

**Микола Яровий,
Петро Товбушенко,
Світлана Зінцова**

АКТИВІЗАЦІЯ ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТУДЕНТІВ У ПРОЦЕСІ ЗДІЙСНЕННЯ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ НА ЗАНЯТТЯХ З ФІЗИКИ

Соціально-економічні перетворення, які здійснюються в Україні, зумовлюють значні зміни в розвитку системи освіти. Державна національна програма «Освіта» (Україна XXI століття) як першочергове завдання передбачає досягнення значного рівня освіти, формування високого культурного та інтелектуального рівнів підростаючого покоління. У «Національній доктрині розвитку освіти України у XXI столітті» зазначається: «В Україні має стверджуватися стратегія прискореного, випереджувального інноваційного розвитку освіти і науки; повинні забезпечуватись умови для розвитку, самоствердження і самореалізації особистості впродовж життя».

Продовжується пошук більш демократичних, гнучких і результативних систем освіти з позицій інтересів суспільства та учнів і студентів. Так, у вищезазначених документах та законах України про освіту зосереджується увага на спрямуванні навчально-виховного процесу у бік особистості і окреслюються такі основні напрямки освіти: перевага соціально-мотиваційних чинників і загальнолюдських цінностей; переорієнтація на особистість та забезпечення активної пізнавальної позиції і діяльності; організація навчання з урахуванням досвіду взаємодії учнів і студентів з навколишнім природним та соціальним середовищем; урахування їх особистісно-почуттєвої сфери діяльності; скерованість на повнішу реалізацію індивідуальних здібностей та творчого потенціалу молодої людини, на діяльність, яка зумовлюється активністю і розумом; вироблення стійких механізмів самонавчання, самовиховання, саморозвитку і самовизначення.

Завдання підготовки творчої особистості, готової до постійного самовдосконалення, вимагають від педагогічної науки перегляду та дослідження низки проблем, зокрема підвищення ефективності викладання всіх навчальних дисциплін. Однією з умов результативності навчального процесу є добір адекватних дидактичній меті методів навчання. Використання у навчальному процесі різноманітних методів та засобів впливає як на процес навчання, так і на його результат. Однією із загальних умов, які визначають вибір методу навчання, є зміст і методи певної науки взагалі та навчальної дисципліни зокрема, а також дидактична мета навчального заняття.

Аналіз шкільної практичної діяльності свідчить, що організація

навчального процесу в сучасних умовах розвитку комп'ютерної техніки на основі використання лише традиційних технологій не завжди дозволяє створити сприятливі умови для самореалізації учня і студента, яка виражається у природному прагненні молодої людини до оволодіння новими знаннями, спілкування, взаємодопомоги, співробітництва, тобто намаганні стати значним і активним суб'єктом цього процесу. Проглядається невідповідність результатів навчання і виховання молоді соціальному замовленню суспільства. Це зумовило потребу у створенні нової концепції освіти, що вимагає модернізації підходів до організації і функціонування навчання. Оновлення змісту освіти і приведення його у відповідність до сучасних потреб суспільства та конкретної особистості потребує водночас удосконалення технологій навчання.

Відповідно до основних напрямів перебудови освіти, цілі навчання фізики визначаються як такі, що забезпечують формування і розвиток наукових знань та вмінь, необхідних і достатніх для розуміння явищ та процесів, що відбуваються у природі, техніці, побуті; знання основ фізичних теорій, що складають ядро фізичної освіти та вміння застосовувати ці знання на практиці; формування у свідомості молодих людей природничо-наукової картини світу.

Втілення вищевказаних цілей можливе лише за умови активізації пізнавальної діяльності учнів і студентів. Напрямки ефективної активізації навчання можуть бути досить різноманітні. Наведемо кілька переконливих, на нашу думку, прикладів.

