

майбутніх судноводіїв, дослідженні алгоритмів упровадження проблемної технології у викладанні вищої математики.

#### **Використана література:**

1. *Занюк С. С.* Психологія мотивації : навч. посібник / С. С. Занюк. – К. : Либідь, 2002. – 304 с.
2. *Коваленко Е. Э.* Методика профессионального обучения : инженерная педагогика / Е. Э. Коваленко. – Харьков : УИПА, 2002. – 158 с.
3. *Кожухов В. П.* Математичні основи судноводіння. Підручник для вузів морського транспорту. 2-вид., доп. / В. П. Кожухов, В. В. Григор'єв, С. М. Лукін. – М. : Транспорт, 1987. – 208 с.
4. *Козаков В. А.* Самостоятельная работа студентов и ее информационно-методическое обеспечение : учеб. пособие / В. А. Козаков – К. : Вища шк., 1990. – 248 с.
5. *Кондрашихін В. Т.* Теорія похибок та її використання в задачах судноводіння / В. Т. Кондрашихін. – Вид-во "Транспорт", 1969. – 256 с.
6. *Леонтьєв В. Г.* Мотивація та психологічні механізми її формування / В. Г. Леонтьєв. – Вид. НГПУ, 2002. – 264 с.
7. *Немов Р. С.* Психологія : учеб. для студ. высш. пед. заведений : В 3 кн. -4-е изд. / Р. С. Немов. – М. : Гуманит. Изд. Центр ВЛАДОС, 2003. – Кн. 1 : Общие основы психологии. – 688 с.
8. *Орбан-Лембрик Л. Е.* Психологія управління : посібник / Л. Е. Орбан-Лембрик. – Академвидав, 2003. – 568 с.
9. *Шарко В. Д.* Методологічні засади сучасного уроку: Посібник для студентів, керівників шкіл, вчителів, працівників післядипломної роботи / В. Д. Шарко. – Херсон : Видавництво ХНТУ, 2009. – 120 с.

#### **А н н о т а ц и я**

*В статтє рассмотрено значение профессиональной направленности практических заданий и проблемных ситуаций на практических занятиях по высшей математике в формировании мотивационной сферы будущих судоводителей.*

**Ключевые слова:** *мотив, мотивационная сфера, проблема, технология проблемного обучения, профессионально ориентированные задачи, проблемные задачи.*

#### **A n n o t a t i o n**

*In the article the value of professional orientation of practical tasks and problem situations is considered on practical employments on higher mathematics in forming of motivational sphere of future navigators.*

**Keywords:** *reason, motivational sphere, problem, technology of the problem educating, professionally oriented tasks, problem tasks.*

**Коваленко К. В., Нижник В. Г.**  
**Національний педагогічний університет**  
**імені М. П. Драгоманова**

### **ВИМІРЮВАННЯ ЗАРЯДУ БАЛІСТИЧНИМ МЕТОДОМ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ЗАКОНУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ІНДУКЦІЇ**

*У статті розглядається методика вивчення закону електромагнітної індукції з використанням балістичного гальванометра, яка дозволяє створити умови для реалізації частково-пошукового методу навчання.*

**Ключові слова:** *закон електромагнітної індукції, балістичний гальванометр, методи навчання.*

Вивчення зв'язку між фізичними величинами на основі демонстраційних дослідів не лише показує, що фізичний експеримент є джерелом знань і методом навчання, а дозволяє реалізувати частково-пошуковий метод навчання. Особливо значними є демонстраційні досліди, коли встановлюються рівняння зв'язку між фізичними

величинами. У таких дослідах потрібно вимірювати фізичні величини.

Обґрунтування принципу вимірювання тієї чи іншої величини у методиці формування понять про фізичні величини є досить важливим. Г. С. Ландсберг у передмові до першого тому "Елементарного підручника з фізики" відмічав, що будь-яка властивість, що вводиться у фізиці, набуває конкретного змісту тільки тоді, коли з нею пов'язують прийом спостереження і вимірювання, без якого ця властивість не може застосовуватися в дослідженні реальних фізичних явищ [10].

