. – 72 с.

56. Гончаренко С.У. Формування наукового світогляду учнів під час вивчення фізики: Посібник для вчителя. – К.: Рад. шк., 1990. – 208 с.

57. Гончаренко С.У., Хаїмзон І.І. Учням про цифрову електроніку. – К.: Рад. шк., 1991. – 173 с.

58. Грабарь М.И., Краснянская К.А. Применение математической статистики в педагогических исследованиях: непараметрические методы. – НИИ содержания и методов обучения АПН СССР. – М.: Педагогика, 1977. – 136 с.

59. Григор'єв С.Б., Орлянський О.Ю. Обласні олімпіади з фізики. – Дніпропетровськ, 2001. – 76 с.

60. Грудинін Б.О. Розвиток творчої активності учнів засобами домашнього експерименту в процесі вивчення молекулярної фізики і термодинаміки в загальноосвітній школі: Автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02. – К., 2004. – 21 с.

61. Грудинін Б.О. Творчі домашні експериментальні завдання: вивчення МКТ та основ термодинаміки // Фізика та астрономія в школі. – 2003. – №1. – С. 43-46.

62. Давиден А.А. Изобретательские задачи в школьном курсе физики: Пособие для учителей. – Чернигов: Десн. правда, 1996. – 96 с.

63. Давиденко А.А. Діагностика задатків і здібностей учнів до дослідницької та творчої діяльності в галузі фізики // Наукові записки. – Випуск № 60. – Серія: Педагогічні науки. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка. – 2005. – Частина 2. – С. 44-48.

64. Давиденко А.А. Завдання для виявлення задатків і нахилів учнів до творчої діяльності // Фізика та астрономія в школі. – 2002. – №1. – С. 34-37.
65. Давиденко А.А. Методика розвитку творчих здібностей учнів у процесі навчання фізики (теоретичні основи). – Ніжин: ТОВ “Видавництво “Аспект-Поліграф”, 2004. – 264 с.
66. Давиденко А.А. Экспериментальные задачи как средство повышения уровня и качества знаний учащихся по физике: Автореф. дисс. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Киевский гос. пед. ин-т им. А.М. Горького. – К., 1991. – 22 с.
67. Давидьон А.А. Експериментальні задачі з фізики для учнів 7-9 класу: Посібник для вчителів фізики: Чернігів, 1997. – 44 с.
68. Данилова Т.О., Мінаєв Ю.П. Нетрадиційний підхід до формування в учнів середньої школи вмінь, необхідних для виконання експериментальних робіт з фізики // Пед. науки: Зб. наук. пр. – Вип. 15. – ч.ІІ. – Херсон: Айлант, 2000. – С. 88-95.
69. Двораківський В.М., Сиротюк В.Д. Проблеми шкільного навчального експерименту з фізики // Фізика та астрономія в школі. – 2004. – № 4. – С. 10-11.
70. Демкович В.П., Прайсман Н.Я. Приближённые вычисления в школьном курсе физики: Кн. для учителя. – М.: Просвещение, 1983. – 110 с.
71. Державний стандарт базової і повної середньої освіти // Освіта України. – 2004. – №5 (500). – С. 1-13.
72. Дерзкие формулы творчества / (Сост. А.Б. Селюцкий). – Петрозаводск: Карелия, 1987. – 269 с.
73. Довкілля для Європи // 5-та Всеєвропейська конференція міністрів охорони навколишнього середовища. Матеріали та документи. – К.: Бліц-Принт. – 2004. – 543 с.
74. Довнар Э.А., Курочкин Ю.А., Сидорович П.Н. Экспериментальные олимпиадные задачи по физике. – Мн.: Нар. асвета, 1981. – 96 с.
75. Енергозбереження. Посібник з раціонального використання ресурсів та енергії для учнів загальноосвітньої школи / О.В. Мельникова,

А.В. Праховник, Даг Арне Хойстад та ін. – К.: Видавництво “КВІЦ”. – 2004. – 104 с.

76. Желюк О.М. Удосконалення навчального фізичного експерименту засобами сучасної електронної техніки: Автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Український державний педагогічний ун-т ім. М.П. Драгоманова. – К., 1997. – 24 с.

77. Занюк С.С. Психологія мотивації: Навч. посібник. – К.: Либідь, 2002. – 304 с.

78. Знаменский П.А. Лабораторные занятия по физике в средней школе. Ч.1. – Л.: Учпедгиз, 1955. – 324 с.

79. Зошит для лабораторних і практичних робіт з фізики. 9 клас / М.В. Бондаренко, О.М. Євлахова, Л.О. Тарасова. – Харків: Веста: Ранок, 2003. – 80 с.

80. Иваненко А.Ф., Махлай В.Ф., Богатырёв О.И. Экспериментальные и качественные задачи по физике: Пособие для учителей. – К.: Рад. шк., 1987. – 144 с.

81. Іваницька Н.А. Диференційовані лабораторні роботи з фізики на першому ступені навчання // Фізика та астрономія в школі. – 2004. – №2. – С. 38-42.

82. Иванов-Смоленский А.В. Электромагнитные силы и преобразование энергии в электрических машинах. – М.: Высшая школа, 1989. – С. 103.

83. Иванова Л.А. Активизация познавательной деятельности учащихся при изучении физики: Пособие для учителей. – М.: Просвещение, 1983. – 160 с.