Спочатку звернемось до деяких цікавих фактів із біографії видатних вчених. Галілео Галілей був видатним фізиком-теоретиком і експериментатором. Це він одного разу сказав: «В науці тисячі авторитетів не варті одного скромного і правильного твердження». Галілей піддав сумніву твердження Аристотеля про те, що тіла різної маси падають з різним прискоренням. Пізанська вежа була місцем його знаменитих дослідів: було доведено, що тіла різних мас мають однакове прискорення під час вільного падіння. Уважні спостереження за розгойдуванням лампад у соборі допомогли Галілею відкрити закони коливання маятника. При цьому для відліку часу вчений використав частоту биття власного серця! Відомо, що закони коливання маятника Хрiстiан Гюйгенс використав у першому годиннику (1657 р.).

Ісаак Ньютон продовжив дослідження Галілея. Його наукові роботи є основою класичної фізики. У двадцять чотири роки Ньютон сформулював закон всесвітнього тяжіння. Використовуючи цей закон, можна виконати багато корисних обрахунків. Як приклад, обчислимо масу Сонця. Відомо, що на Землю діє доцентрова сила, якою є сила всесвітнього тяжіння, завдяки якій наша планета обертається навколо найближчої до нас зорі. Отже, одержимо:

$$F_{\text{доц}} = F_{\text{тяж}}; \quad \frac{m_3 v_3^2}{R} = G \frac{m_3 M_c}{R^2}; \quad \text{звідки} \quad M_c = \frac{v_3^2 \cdot R}{G}; \quad v_{\text{землі}} = 30 \frac{\text{км}}{\text{с}} = 3 \cdot 10^4 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$
$$R = 150 \cdot 10^6 \text{ км} = 15 \cdot 10^{10} \text{ м}; \quad G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{кг}^2}{\text{м}^2}.$$

Провівши обрахунки, маємо: $M_c = 2 \cdot 10^{30} \text{ кг}$. Завдяки трьом законам руху тіл, які він відкрив пізніше, механіки розраховують найбільш складні конструкції, визначають швидкість і прискорення механізмів і засобів транспорту, оцінюють міцність конструкцій і т. ін.

Біографи Ньютона розповідають, що в школі майбутній учений мав задовільні оцінки. Одного разу його образив однокласник, який навчався значно краще Ньютона. І він вирішив, що найгіршою помстою для його суперника буде: забрати в нього місце першого учня. З того щасливого для світової науки випадку розпочався процес перетворення скромного англійського школяра у великого вченого.

У 1695 р. Ньютон працював у монетному дворі Лондона, куди кілька разів приїздив російський цар Петро Перший. Невідомо, але дуже цікаво – про що говорили ці знамениті люди? Ми знаємо, що Ньютон не встиг зробити відкриття у світі електрики і магнетизму – йому не вистачило часу. Пройдуть роки, і його співвітчизники Фарадей і Максвелл подарять людству те, що не встиг зробити автор класичної фізики [3].

Згадавши ім'я видатного англійського фізика-експериментатора Майкла Фарадея, потрібно назвати вченого фізика і хіміка, президента Лондонського Королівського товариства Гемфрі Деві, який у 23 роки став професором і протягом свого життя зробив дуже багато відкриттів. На питання про найголовніше відкриття в його житті Деві відповів так: «Самим великим моїм відкриттям було відкриття Фарадея». Відомо, що талант Фарадея швидко розквітав і учень став обганяти свого вчителя. Найголовніші великі відкриття, які здійснив Майкл Фарадей – явище електромагнітної індукції і закони електролізу. Не домагаючись різних почесей, він відмовлявся від нагород і орденів. Коли його потім просили стати президентом Королівського товариства, він відхилив цю пропозицію, сказавши при цьому: «Хочу до кінця життя залишитись просто Майклом Фарадеєм» [2].

Очевидно, що для активізації пізнавальної діяльності студентів на заняттях в аудиторії та під час виконання домашніх робіт можна і потрібно використовувати величезний скарб науки фізики – відомості про вчених і винахідників Архімеда, Леонардо да Вінчі, М. Дизеля, Т. Едісона, А. Ейнштейна, С. П. Корольова, Д. Менделєєва, Є. Патона, М. Планка, І. П. Пулюя і багатьох інших вітчизняних і зарубіжних гігантів науки і техніки [3].

