

Лекція 3. Напрямки активізації навчання учнів формування і розв'язування задач з фізики та астрономії. Метод проблемних ситуацій як реалізація задачного підходу.

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 досліджу, 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.

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 умінь, 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]).

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 містиккою...” [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.

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. 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 відрізнятись*.

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

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

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:

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

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.

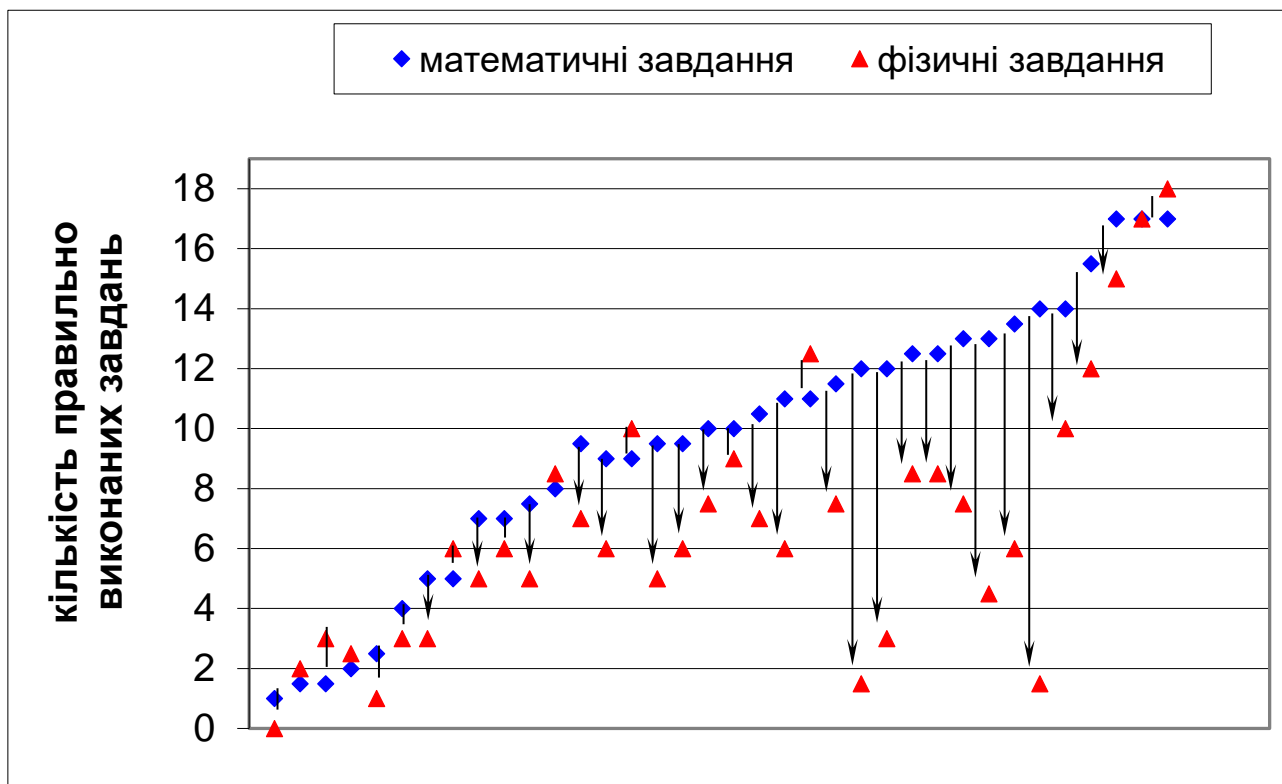


Рис. 1.1. Результати виконання студентами завдань у “фізичній” та “математичній” формі запису

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).

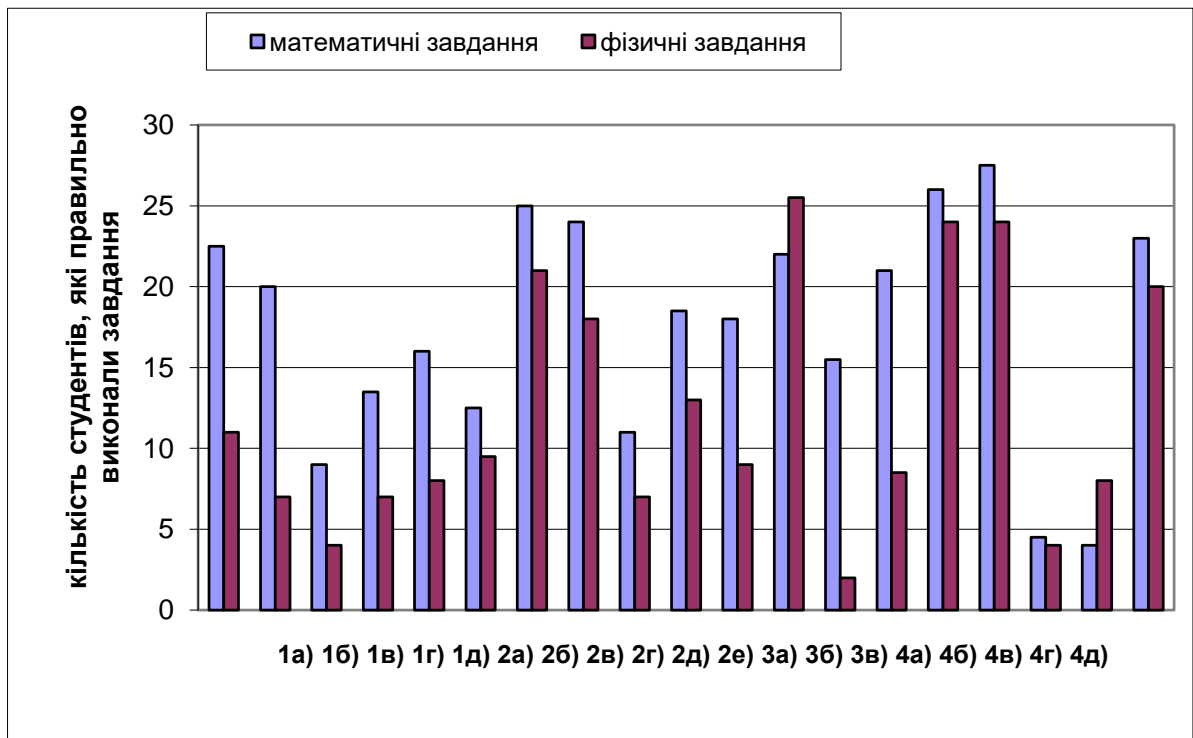


Рис. 1.2. Результати виконання студентами фізичного факультету окремих завдань контрольної роботи

Зазначимо, що успішне розв’язування експериментальних задач передбачає, окрім 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 загальнонавчальних 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.

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 кожну 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).