Демонстраційні досліди при вивченні закону електромагнітної індукції проаналізували, зокрема, М. Ф. Вознюк, О. І. Жила та Б. Ю. Миргородський [2; 3; 7; 8]. О. І. Жила писав: "Традиційні досліди, які ставлять для того, щоб перевірити формули ЕРС, не виявляють досліджуваної залежності між величинами, оскільки ці досліди короткочасні і гальванометр внаслідок інерційності рухомої частини поводить себе як балістичний. За таких умов максимальне відхилення стрілки приладу визначається не електрорушійною силою, як це іноді пояснюється, а зарядом, що проходить через поперечний переріз контуру за час переміщення магніту або котушки зі струмом. А цей заряд пропорційний зміні магнітного потоку безвідносно до часу, протягом якого відбувається ця зміна" [3, с. 60-61]. У методичній літературі [3; 7; 8] запропоновано і методично обґрунтовано експеримент для кількісного підтвердження рівняння зв'язку між фізичними величинами, що є прямим підтвердженням рівняння Максвелла, на якому традиційно будується методика вивчення електромагнітної індукції [1; 4; 5]. Для експериментів використано саморобні генератори імпульсів струму пілкоподібної форми, які забезпечували рівномірне наростання сили струму в електромагніті протягом 10 – 25 с, що дозволяло виміряти електрорушійну силу.

Високо оцінюючи методичну та педагогічну цінність запропонованих дослідів, ми провели кількісний демонстраційний експеримент по дослідженню електромагнітної індукції з використанням типового обладнання. Під час вивчення явища електромагнітної індукції М. Фарадей вимірював заряд [5]. Поклавши в основу ідеї М. Фарадея, ми спробували побудувати методику вивчення явища електромагнітної індукції на вимірюванні заряду балістичним методом.

Вимірювання заряду балістичним методом реалізовано в традиційній роботі фізичного практикуму з вимірювання електричної ємності конденсатора [9]. Принцип вимірювання вивчається на основі дослідів, коли конденсатори відомої  $C_1$  і невідомої  $C_x$  ємності заряджають до напруги  $U_0$ , а потім розряджають на гальванометр магнітоелектричної системи. При розряджанні конденсатора ємністю  $C_1$  стрілка гальванометра зазнає "відкидань" на  $n_1$  поділок ( $q_1 = U_0 C_1$ ), а при розряджанні конденсатора  $C_x$  – на  $n_x$  поділок ( $q_x = U_0 C_x$ ). При заряджанні їх паралельного з'єднання до напруги  $U_0$  ( $U_0(C_1 + C_x) = q_1 + q_x$ ) стрілка гальванометра у балістичному режимі зазнає максимального відхилення на  $n_1 + n_x$  поділок. Це доводить, що у балістичному режимі гальванометр магнітоелектричної системи вимірює заряд, причому заряд прямо пропорційний кількості поділок, на які відхиляється стрілка.

М. Ф. Вознюк показав доцільність використання балістичного методу вимірювання заряду і для проведення демонстраційних дослідів. У якості навчальних балістичних гальванометрів можна використовувати гальванометри від шкільних демонстраційних амперметрів і вольтметрів. Він розробив демонстраційний експеримент, який переконує учнів, що при малих тривалостях проходження струму гальванометр працюватиме в балістичному режимі і вимірюватиме заряд ( $q = I \Delta t$ ) [2].

Учнів профільних класів ми знайомимо з принципом вимірювання сили струму і заряду електромеханічним приладом магнітоелектричної системи, вивчаючи функції перетворень, які здійснюються у вимірювальному механізмі. Розглянемо роботу

міліамперметра магнітоелектричної системи із зовнішнім магнітом і рухомою рамкою в стаціонарному та балістичному режимі. При вимірюванні сили струму обертювий момент сили Ампера, що діє на рамку, по якій проходить електричний струм, з боку радіального постійного магнітного поля в зазорі полюсних накладок магніту і сталюого циліндра, вимірюється спіральними пружинами. Для спрощення замінимо обертювий рух на поступальний – створимо “лінійний” міліамперметр. На провідних пружинах сумарною жорсткістю  $k$  підвіси́мо провідник довжиною  $l$  і масою  $m$ . Провідник розмісти́мо в постійному магнітному полі індукцією  $B$  (рис. 1).