Проблемі активізації у своїх дослідженнях приділяли увагу: С. П. Величко, М. В. Декарчук, О. С. Кузьменко, І. А. Ткаченко. Ці автори у своїх працях діляться досвідом активізації пізнавальної діяльності

студентів у своїх навчальних закладах [4; 5].

Метою статті є розкрити деякі методи активізації пізнавальної діяльності студентів.

Дуже велику роль у пізнавальній діяльності студентів нашого коледжу відіграє фізичний експеримент, який має місце майже на кожному занятті. Під час демонстрування дослідів, особливо з електродинаміки, байдужих студентів ніколи не буває.

Особливої уваги у студентів заслуговують досліди: розрядка батареї конденсаторів і обчислення енергії поля конденсатора; властивість котушки індуктивності накопичувати велику енергію і потім перетворювати її в інші види енергії; велика різниця у значенні опору тієї самої котушки постійному і змінному струмові; струм у газах і вакуумі з розв'язуванням задачі на визначення швидкості електрона; внутрішня будова амперметра і вольтметра різних систем – магнітоелектричної, електромагнітної та електродинамічної; визначення довжини світлової хвилі для спектру білого світла; користування оптичними приладами лупою, біноклем, мікроскопом, телескопом та ін.

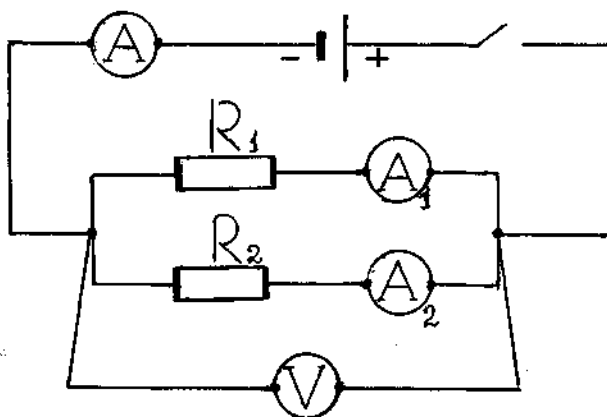
Викладачі намагаються створити проблемні ситуації, під час яких у студентів виникають питання. Більшість студентів мають бажання відповісти, один одного доповнюють, уточнюють відповіді, при цьому в дискусіях головна направляюча роль належить, звичайно, викладачеві. Студенти роблять записи в зошитах, виконують малюнки, схеми. На деякі питання їм пропонують знайти відповіді вдома, використавши відповідну літературу. Деякі студенти користуються послугами інтернету і потім роблять короткі повідомлення на заняттях.

Окремої уваги заслуговують лабораторні роботи з фізики. На нашу думку, вони є рушійною силою для розвитку пізнавальної діяльності студентів як на заняттях в аудиторії, так і під час домашньої самопідготовки. Завдяки виконанню лабораторних робіт у студентів розширюється науковий кругозір, виникає бажання перевірити теорію на практиці, зробити самостійні висновки, використавши на заняттях з фізики набуті знання з математики, хімії, біології, української мови і та ін. Адже добре відомо, що після виконання лабораторних робіт студенти мають ґрунтовніші знання, відповідно кращу успішність. Це є одним з головних чинників успішного навчання студентів на старших курсах.