84. Іллюшко В.В., Калапуша Л.Р. Умови формування творчої активності учнів засобами фізичного експерименту // Фізика та астрономія в школі. – 1997. – № 3. – С. 11-14.

85. Иоффе А.Ф. О физике и физиках: Статьи, выступления, письма. – Л.: Наука, 1985. – 544 с.

86. Каменецкий С.Е., Орехов В.П. Методика решения задач по физике в средней школе. Пособие для учителей. – М.: Просвещение, 1974. – 384 с.

87. Капица П.Л. Физический опыт в школе // Эксперимент. Теория. Практика: Статьи и выступления. – М.: Наука, 1987. – С. 223-224.
88. Кенєва І.П., Мінаєв Ю.П. Математичне пояснення характерного розподілу експериментальних точок, які отримують при діагностуванні складних умінь // Пошук молодих. Вип. 3. Зб. матеріалів Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції “Управління якістю навчання учнів природничо-математичних дисциплін в умовах профільної та рівневої диференціації”. – Херсон: Видавництво ХДУ, 2004. – С. 17-19.
89. Книга для вчителя фізики, астрономії: Довідково-методичне видання/ Упоряд. О.В. Хоменко, І.А. Юрчук. – Харків: Торсінг плюс, 2005. – 352 с.
90. Колодійчук О.Я. Використання елементів технічної творчості під час урочних і позаурочних занять з фізики та хімії у навчальних закладах Галичини (1900 – 1914 рр.) // Фізика та астрономія в школі. – 2005. – № 2. – С. 51-55.
91. Комиренко М.М., Комиренко Н.И., Комиренко С.М. Материалы для проверки знаний учащихся по физике: Пособие для учителя. – К.: Рад. шк., 1989. – 221 с.
92. Кондакова Е.В., Маркова С.Н., Спажакин В.А. О роли задач в обучении физике // Физика в школе, № 3, 2005, С. 32-34.
93. Коршак Є.В. Навчальний фізичний експеримент в умовах диференційованого вивчення фізики і створення стандартів освіти // Стандарти фізичної освіти в Україні: технологічні аспекти управління навчально-пізнавальною діяльністю: Науково-методичний збірник. – Кам’янець-Подільський державний педагогічний інститут, 1997. – С. 29-30.
94. Коршак Є.В., Коршак Н.М. Фізичні властивості напівпровідників та їх застосування. – К.: Вища школа, 1973. – 88 с.
95. Коршак Є.В., Миргородський Б.Ю. Методика і техніка шкільного фізичного експерименту. Практикум: Посіб. для пед. інститутів. – К.: Вища школа, 1981. – 280 с.
96. Коршак Є.В., Нижник В.Г. Альбом карток з фізики для 8 класу: Навч. наочн. посібник. – К.: Рад. шк., 1990. – 80 карток + Дод. (12 с.).

97. Коршак Є.В., Павленко А.І. Навчальні експериментальні задачі з фізики: відкриваємо наукові методи пізнання // Фізика та астрономія в школі. – 1997. – № 2. – С. 42-44.

98. Костюкевич Д.Я. Індивідуальна та колективна форми діяльності під час виконання лабораторних робіт з фізики // Фізика та астрономія в школі. – 2000. – № 2. – С. 4-5.

99. Костюкевич Д.Я. Методичні засади шкільного фізичного експерименту // Фізика та астрономія в школі. – 1998. – № 4. – С. 12-13.

100. Котельніков Г.О. Лабораторні роботи з фізики дослідницького характеру у класах з поглибленим вивченням фізики: Автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Національний педагогічний ун-т ім. М.П. Драгоманова. – К., 1998. – 16 с.

101. Кудрявцев Л.Д. Мысли о современной математике и ее изучении. – М.: Наука, 1977. – 112 с.

102. Ланге В.Н. Экспериментальные физические задачи на смекалку: Учебное руководство. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985. – 128 с. – (Библиотечка физико-математической школы).

103. Ланина И.Я. Формирование познавательных интересов учащихся на уроках физики: Кн. для учителя. – М.: Просвещение, 1985. – 128 с.

104. Левшенюк Я.Ф., Левшенюк І.Я. Шляхи удосконалення методики проведення лабораторних робіт // Стандарти фізичної освіти в Україні: технологічні аспекти управління навчально-пізнавальною діяльністю: Науково-методичний збірник. – Кам'янець-Подільський державний педагогічний інститут, 1997. – С. 89-90.

105. Леонтьев А.Н. Деятельность. Сознание. Личность. – М.: Политиздат, 1977. – 304 с.

106. Леонтьев А.Н. Становление психологии деятельности: Ранние работы / Под ред. А.А. Леонтьева, Д.А. Леонтьева, Е.Е. Соколовой. – М.: Смысл, 2003. – 439 с.

107. Лук А.Н. Психология творчества. – М.: Наука, 1978. – 128 с.

108. Ляшенко О.І., Лукіна Т.О. Результати моніторингу якості засвоєння навчального матеріалу з фізики // Фізика та астрономія в школі. – 2000. – № 4. – С. 13-24.

109. Ляшенко О.І., Хоменко О.В. Оцінювання навчального процесу з фізики учнями і вчителями // Фізика та астрономія в школі. – 2006. – № 3. – С. 2-4.