Коли по провіднику не проходить електричний струм, покажчик деформації пружин виставлено на 0 (рис. 2, а). Під час проходження електричного струму  $I_1$  по провіднику з боку магнітного поля на нього буде діяти вниз сила Ампера  $F_{A1} = BI_1l$ . Пружина деформується на  $x_1$  (рис. 2, б) і сила пружності пружини  $F_{пр.1} = kx_1$  зрівноважує силу Ампера:

$$BI_1l = kx_1.$$

Із останнього рівняння одержимо:

$$I_1 = \frac{k}{Bl} x_1. \quad (1)$$

Отже, у приладах магнітоелектричної системи сила струму прямо пропорційна деформації пружин. У цих приладах шкала – рівномірна.

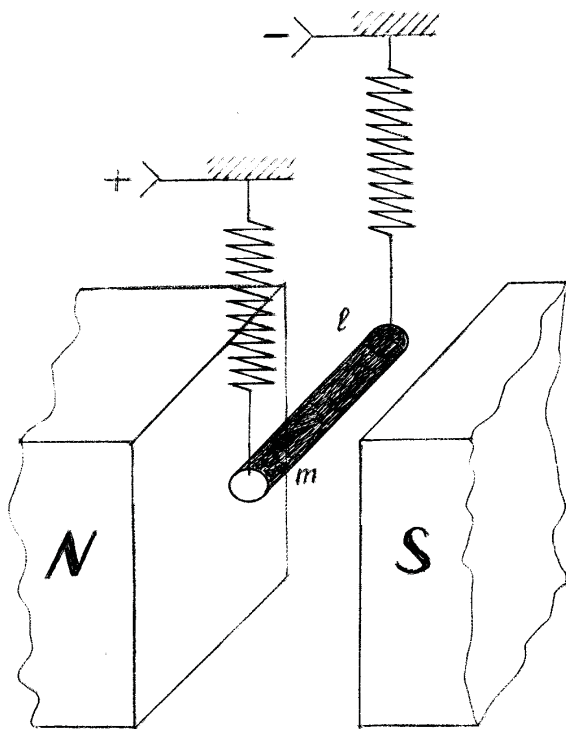


Рис. 1

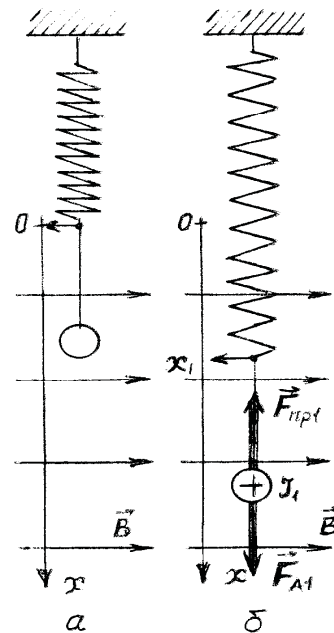


Рис. 2

Розглянемо дію міліамперметра в балістичному режимі, розділивши його на два етапи. На першому етапі через провідник за дуже малий час  $\Delta t$  пройде сила струму  $I_2$  (рис. 3, а).  $\Delta t$  повинно бути значно меншим за період  $T$  власних коливань провідника на

пружині ( $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ ). Через поперечний переріз провідника пройшов заряд  $q_2 = I_2 \Delta t$ . На провідник діє магнітне поле з силою Ампера  $F_{A2} = BI_2l$  час  $\Delta t$ . Імпульс цієї сили буде  $F_{A2}\Delta t = BI_2l\Delta t$  (рис. 3, а). Провідник за час дії  $\Delta t$  змінить свою швидкість з 0 до  $v_2$ , отже, змінить свій імпульс на  $mv_2$  (рис. 3, б):  $F_{A2}\Delta t = mv_2$ , звідки  $v_2 = F_{A2}\Delta t/m = BI_2l\Delta t/m$ . Отже, за малий час  $\Delta t$  в результаті взаємодії провідника зі струмом  $I_2$  з магнітним полем провідник масою  $m$  почне рухатися зі швидкістю  $v_2$ .