Відомо, що фізика як наука досить тісно пов'язана із суміжними з нею дисциплінами. Іншими словами, мова йде про міжпредметні зв'язки, які, очевидно, мають великий вплив на активізацію пізнавальної діяльності студентів. На важливість проблеми міжпредметних зв'язків звертав велику увагу ще Ян Амос Коменський. У своїй «Великій дидактиці» він писав: «Усе, що знаходиться у взаємозв'язку, повинно викладатися у такому ж зв'язку». К. Д. Ушинський вважав ідею міжпредметних зв'язків однією з найважливіших у формуванні цілісних та системних знань. «Використання

міжпредметних зв'язків, – відзначав він, – полегшує весь хід навчання, викликає інтерес у дітей. Кращі з учителів, здається, тільки те й роблять, що повторюють матеріал, а насправді вони швидко йдуть уперед, їх учні засвоюють багато різної інформації, яку вони ніколи не запам'ятали б, якби вивчали її без взаємозв'язків». Підтвердити висловлювання видатних педагогів можна під час і після виконання деяких фізичних експериментів і особливо лабораторних робіт. Як приклад, розглянемо деякі найголовніші роботи, які завжди викликають у студентів велику зацікавленість і бажання працювати в лабораторії і вдома.

Робота № 1. Тема: Перевірка законів послідовного і паралельного сполучення споживачів електричної енергії. У роботі ставиться мета, вказуються необхідні прилади, подаються короткі теоретичні відомості і план виконання роботи. Студенти складають електричні кола згідно схем в інструкції до роботи, проводять вимірювання сили струму і напруги амперметром і вольтметром, виконують записи у таблиці. Потім проводять математичні обрахунки, переконуються у правильності законів обох сполучень і роблять висновки. Подаємо одну із електричних схем до роботи.



Якщо першу частину роботи студенти виконують при певній необхідній допомозі викладача, то другу частину їм пропонується виконати самостійно. Спочатку треба відповісти на кілька питань. Наприклад:

1. Студент помилково ввімкнув вольтметр замість амперметра. Що при цьому станеться в колі?

2. Накреслити схему ввімкнення 10 ламп для освітлення тролейбуса. Лампи розраховані на напругу 120 В, напруга в мережі 600 В.

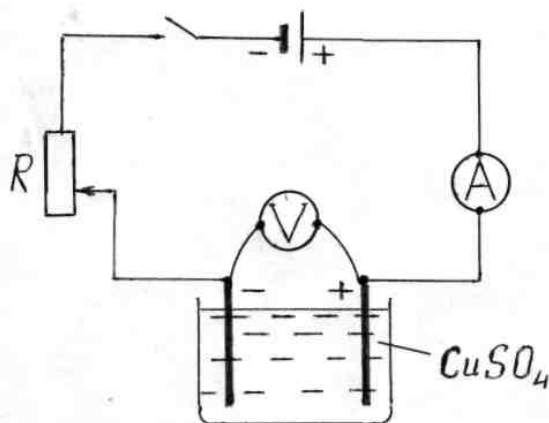
Додому по даній лабораторній роботі задається два експериментальних завдання: а) Накреслити схему ввімкнення у вашій квартирі всіх споживачів, розеток і вимикачів (дається невелика консультація). б) Визначити, на яку силу струму розраховані провідники, що підведені до квартири? Яку площу перерізу мають ці провідники?

(дається додаткова таблиця). Під час виконання цієї роботи звертається увага студентів на те, що подібні, але складніші, роботи вони будуть виконувати з електротехніки на 2-му курсі.

Робота № 2. Тема: Визначення елементарного заряду. З курсу фізики відомо, що електричний заряд електрона, який дорівнює $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, вперше визначив у 1909 р. Міллікен. Це одна з найменших фундаментальних сталих фізичних величин.

У лабораторії фізики нашого коледжу під час проведення лабораторної роботи студенти визначають заряд іона міді, а потім значення елементарного заряду та електрохімічний еквівалент. Установка для досліджень складається з: головної частини – електролітична ванна з водним розчином $CuSO_4$, в яку поміщено два мідні електроди; джерела струму – випрямляч, е.р.с. якого 6 В; амперметра з ціною поділки 0,05 А; вольтметра з ціною поділки 0,1 В; реостата 100 Ом, 2 А; вимикача, з'єднувальних провідників, терезів, важків, лінійки та секундоміра.