110. Ляшенко О.І., Хоменко О.В. Результати вивчення навчальних досягнень учнів 8 класу за методикою міжнародного обстеження TIMSS // Фізика та астрономія в школі. – 2005. – № 6. – С. 2-6.

111. Малафеев Р.И. Проблемное обучение физике в средней школе: Из опыта работы. Пособие для учителей. – М.: Просвещение, 1980. – 127 с.

112. Маркович Л.М. Екологічні знання як чинник гуманітаризації шкільного курсу фізики: Автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Національний педагогічний ун-т ім. М.П. Драгоманова. – К., 2007. – 19 с.

113. Математика в современном мире (пер. с англ.). Сборник статей. – М.: Мир, 1967. – 204 с.

114. Меерович М.И. Теории решения изобретательских задач / М.И. Меерович, Л.И. Шрагина. – Минск: Харвест, 2003. – 428 с.

115. Меерович М.И. Формулы теории невероятности. – Одесса.: “ПОЛИС”, 1993. – 232 с.

116. Меледин Г.В. Физика в задачах: Экзаменационные задачи с решениями: Учеб. пособие. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. – 172 с.

117. Механіка. Молекулярна фізика та основи термодинаміки. Лабораторний практикум: Навч. посібник / Є.Ф. Венгер, Л.Ю. Мельничук, О.В. Мельничук, О.Г. Шевчук; за ред. О.В. Мельничука. – К., 2000. – 256 с.

118. Мінаєв Ю.П., Кенева І.П., Андреев А.М. Проблема навчального посібника для математичної підтримки поглибленого курсу фізики // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету. Серія: Педагогіка. № 6. – 2002. – С. 102-107.

119. Миргородський Б.Ю., Шабаль В.К. Демонстраційний експеримент з фізики. Молекулярна фізика: Посібник для вчителів. – К.: Рад. шк., 1982. – 140 с.
120. Миргородський Б.Ю., Шабаль В.К. Демонстраційний експеримент з фізики. Електродинаміка: Посібник для вчителів. – К.: Рад. шк., 1983. – 176 с.
121. Миргородський Б.Ю., Шабаль В.К. Демонстраційний експеримент з фізики. Коливання і хвилі: Посібник для вчителів. – К.: Рад. шк., 1985. – 168 с.
122. Миргородський Б.Ю. Шкільний фізичний експеримент. – К.: Рад. шк., 1972. – 200 с.
123. Мошков С.С. Экспериментальные задачи по физике. – Л.: Учпедгиз, 1955. – 204 с.
124. Ніженець Н.В. Додаткові завдання до лабораторних робіт з фізики // Фізика та астрономія в школі. – 2001. – №3. – С. 47-49.
125. Нижник В.Г., Коршак Є.В., Сиротюк В.Д. Дидактичні матеріали з фізики для 7 класу: Посіб. для вчителів. – К.: Пед. преса, 1999. – 84 с.
126. Низамов И.М. Задачи по физике с техническим содержанием: Пособие для учащихся / Под ред. А.В. Пёрышкина. – М.: Просвещение, 1980. – 96 с.
127. Нурминский И.И., Гладышева Н.К. Статистические закономерности формирования знаний и умений учащихся. М.: Педагогика, 1991. – 224 с.
128. Оноприенко О.В. Проверка знаний, умений и навыков учащихся по физике в средней школе: Кн. для учителя. – М.: Просвещение, 1988. – 128 с.
129. Опыты в домашней лаборатории. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1980. – 144 с. – (Библиотечка “Квант”. Вып. 4).
130. Осинская В.Н. Формирование умственной культуры учащихся в процессе обучения математике: Кн. для учителя. – К.: Рад. шк., 1989. – 192 с.
131. Основы методики преподавания физики в средней школе / В.Г. Разумовский, А.И. Бугаёв, Ю.И. Дик и др.; Под ред. А.В. Пёрышкина и др. – М.: Просвещение, 1984. – 398 с.

132. Охорона інтелектуальної власності в Україні / С.О. Довгий, В.О. Жаров, В.О. Зайчук та ін. – К.: Форум, 2002. – 319 с.

133. Охорона промислової власності в Україні: Монографія / За ред. О.Д. Святоцького, В.Л. Петрова. – К.: Видавничий Дім “Ін Юре”, 1999. – 400 с.

134. Павленко А.І. Експериментальні дослідження оптичної сили системи тонких лінз // Фізика та астрономія в школі. – 2002. – № 6. – С. 41-42.

135. Павленко А.І. Інноваційний навчальний фронтальний фізичний експеримент з дослідження збільшення оптичних лінз // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного університету: Серія педагогічна: Методологічні принципи формування фізичних знань учнів і професійних якостей майбутніх учителів фізики та астрономії. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський державний університет, інформаційно-видавничий відділ, 2003. – Вип. 9. – С. 150-152.

136. Павленко А.І. Лабораторні роботи із дзеркалами // Фізика та астрономія в школі. – 2005. – № 4. – С. 6-10.

137. Павленко А.І. Методика навчання учнів середньої школи розв'язуванню і складанню фізичних задач: (теоретичні основи) / Наук. ред. С.У. Гончаренко. – К.: ТОВ “Міжнар. фін. агенція”, 1997. – 177 с.