На другому етапі розглядаємо взаємодію провідника, що має імпульс  $mv_2$ , з пружиною. Провідник буде рухатися вниз, розтягуючи пружину. При максимальному розтягу пружини  $x_2$ , провідник матиме швидкість 0 (рис. 3, в). За законом збереження механічної енергії одержимо:  $kx_2^2/2 = mv_2^2/2$ . Врахувавши вираз для  $v_2$ , одержимо  $kx_2^2 = (BI_2l\Delta t)^2/m$ , звідки

$$x_2 = \frac{Bl}{\sqrt{mk}} I_2 \Delta t = \frac{Bl}{\sqrt{mk}} q_2.$$

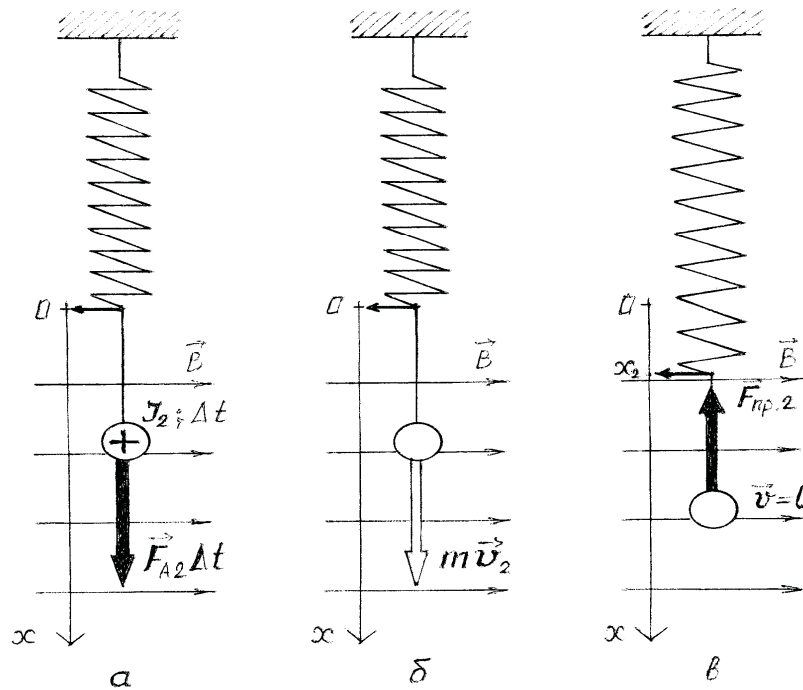


Рис. 3

Отже, коли міліамперметр працює в балістичному режимі, то максимальне відхилення його стрілки прямо пропорційне заряду, що пройшов через нього. Це і покладено в основу вимірювання заряду балістичним методом:

$$q_2 = \frac{\sqrt{mk}}{Bl} x_2. \quad (2)$$

Із рівнянь (1) і (2) можна визначити ціну поділки шкали міліамперметра за силою струму  $c_I$  та зарядом  $c_q$ :

$$c_I = \frac{I_1}{x_1} = \frac{k}{Bl}; \quad c_q = \frac{q_2}{x_2} = \frac{\sqrt{mk}}{Bl}; \quad c_q = c_I \sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{T}{2\pi} c_I.$$

На закінчення вивчення вимірювання заряду балістичним методом доцільно

підкреслити, що цим методом вимірюють заряд, знищивши його.