З курсу хімії відомо, що молекула $CuSO_4$ дисоціює на два іони: $CuSO_4 \rightarrow Cu^{2+} + SO_4^{2-}$. Під час проходження струму через електроліт відбувається явище електролізу – на катоді відкладається чиста мідь. Заряд двовалентного іона міді визначається за формулою:



$q = \frac{\mu It}{N_A m}$, де μ – молярна маса міді, I – сила струму в колі, N_A – стала Авогадро, m – маса відкладеної міді, t – час дослідження.

Підставивши отримані з дослідження дані у формулу, одержимо:

$$q = \frac{64 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot 0,5 \text{ А} \cdot 1200 \text{ с}}{6 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}} \cdot 200 \cdot 10^{-6} \text{ кг}} = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}.$$

Оскільки валентність міді дорівнює 2, то елементарний заряд дорівнюватиме $q_0 = q : 2 = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} : 2 = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$. Такий заряд (по модулю) мають електрони, позитрони, протони та ін. частинки. Проводимо

обчислення еквівалента: $k = \frac{m}{It}$, $k = \frac{200\text{мг}}{0,5\text{А} \cdot 1200\text{с}} = 0,33 \cdot 10^{-6} \frac{\text{кг}}{\text{Кл}}$. Отже, одержали табличне значення цієї фізичної величини.

Проведемо додаткові обрахунки:

1) Визначимо товщину шару міді, що виділилась на катоді:

а) $m = kIt$; б) $m = \rho V = \rho abd$; ρ – густина міді, a, b, d – розміри шару міді. $kIt = \rho abd$; $d = \frac{kIt}{\rho ab}$; $d = \frac{33 \cdot 10^{-8} \frac{\text{кг}}{\text{Кл}} \cdot 0,5\text{А} \cdot 1200\text{с}}{8,9 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 5 \cdot 10^{-2}\text{м} \cdot 8 \cdot 10^{-2}\text{м}} = 5,6 \cdot 10^{-6}\text{м} \approx 0,006\text{мм}$.

2) Визначимо затрачену енергію та потужність, яку споживає електроліт: $A = IUt$; $A = 0,5\text{А} \cdot 3\text{В} \cdot 1200\text{с} = 1800\text{Дж}$; $P = IU$; $P = 0,5\text{А} \cdot 3\text{В} = 1,5\text{Вт}$.

3) Визначимо опір електроліту: $R = \frac{U}{I}$; $R = \frac{3\text{В}}{0,5\text{А}} = 6\text{Ом}$.

4) Визначимо кількість іонів міді, які пройшли через електроліт за 20 хв.:

$n = \frac{Q}{q}$; $n = \frac{It}{q}$; $n = \frac{0,25\text{А} \cdot 1200\text{с}}{3,2 \cdot 10^{-19}\text{Кл}} = 9,38 \cdot 10^{20}$ іонів.

Робота закінчується контрольними питаннями:

1. Який фізичний зміст сталої Фарадея?
2. Чому навколо електроліту не виявлено електричного поля?
3. Чи змінюється концентрація електроліту під час досліду?

Забезпечуючи під час виконання цієї роботи міжпредметні зв'язки з хімією, студентам пропонується пояснити використання явища електролізу для добування алюмінію з розплавлених руд, рафінування (очищення) металів, у гальванопластиці (виготовлення скульптур, друкарських кліше і т.ін.), в гальваностегії.

Робота № 3. Тема: Вивчення роботи трансформатора. Головна мета – визначити такі параметри: коефіцієнт трансформації та коефіцієнт корисної дії трансформатора. Можна вважати, що ця робота цінна тим, що студенти вчаться складати значно складнішу електричну схему, ніж були попередні. А головне – вчаться досліджувати залежність к.к.д. трансформатора від ступеня його навантаження. Покажемо це при одній, а потім двох ввімкнених лампах розжарення (студенти працюють з трьома лампами). Формула к.к.д.: $\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%$; $P = IU$; $\eta = \frac{I_2 U_2}{I_1 U_1} \cdot 100\%$. Перший

дослід – одна лампа: $\eta_1 = \frac{2,5\text{А} \cdot 10\text{В}}{0,2\text{А} \cdot 200\text{В}} \cdot 100\% = 62,5\%$; другий дослід – дві лампи:

$\eta_2 = \frac{5\text{А} \cdot 8\text{В}}{0,35\text{А} \cdot 200\text{В}} \cdot 100\% = 57,2\%$. У третьому досліді: $\eta_3 = 53,1\%$. Очевидно, що

I_1, I_2, U_1, U_2 – струми і напруги у першій і другій обмотках трансформатора.