138. Пат. 63405А Україна, 7 Н02К19/20. Індукторний генератор / А.М. Андреев, О.В. П'янкова, М.Г. Кузьменко, Ю.П. Мінаєв. – № 2003043366; Заявл. 15.04.2003; Опубл. 15.01.2004, Бюл. № 1. – 6 с.

139. Пат. 71490 А Україна, 7 F03D3/00. Вітровий двигун / А.М. Андреев, М.А. Дмитренко, Ю.П. Мінаєв, О.В. П'янкова. – № 20031213283; Заявл. 31.12.2003; Опубл. 15.11.2004, Бюл. № 11. – 4 с.

140. Пат. 6010U Україна, 7 F03D3/00. Вітровий двигун / А.М. Андреев, Є.Ю. Зайцев, Р.Є. Левін, Ю.П. Мінаєв. – № 20040604850; Заявл. 21.06.2004; Опубл. 15.04.2005, Бюл. № 4. – 6 с.

141. Пат. 6009U Україна, Н02К19/20. Індукторний генератор / А.М. Андреев, Є.Ю. Зайцев, Р.Є. Левін, Ю.П. Мінаєв. – № 20040604848; Заявл. 21.06.2004; Опубл. 15.04.2005, Бюл. № 4. – 6 с.

142. Пат. 11039U Україна, 7C02F1/46, C02F1/461. Установа для очистки стічних вод / А.М. Андрєєв, М.А. Дмитренко, Є.Ю. Зайцев, Р.Є. Левін, Ю.П. Мінаєв. – № u200504168; Заявл. 29.04.2005; Опубл. 15.12.2005, Бюл. № 12. – 8 с.

143. Пат. 12522U Україна, F03D3/00, F01C17/00. Вітровий двигун / М.А. Дмитренко, Р.Є. Левін. – № u200507380; Заявл. 25.07.2005, Опубл. 15.02.2006, Бюл. № 2. – 6 с.

144. Пат. 9390U Україна, 7C02F1/461. Пристрій для електрохімічної обробки води / А.М. Андрєєв, М.А. Дмитренко, Ю.П. Мінаєв, Р.Є. Левін. – № u200502956; Заявл. 31.03.2005, Опубл. 15.09.2005, Бюл. № 9. – 8 с.

145. Пат. 17034 U Україна, F03B 13/14. Хвильова енергетична установка / Є.Ю. Зайцев, О.Ю. Зайцев, М.А. Дмитренко, Д.С. Жабко, А.М. Андрєєв, Ю.П. Мінаєв. – № u200601238; Заявл. 08.02.2006; Опубл. 15.09.2006, Бюл. № 9. – 6 с.

146. Пат. 17227 U Україна, G09B23/06 (2006.01). Установа для демонстрації вимушених коливань / Д.С. Жабко, Р.Є. Левін, Є.Ю. Зайцев, А.М. Андрєєв. – № u200603238; Заявл. 27.03.2006; Опубл. 15.09.2006, Бюл. № 9. – 6 с.

147. Пат. 16959 U Україна, F03D 7/00. Механізм регулювання частоти обертання вітродвигуна / Р.Є. Левін, М.А. Дмитренко, А.М. Андрєєв, Ю.П. Мінаєв. – № u200511442; Заявл. 02.12.2005; Опубл. 15.09.2006, Бюл. № 9. – 8 с.

148. Пат. 19154 U Україна, F03D 3/00. Стабілізатор наруги електричного генератора змінного струму / М.А. Дмитренко, А.Л. Серов, А.М. Андрєєв. – №u200603222; Заявл. 27.03.2006; Опубл. 15.12.2006, Бюл. №12. – 6 с.

149. Пат. 23109 U Україна, G10H 3/00. Оптичний звукознімач / Д.С. Жабко, Р.Є. Левін, Д.С. Іщенко, А.М. Андрєєв, Ю.П. Мінаєв. – №u200612817; Заявл. 04.12.2006; Опубл. 10.05.2007, Бюл. №6. – 4 с.

150. Пат. 23160 U Україна, H05K 9/00. Пристрій для екранування електромагнітних хвиль / О.О. Киричек, Р.Є. Левін, К.В. Коровін, Ю.П. Мінаєв,

А.М. Андреев. – №u200613392; Заявл. 18.12.2006; Оpubл. 10.05.2007, Бюл. №б. – 5 с.

151. Правила игры без правил / Сост. А.Б. Селюцкий. – Петрозаводск: Карелия, 1989. – 280 с.

152. Разумовский В.Г. Проблема развития творческих способностей учащихся в процессе обучения физике: Автореф. дисс. ... докт. пед. наук. – М.: НИИ общей педагогики АПН СССР, 1972. – 62 с.

153. Разумовский В.Г. Развитие творческих способностей учащихся в процессе обучения физике: Пособие для учителей. – М.: Просвещение, 1975. – 272 с.

154. Разумовский В.Г. Творческие задачи по физике в средней школе. – М.: Просвещение, 1966. – 154 с.

155. Рачлис Х. Физика в ванне: Пер с англ. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 96 с. – (Библиотечка “Квант”. Вып. 51).

156. Резников З.М. Прикладная физика: Учеб. пособие для учащихся по факультатив. курсу: 10 кл. – М.: Просвещение, 1989. – 239 с.