Розглянемо використання магнітоелектричного гальванометра у балістичному режимі для вивчення явища електромагнітної індукції. Для актуалізації опорних знань учнів демонструємо дослід виникнення індукційного струму (рис. 4) і ставимо перед учнями завдання вивчити явище електромагнітної індукції, тобто встановити залежність між фізичними величинами. Отже, уточнюємо завдання: від чого залежить індукований заряд?

Дослідження проводимо методом наукового пошуку: висуванням і перевіркою гіпотез. При цьому урок вивчення нового матеріалу реалізує проблемний виклад матеріалу та частково-пошуковий метод навчання, які стимулюють розумову діяльність учнів.

Як правило, першою учні висувають гіпотезу про залежність індукованого заряду від швидкості зміни магнітного потоку  $\Delta\Phi$ , яку аналітично записуємо так:

$$q = f_1\left(\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right). \quad (3)$$

Обговоривши з учнями питання, як перевірити висунуту гіпотезу, приєднуємо до гальванометра котушку на 120 В від універсального трансформатора і збуджуємо в ній індукційний струм рухом штабового магніту з різною швидкістю. У дослідах потрібно використати гальванометр від шкільного демонстраційного вольтметра, бо у нього значно менший опір ( $R_V \approx 2,5$  Ом), ніж у гальванометра від шкільного демонстраційного амперметра ( $R_A \approx 385$  Ом).

Вставляючи і виймаючи магніт із котушки, демонструємо учням, що в усіх випадках підтверджується правило Ленца, але досліди спростовують гіпотезу (3). Для цього магніт із котушки потрібно виймати спочатку дуже швидко, а потім дещо повільніше. Відмічаємо кількість поділок  $n_1$ , на яку в дослідах увесь час відхилялася стрілка гальванометра. Зазначимо, що при детальному ознайомленні учнів з принципом вимірювання заряду балістичним методом, у них не виникає запитань про рух магніту в котушці зовсім повільно, бо при цьому порушується умова балістичності.

Після спростування першої гіпотези учні, як правило, висувають гіпотезу про залежність індукованого заряду від зміни магнітного потоку  $\Delta\Phi$ , яку теж записуємо аналітично:

$$q = f_2(\Delta\Phi), \quad (4)$$

що логічно впливає з попередньої. Перевіряємо гіпотезу, демонструючи виникнення заряду  $q_1$  (кількість поділок  $n_1$ ) при русі одного магніту ( $\Delta\Phi_1$ ) і  $q_2$  (кількість поділок  $n_2$ ) – другого магніту ( $\Delta\Phi_2$ ). Тут бажано, щоб магніти дещо відрізнялися за створюваним магнітним потоком. Потім демонструємо виникнення індукованого заряду у досліді з двома магнітами, склавши їх разом. Досліди показують, що при  $\Delta\Phi_1 + \Delta\Phi_2$  виникає індукований заряд  $q_1 + q_2$  (стрілка гальванометра відхиляється на кількість поділок  $n_1 + n_2$ ). Із дослідів робимо висновок, що при збільшенні зміни магнітного потоку через замкнений контур пропорційно збільшується також індукований заряд. Друга гіпотеза (4) підтвердилася експериментально.

Третьою гіпотезою учні в більшості випадків пропонують залежність індукованого заряду від кількості витків котушки  $N$ , яку аналітично записуємо так:

$$q = f_3(N). \quad (5)$$

Аналіз гіпотези показує, що збільшення кількості витків приводить до збільшення магнітного потоку, бо якщо через один виток зміна магнітного потоку буде  $\Delta\Phi_0$ , то через  $N$  витків буде  $N\Delta\Phi_0$ , адже вони увімкнені в коло послідовно. Третя гіпотеза повторює і

врахована у другій (4). (Зрозуміло, що дане твердження буде справедливим, коли опором гальванометра у дослідах можна знехтувати).

Дослід проводимо з котушками на 120 і 220 В. Проведення дослідів, аналогічних до попередніх, не підтверджують гіпотези (5), хоча вона є очевидною. Тому потрібно шукати іншу величину, яка впливає на індукований заряд у дослідах з перевірки третьої гіпотези.