Студенти роблять висновок, що чим більше навантажувати трансформатор, тим меншим стає його к.к.д. Тому, очевидно, існує певна межа навантаження трансформатора. В кінці роботи пропонується

контрольні питання і цікава експериментальна задача: визначити опори обох обмоток трансформатора, порівняти їх між собою і з табличними даними. Зробити висновки. Ця робота є важливим кроком до наступного вивчення електротехніки на другому курсі, чим забезпечуються міжпредметні зв'язки з цією дисципліною.

Якщо попередні лабораторні роботи з фізики є традиційними, тобто вони давно відомі і виконуються систематично з року в рік у школах і вищих навчальних закладах I–II рівнів акредитації, то наступна робота, яку ми пропонуємо, розроблена авторами статті. Вважаємо доречним подати її в повному обсязі.

Тема роботи: Експериментальне визначення фізичних величин у курсі електромагнетизму. Мета: Використовуючи дані фізичного експерименту, визначити головні фізичні величини, які характеризують магнітне поле соленоїда. Обладнання: 1. джерело змінної напруги 220 В; 2. вольтметр 250 В; 3. амперметр 5 А; 4. первинна котушка (соленоїд) з осердям від шкільного трансформатора; 5. алюмінієве кільце; 6. вимикач; 7. провідники; 8. лінійка 1 м; 9. терези; 10. важки; 11. секундомір; 12. калькулятор.

Теоретичні відомості. Повторимо головні формули електромагнетизму, які використовуються в даній роботі:

1. Напруженість магнітного поля соленоїда: $H = \frac{nI}{l}$.

2. Індукція магнітного поля соленоїда: $B = \mu_0 \mu H$.

3. Густина енергії магнітного поля: $w = \frac{BH}{2}$.

4. Магнітний потік через поперечний переріз осердя: $\Phi = BS$; $S = ab$.

5. Індуктивність соленоїда з осердям. Використаємо закон збереження і перетворення енергії: енергія магнітного поля соленоїда дорівнює потенціальній енергії кільця на висоті h : $\frac{LI^2}{2} = mgh$; звідки:

$$L = \frac{2mgh}{I^2}.$$

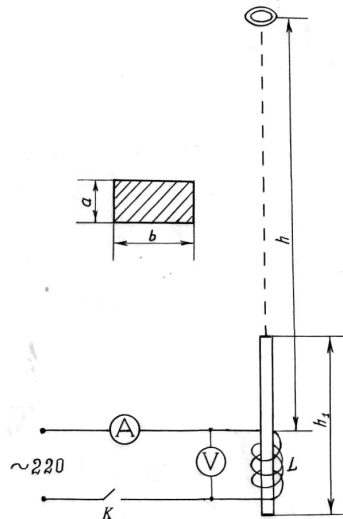
6. Індуктивний опір соленоїда: $R_L = 2\pi\nu L$.

7. Загальний опір соленоїда: $Z = \frac{U}{I}$.

8. Опір алюмінієвого кільця (в перерізі воно має прямокутну форму): $R = \rho \frac{l}{S}$; $l = \pi d$; $S = ab$; отже: $R = \rho \frac{\pi d}{ab}$.

Виконання роботи.