157. Роуэлл Г., Герберт С. Физика / Пер. с англ. под ред. В.Г. Разумовского. – М.: Просвещение, 1994. – 576 с.

158. Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии – СПб: Издательство “Питер”, 2000. – 712 с.

159. Руденко М.П. Домашні експериментальні завдання в системі навчання фізики в середній школі // Фізика та астрономія в школі. – 1997. – № 4. – С. 39-41.

160. Руденко М.П. Домашній експеримент в навчанні фізики учнів основної школи: Автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Національний педагогічний ун-т ім. М.П. Драгоманова. – К., 2000. – 17 с.

161. Рудницька Ж.О. Розвиток творчих здібностей студентів через активізацію їхньої самостійної роботи // Фізика та астрономія в школі. – 2002. – № 3. – С. 41-43.

162. Савченко В.Ф. Вивчення електромагнетизму в середній школі: Посібник для вчителів. – К.: Рад. шк., 1985. – 127 с.
163. Садовий М.І. Експеримент у навчанні фізики (продовжуємо розмову) // Фізика та астрономія в школі. – 1997. – № 4. – С. 6-9.
164. Садовий М.І. Про одну з проблем експерименту // Фізика та астрономія в школі. – 1997. – № 2. – С. 35-38.
165. Садовий М.І. Про систему експериментальної діяльності // Фізика та астрономія в школі. – 1997. – № 3. – С. 30-31.
166. Сборник эвристических задач по электротехнике. Касвинов С.Г., Кубель М.В., Романов А.В., Суд П.Д. – Х.: Изд-во при Харьк. ун-те, 1989. – 88 с.
167. Селюцкий А.Б., Слугин Г.И. Вдохновение по заказу. Уроки изобретательства. – Петрозаводск, “Карелия”, 1977. – 190 с.
168. Сергеев А.В. Наблюдения учащихся при изучении физики на первой ступени обучения: Пособие для учителя. – К.: Рад. шк., 1987. – 152 с.
169. Сергеев А.В. Наблюдения учащихся при изучении физики на второй ступени обучения: Пособие для учителя. – К.: Рад. шк., 1988. – 176 с.
170. Сидоренко Е.В. Методы математической обработки в психологии. – СПб.: Речь, 2006. – 350 с.
171. Сиротюк В.Д., Гордієнко Т.П. Система завдань для формування в учнів вимірювальних умінь і навичок // Вісник Чернігівського держ. пед. ун-ту ім. Т. Шевченка. випуск 3. Серія: Педагогічні науки: Зб. – Чернігів: ЧДПУ, 2000 – №3 – С. 263-267.
172. Сквайрс Дж. Практическая физика. Пер. с англ. Под ред. Е.М. Лейкина. – М.: Мир, 1971. – 246 с.
173. Слепкань З.І. Методика навчання математики. Підручн. для студ. мат. спеціальностей пед. навч. закладів. – К.: Зодіак-ЕКО, 2000. – 512 с.
174. Современный урок физики в средней школе / В.Г. Разумовский, Л.С. Хижнякова, А.И. Архипова и др.; Под ред. В.Г. Разумовского, Л.С. Хижняковой. – М.: Просвещение, 1983. – 224 с.

175. Сосницька Н.Л. Удосконалення навчального експерименту з хвильової оптики засобами нових інформаційних технологій: Автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Національний педагогічний ун-т ім. М.П. Драгоманова. – К., 1998. – 23 с.

176. Старощук В.А. Інші 70 дослідів з фізики. – Х.: Вид. група “Основа”, 2005. – 128 с. – (Б-ка журн. “Фізика в школах України”; Вип. 2(14)).

177. Старощук В.А. Фізичний практикум у нашій школі // Фізика та астрономія в школі. – 1998. – № 1. – С. 43-52.

178. Старощук В.А. Цікаві демонстрації з фізики. Ч. I – III. – Тернопіль: Навчальна книга – Богдан, 2003.

179. Старощук В.А., Костюкевич Д.Я. Нові роботи фізичного практикуму // Фізика та астрономія в школі. – 2003. – № 1. – С. 47-48.

180. Старощук В.А., Костюкевич Д.Я. Удосконалення організації фізичного практикуму // Фізика та астрономія в школі. – 2002.– № 4. – С. 34-36.

181. Талызина Н.Ф. Педагогическая психология: Учеб. для студ. сред. пед. учеб. заведений. – М.: Издательский центр “Академия”, 2001. – 288 с.

182. Теплицкий А.Х., Кобельнюк А.А. По азимуту технического творчества: Киев: Рад. шк., 1988. – 64 с.

183. Теплицкий І.О., Семеріков С.О. Необмежені можливості та можливі обмеження застосувань комп'ютера у фізичному лабораторному експерименті // Фізика та астрономія в школі. – 2004. – № 2. – С. 47-49.

184. Ткачук В.В. Студентські стипендії за творчість і винахідництво // Інтелектуальна власність. – 2004. – № 5. – С. 54.

185. Умови проведення Всеукраїнських конкурсів з учнівською молоддю / Упорядники: О.О. Тарасенко, Т.В. Пещеріна, Л.М. Гайдай. – К., 2006. – 43 с.