Аналіз проблеми спільно з учнями приводить до того, що при збільшенні кількості витків ми збільшуємо опір котушки. Ці міркування спонукають учнів до висування гіпотези про залежність індукованого заряду від загального опору кола  $R$ :

$$q = f_4(R). \quad (6)$$

Перевіряємо цю гіпотезу, включивши в коло котушки і гальванометра послідовно шкільний лабораторний реостат опором 6–8 Ом. Досліди показують, що із збільшенням  $R$  індукований заряд зменшується.

Після встановлення залежності (6) потрібно повернутися до третьої гіпотези незалежно від того, що вона врахована у рівнянні (4), і показати прояв залежності  $q = f_3(N)$ . Для цього потрібно у дослідах забезпечити опір кола постійним. Найпростіше це зробити так: 1) з'єднуємо послідовно гальванометр, котушку на 120 В і реостат (рис. 4); 2) коли  $R = 0$  відмічаємо відхилення стрілки гальванометра ( $n_1$ ) при зміні магнітного потоку  $\Delta\Phi$ ; 3) встановлюємо опір реостата таким, щоб у дослідах при зміні  $\Delta\Phi$  стрілка відхилялась на вдвічі меншу кількість поділок ( $n_1/2$ ). Можна вважати, що опір котушки наближено дорівнює опорі реостата; 4) під'єднуємо до гальванометра тільки котушку на 220 В. Цим збільшуємо кількість витків майже у два рази, не змінюючи опорі кола (рис. 4, пунктирна лінія); 5) демонструємо, що при збільшенні кількості витків за такої ж зміни  $\Delta\Phi$  індукується заряд практично у два рази більший – стрілка гальванометра відхиляється майже до позначки  $n_1$ .

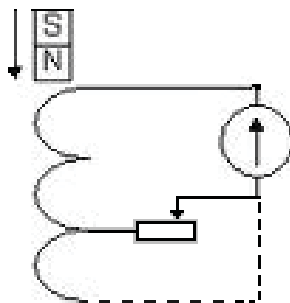


Рис. 4

Проведені експерименти, в яких реалізувався частково-пошуковий метод навчання, встановили, що справедливі залежності (4) і (6), тобто є залежність  $q = f(\Delta\Phi; R)$ . На підставі результатів напівкількісного експерименту треба встановити рівняння зв'язку між значеннями фізичних величин. Конструювання аналітичної залежності  $q = f(\Delta\Phi; R)$  проводимо також методом висування та перевірки гіпотез. Перевірятимемо гіпотези за одиницями фізичних величин. Коли у рівнянні зв'язку одиниці величин зліва і справа рівності співпадають, то вважатимемо, що рівняння зв'язку записано вірно.

За проведеними експериментами учні, як правило, пропонують найпростішу залежність:

$$q = \alpha \frac{\Delta\Phi}{R}, (7)$$

де  $\alpha$  – невідомий коефіцієнт пропорційності, який є безрозмірним.

Встановлюємо одиниці величин лівої і правої частин рівняння (7):  
[ $q$ ] = 1 Кл = 1 А · 1 с; [ $R$ ] = 1 Ом = 1 В/1 А; [ $\Phi$ ] = 1 Вб = 1 В · 1 с.

Підставивши в формулу (7) одиниці величин, одержимо 1 Кл = (1 В · 1 с · 1 А)/1 В, що підтверджує вірність рівняння зв'язку (7).

Повідомляємо учням, що таку залежність встановив М. Фарадей (1855 р.). Коефіцієнт пропорційності  $\alpha$  виявився рівним 1 за прийнятих одиниць:  $q$ ,  $\Delta\Phi$ ,  $R$ . Значення  $\alpha$  можна було встановити, коли б у проведених експериментах вимірювали значення  $q$ ,  $\Delta\Phi$  та  $R$ .