Роботу виконати у порядку викладу теоретичних відомостей. Подаємо деякі допоміжні дані для виконання роботи:



$n = 422$ витки; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$; $\mu = 10000$; $\nu = 50 \text{Гц}$; $g \approx 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$; $h \approx 2 \text{м}$;
 $\rho = 2,7 \cdot 10^{-8} \text{Ом} \cdot \text{м}$; $h_1 = 45 \text{см} - 50 \text{см}$ – висота осердя соленоїда.

Результати лабораторної роботи в значній мірі залежать від обладнання та уваги і старанності експериментатора. У цілому студенти роботою досить задоволені, виконують її з ентузіазмом.

Якщо залишається вільний час, можна запропонувати додаткові завдання:

1. Визначити початкову та середню швидкість кільця: $v_0 = \sqrt{2gh}$;
 $v_{cp} = \frac{v_0}{2}$.

2. Визначити час перебування кільця в польоті: $t = 2t_1$; $h = \frac{gt_1^2}{2}$;
 $t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}}$; $t = 2\sqrt{\frac{2h}{g}}$.

3. Перевірити цей час за допомогою секундоміра. Порівняти результати і зробити висновок.

Студентам дається завдання – написати повний звіт про виконання роботи, висловити свої зауваження, викласти свої думки, запропонувати свій метод дослідження (наприклад, визначити час польоту кільця іншим способом).

Виконуючи лабораторні роботи, проводячи фізичний експеримент, розв'язуючи задачі, студенти набувають навичок експериментального методу вивчення явищ природи, визначення фізичних величин, глибше і якісніше засвоюють фізичні закони, застосовують набуті знання на практиці. Важливою особливістю лабораторних занять є активізація мислення студентів, самостійне виконання завдань. Головним критерієм для активізації пізнавальної діяльності являється правильно визначена мета і завдання лабораторної роботи та методи їх виконання. Перед

студентами виникають малі і великі проблеми. Проблемне навчання – це безперервний ланцюг самостійних відкриттів студентів. Воно передбачає оптимальне поєднання репродуктивної і творчої діяльності з метою засвоєння системи наукових понять і методів дослідження, способів логічного мислення.

Важливою умовою розвитку інтересу до предмету є взаємостосунки викладача і студента, які складаються в процесі навчання і виховання. Якими ж якостями повинен володіти викладач, щоб його відношення з студентами сприяли появі, виявленню та стійкому існуванню зацікавленості до даного предмету? Такими якостями є, насамперед, ерудованість викладача, захоплення предметом, яке передається студентам, доброзичливе ставлення до студентів, педагогічний оптимізм – віра у можливості студента. Тільки при таких рисах свого характеру вчитель досягне поставленої мети, яка буде для нього найвищою нагородою.

На завершення треба сказати, що в центрі уваги педагогів завжди буде залишатись проблема активізації навчально-пізнавальної діяльності, виховання пізнавальної самостійності та збудження пізнавальних інтересів студентів з метою формування в них активної життєвої позиції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Грабовський Р. І. Курс фізики / Р. І. Грабовський – М. : Вища школа, 1974. – С. 331.
2. Колтун Марк. Мир фізики / Марк Колтун. – М. : Детская литература, 1987. – С. 48–52.
3. Голованов Я. К. Этюды об ученых / Я. К. Голованов. – М. : Молодая гвардия, 1976. – С. 97–105.
4. Шатковська Г. І. Активізація навчально-пізнавальної діяльності студентів вищих навчальних закладів освіти I–II рівнів акредитації : збірник наукових праць : педагогічні науки / Г. І. Шатковська – Херсон : Айлант, 2001. – Випуск XXIV. – С. 158–167.
5. Величко С. П. Розвиток системи навчального експерименту та обладнання з фізики у середній школі / С. П. Величко. – Кіровоград, 1998. – С. 302.
6. Краснобокий Ю. М. Розв'язування задач з фізики (Електрика і магнетизм) / Ю. М. Краснобокий, П. П. Товбушенко, М. М. Яровий. – Київ : Науковий світ, 2004. – С. 113–115, 172.
7. Перші наукові кроки : матеріали IV Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції. – Кам'янець-Подільський, 2010. – С. 305.