186. Усова А.В., Бобров А.А. Формирование учебных умений и навыков учащихся на уроках физики. – М.: Просвещение, 1988. – 112 с.

187. Фетисов В.А. Оценка точности измерений в курсе физики средней школы: Кн. для учителя. – 2-е изд., перераб. – М.: Просвещение, 1991. – 96 с.

188. Физический практикум для классов с углублённым изучением физики: Дидакт. материал: 9-11 кл. / Ю.И. Дик, О.Ф. Кабардин, В.А. Орлов и др.; Под ред. Ю.И. Дика, О.Ф. Кабардина. – М.: Просвещение, 1993. – 208 с.

189. Физический эксперимент в школе / А.А. Покровский, В.А. Буров, Б.С. Зворыкин, И.М. Румянцев. – М.: Просвещение, 1964. – 244 с.

190. Хуторской А.В. Современная дидактика: Учебник для вузов. – СПб: Питер, 2001. – 544 с. – (Серия “Учебник нового века”).

191. Цілінко М.Г. Саморобні електронні прилади в навчальному експерименті: Посіб. для вчителя. – К.: Рад. шк., 1990. – 141 с.

192. Чепуренко В.Г. Лабораторні роботи з фізики в середній школі. – К.: Рад. школа, 1962. – 264 с.

193. Чепуренко В.Г., Нижник В.Г., Гайдучок Г.М. Лабораторні роботи з фізики у 8-10 класах: Посібник для вчителів. – К.: Рад. шк., 1976. – 247 с.

194. Шахмаев Н.М., Павлов Н.И., Тыщук В.И. Физический эксперимент в средней школе: Колебания и волны. Квантовая физика. – М.: Просвещение, 1991. – 223 с.

195. Шахмаев Н.М., Шилов В.Ф. Физический эксперимент в средней школе: Механика. Молекулярная физика. Электродинамика. – М.: Просвещение, 1989. – 255 с.

196. Швець В.О., Бойко Л.М. Міжпредметні зв'язки математики і фізики: стан, проблеми, перспективи // Фізика та астрономія в школі. – 2002. – № 6. – С. 21-25.

197. Шут М.І., Сергієнко В.П. Поради з підготовки і написання наукових робіт з фізики // МАН: підготовка науково-дослідницьких проєктів / Упор. М. Голубенко. – К.: Ред. загальнопед. газ., 2005. – С. 80-92.

198. Щербаков Р.Н. Формирование представлений о физике как основе техники // Физика в школе. – 2005. – № 3. – С. 27-32.

199. Якиманская И.С. Развивающее обучение. – М.: Педагогика, 1979. – 144 с.

200. Яковлев Ф.И. Сборник заданий по физике. – М.: Изд.-во АПН РСФСР, 1962. – 70 с.

201. Christian Gerthsen: Physik: Lehrbuch zum Gebrauch neben Vorlesungen / Gerthsen; Kneser; Vogel. – 15. Aufl. neubearb. u. erw. von H. Vogel. – Berlin; Heidelberg; New York; Tokyo: Springer, 1986. – 920 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Деякі винаходи (корисні моделі) учнів експериментальної групи



Рис. А.1. Копія патенту на *індукторний генератор з П-подібними магнітними ланцюгами*



Рис. А.2. Діюча модель генератора



Рис. А.3. Копія патенту на вітровий двигун з вертикальною віссю обертання



Рис. А.4. Діюча модель вітродвигуна



Рис. А.5. Копія патенту на *індукторний генератор з Ш-подібними магнітними ланцюгами*

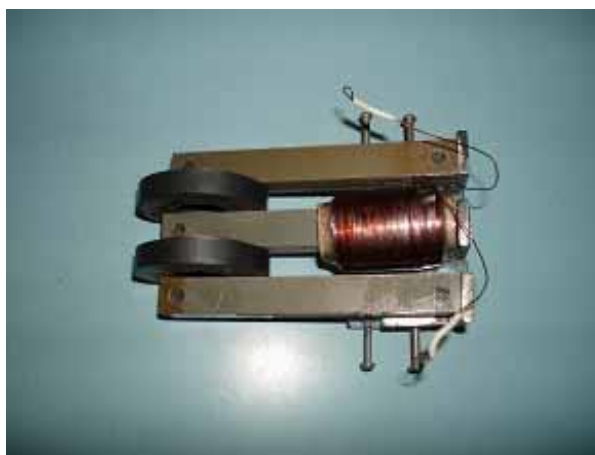


Рис. А.6. Діюча модель Ш-подібного магнітного ланцюга



Рис. А.7. Копія патенту на вітровий двигун з автоматичною стабілізацією частоти обертання



Рис. А.8. Діюча модель вітродвигуна



Рис. А.9. Копія патенту на *пристрій для електрохімічної обробки води*



Рис. А.10. Діюча модель пристрою



Рис. А.11. Копія патенту на *установку для очистки стічних вод*



Рис. А.12. Макет установки



Рис. А.13. Копія патенту на *вітровий двигун із пружними елементами*



Рис. А.14. Діюча модель однієї секції-пластини вітродвигуна



Рис. А.15. Копія патенту на хвильову енергетичну установку



Рис. А.16. Діюча модель кіля хвильової установки



Рис. А.17. Копія патенту на *механізм регулювання частоти обертання вітродвигуна*

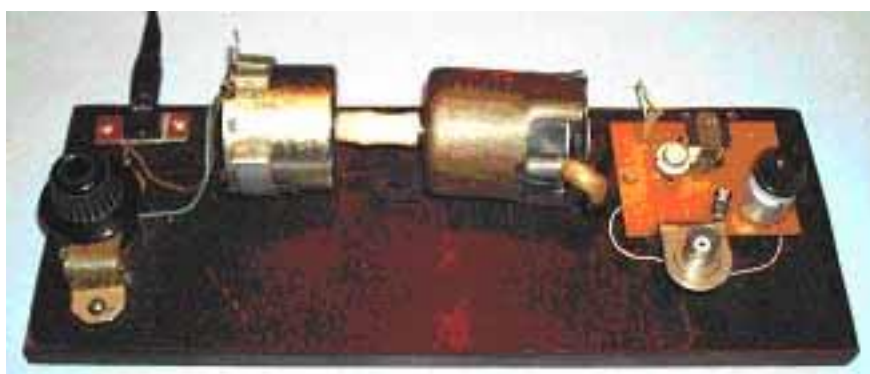


Рис. А.18. Діюча модель механізму регулювання



Рис. А.19. Копія патенту на *установку для демонстрації вимушених коливань*



Рис. А.20. Діюча модель установки



Рис. А.21. Копія патенту на *стабілізатор напруги електричного генератора змінного струму*



Рис. А.22. Діюча модель стабілізатора



Рис. А.23. Копія патенту на *оптичний звукознімач*



Рис. А.24. Діюча модель електрогітари з оптичним звукознімачем



Рис. А.25. Копія патенту на *пристрій для екранування електромагнітних хвиль*



Рис. А.26. Діюча модель пристрою

Додаток Б

Зразок опису до деклараційного патенту на винахід “Вітровий двигун”

	УКРАЇНА	(19) UA	(11) 71490	(13) A
		(51) 7 F03D3/00		
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ	ОПИС ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД			вказується під відповідальністю власника патенту
(54) ВІТРОВИЙ ДВИГУН				
(21) 20031213283 (22) 31.12.2003 (24) 15.11.2004 (46) 15.11.2004, Бюл. № 11, 2004 р. (72) Андреев Андрій Миколайович, Дмитренко Ма- ксим Анатолійович, Мікаєв Єврій Павлович, Ган- кова Олена Володимирівна (73) ЗАПОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ		(57) Вітровий двигун, що складається з вертикаль- но розташованого валу, на якому симетрично розміщені лопаті, який відрізняється тим, що ко- жна лопать вітроходу складається з системи секцій-пластин, які закріплені однією стороною на осях (спіндах) і мають змогу незалежно одна від одної під дією повітряного потоку відхилитися на кут до 180° лише в одному напрямку.		
<p>Винахід відноситься до галузі вітрової енергетики, а саме до виробництва вітроелектричних агрегатів.</p> <p>Відомий вітровий двигун (Шейфер Я.И. Ветроэнергетические агрегаты. М.: Машиностроение, 1972, 386с.), що складається з горизонтально розташованого валу, на якому симетрично розміщено дві пари лопатей (15-20 для тихохідних вітроходів, 2-3 - для швидкохідних), зв'язані між собою обертовим моментом вітроходу при наявності вітру певної швидкості; механізму автоматичної орієнтації осі обертання вітроходу відносно напрямку вітру (хвіст чи віндрос), а також механізму для стабілізації частоти обертання вітроходу при зміні швидкості вітру. Вітровий двигун встановлюють зверху на несучій опорі. Для виробництва електричної енергії використовують електрогенератор, який механічно з'єднаний з валом вітрового двигуна.</p> <p>Недоліками вітроходу з горизонтальною віссю обертання є: необхідність у системі орієнтації, що здійснює постійний контроль за орієнтацією осі обертання вітроходу відносно напрямку вітру (хвіст чи віндрос); необхідність у механізмі, що здійснює поворот вітроходу відносно осі при зміні напрямку вітру; нерівне розташування електрогенератора на опорі, що призводить до необхідності використання струмознімального пристрою, а також збільшує навантаження на несучу опору вітроходу; висота (5-7 м/с) порогове значення швидкості вітру, при якій вітроход починає обертатися.</p> <p>Спільними із заявленим рішенням ознаками є: наявність валу; наявність двох або більшої кількості лопатей; симетричність розташування лопатей на валу.</p> <p>Відомий також вітроход (Большая советская энциклопедия в 30-ти т. М.: Советская энциклопедия, 1971, 800с. С.588), який має вертикально розташований вал (вітроход) з вертикальною віссю обертання, на якому симетрично розташовані лопаті, що обертаються навколо вертикальної осі. Лопаті виготовлені суцільними з легкого матеріалу (алюміній, дюраль, пластмаса тощо). Обертання вітроходу відбувається за рахунок того, що в будь-який момент часу опір повітряному потоку з одного боку лопатей відрізняється від опору з іншого боку лопатей відносно осі, що має певну форму. Зазначено, що напрямку обертання такого вітроходу не залежить від напрямку вітру.</p> <p>Недоліками такого вітроходу є наявність осері обертання з боку тих лопатей, які рухаються у фіксований момент часу проти вітру.</p> <p>Спільними ознаками з заявленим рішенням є: наявність вертикально розташованого валу; симетричність розміщення лопатей на валу, що обертаються навколо вертикальної осі; незалежність напрямку обертання від напрямку вітру.</p> <p>В основу винаходу поставлено задачу розробити вітровий двигун, який шляхом використання лопатей секційним (лопаті складаються з системи секцій-пластин) дозволяє знизити масо-габаритні характеристики, отримати низьку металемкість, суттєво знизити опір лопатей, які рухаються проти вітру, а тому підвищити питомі енергетичні показники та коефіцієнт використання енергії вітрового потоку.</p> <p>Суттєвими ознаками винаходу є: вертикально розташований вал, симетрично розміщені лопаті на валу; конструкція кожної лопаті, яка являє собою систему секцій-пластин, які закріплені однією стороною на осях (спіндах) і мають змогу незалежно</p>				

(19) UA (11) 71490 (13) A

Додаток В

Копії документів про відзначення учнів експериментальної групи Державним департаментом інтелектуальної власності Міністерства освіти і науки України



Рис. В.1. Нагрудний значок “Творець” Державного департаменту інтелектуальної власності України



Рис. В.2. Нагрудний значок “Автор” Державного департаменту інтелектуальної власності України

Додаток Д

Делегація від України на 57-му Міжнародному конкурсі науково-технічної творчості школярів Intel ISEF-2006 International Science and Engineering Fair (США, штат Індіана, м. Індіанаполіс, 2006 р.)



Рис. Д.1. Команда учасників:

Командний проект (секція екології, робота “Удосконалена екологічно чиста вітроенергетична установка”):

1. *Максим Дмитренко*, учень 11 класу гімназії №28 м. Запоріжжя;
2. *Роман Левін*, учень 10 класу гімназії №28 м. Запоріжжя;
3. *Євген Зайцев*, учень 10 класу гімназії №28 м. Запоріжжя;

Індивідуальні проекти:

1. *Наталія Мисула*, учениця 11 класу спеціалізованої загальноосвітньої школи № 3 м. Тернопіль (секція екології, робота “Кадмій як чинник антропогенного забруднення довкілля і токсичного впливу на організм ссавців”);

2. *Данило Моносов*, учень 11 класу хіміко-екологічного ліцею м. Дніпропетровська (секція хімії, робота “Електрохімічне отримання нікель (II) гідрооксиду та вивчення деяких його властивостей”).



Рис. Д.2. Команда керівників (зліва направо):

С.Л. Мосякін, доктор біологічних наук, професор, віце-президент Українського Ботанічного Товариства, науковий консультант Intel ISEF в Україні;

Н.Т. Мосякіна, заступник директора Національного Еколого-натуралістичного центру Міністерства освіти і науки (МОН) України, національний координатор Intel ISEF в Україні;

Т.В. Нанасва, директор освітніх програм корпорації Intel в Україні;

І.М. Буденна, заступник начальника департаменту середньої освіти МОН України;

С.В. Василенко, завідувач сектором природничо-математичної і технологічної освіти відділу науково-методичного забезпечення змісту освіти основної і старшої школи Інституту Інноваційних технологій і змісту освіти МОН України;

В.В. Вербицький, доктор педагогічних наук, професор, директор Національного Еколого-натуралістичного центру МОН України, директор конкурсу Intel Еко-Україна, національного етапу Міжнародного конкурсу Intel ISEF.

Додаток Е

Копії документів про результати участі учнів експериментальної групи у
Міжнародному конкурсі науково-технічної творчості школярів

Intel ISEF



Рис. Е.1. Дипломи та медаль фіналістів Міжнародного етапу конкурсу Intel ISEF-2006 (США, штат Індіана, м. Індіанаполіс, 2006 р.)



(персональні сертифікати)



Рис. Е.3. Медаль Герберта Гувера “Юному інженеру” та відзнака від Міжнародної компанії *Ricoh* (Intel ISEF-2007)

Додаток Ж

Копії документів про результати участі учнів експериментальної групи у Міжнародних конкурсах: “Юнацький водний приз” та “Енергія і середовище”



Рис. Ж.1. Крапля-кубок команди-фіналіста Міжнародного етапу конкурсу науково-технічної творчості “Юнацький водний приз-2006” (Швеція, м. Стокгольм, 2006 р.)



Рис. Ж.2. Сертифікати фіналістів Міжнародного етапу конкурсу молодіжних проєктів з енергозбереження “Енергія і середовище” (Норвегія, 2006 р.)

Додаток 3

Перелік наукових статей, співавторами яких є учні
експериментальної групи

1. *Андреев А.Н., Зайцев Е.Ю., Лебін Р.Е.* Индукторный электрический генератор с зубчатым ротором // Промышленная энергетика. – М.: НТФ “Энергетика”, № 6, 2005. – С. 28-30.



2. *Андреев А.М., Дмитренко М.А., Лебін Р.Е.* Установка электрохимического очищения производных сточных вод с экологично чистым невичерпным джерелом живлення // Рінок інсталяцій – 2006. – № 3. – С. 10-12.



3. *Андреев А.Н., Лебін Р.Е.* Индукторный генератор для ветроэнергетических установок // Промышленная энергетика. – М.: НТФ “Энергетика”, №10, 2006. – С. 45-47.