Отже, вимірювання електричного заряду гальванометром у балістичному режимі дозволяє експериментально встановити закон електромагнітної індукції у формулюванні Фарадея:

$$q = \frac{\Delta\Phi}{R}. (8)$$

Прості математичні перетворення з урахуванням правила Ленца дозволяють перейти від аналітичного виразу закону електромагнітної індукції у формулюванні Фарадея до запису закону електромагнітної індукції у формулюванні Максвелла [5].

Описана методика експериментального вивчення закону електромагнітної індукції реалізовує частково-пошуковий метод навчання.

#### Використана література:

1. Бар'яхтар В. Г. Фізика. 11 кл. Академічний рівень. Профільний рівень : підруч. для загальноосвіт. навч. закл. / В. Г. Бар'яхтар, Ф. Я. Божинова, М. М. Кірюхін та ін. – Харків : Ранок, 2011. – 320 с.; іл.
2. Вознюк М. Ф. Деякі питання удосконалення шкільного фізичного експерименту / М. Ф. Вознюк // Удосконалення форм і методів вивчення фізики : зб. статей. – К. : Рад. школа, 1982. – С. 96-105.
3. Жила О. І. Генератор імпульсів струму пилкоподібної форми для вивчення закону електромагнітної індукції / О. І. Жила // Викладання фізики в школі : зб. статей. – К. : Рад. школа, 1981. – С. 60-67.
4. Засекіна Т. М. Фізика : підруч. для 11 кл. загальноосвіт. навч. закл. (академічний рівень, профільний рівень) / Т. М. Засекіна, Д. О. Засекін. – Харків : Сиція, 2011. – 336 с.
5. Коршак Є. В. Фізика, 11 кл. : підруч. для загальноосвіт. навч. закл. / Є. В. Коршак, О. І. Ляшенко, В. І. Савченко. – К. ; Ірпінь : ВТФ "Перун", 2004. – 288 с.
6. Методика факультативних занять по фізиці : посібник для учителя / под ред. О. Ф. Кабардина, В. А. Орлова. – 2-е изд. перераб. и доп. – М. : Просвещение. – 250 с.
7. Миргородський Б. Ю. Демонстраційний експеримент з фізики. Електродинаміка : посібник для вчителів / Б. Ю. Миргородський, В. К. Шабаль. – К. : Рад. школа, 1983. – 176 с.
8. Миргородський Б. Ю. Прилади для шкільного фізичного експерименту / Б. Ю. Миргородський, М. Ф. Вознюк, В. М. Двораківський // Радянська школа. – 1983. – № 7. – С. 39-43.
9. Чепуренко В. Г. Лабораторні роботи з фізики в 8–10 класах / В. Г. Чепуренко, В. Г. Нижник, Г. М. Гайдучок. – К. : Рад. школа, 1976. – 248 с.
10. Элементарный учебник физики / под ред. Г. С. Ландсберга. – Т. 1. – М. : Наука, 1967. – 576 с.

#### А н н о т а ц и я

В статье рассматривается методика изучения закона электромагнитной индукции с использованием баллистического гальванометра, которая позволяет создать условия для реализации частично-поискового метода обучения.

**Ключевые слова:** закон электромагнитной индукции, баллистический гальванометр, методы обучения.

*Annotation*

The article deals with the methodology of studying of the electromagnetic induction law using a ballistic galvanometer that allows to create conditions for the realization of partially-surveying teaching method.

**Keywords:** law of electromagnetic induction, ballistic galvanometer, methods of studies.

**Корсун І. В.**  
**Тернопільський національний педагогічний університет**  
**імені Володимира Гнатюка**

## ВДОСКОНАЛЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ

У статті розглядаються питання експериментальної підготовки майбутніх учителів фізики, розглянуто основні форми експериментальної підготовки.

**Ключові слова:** навчальний процес, фізичний експеримент, експериментальна підготовка вчителя фізики.

Фізика за своєю основою є експериментальною наукою. А тому проблема модернізації шкільного курсу фізики розв'язується, зокрема, і шляхом удосконалення шкільного фізичного експерименту.

Недостатню увагу у середній школі фізичному експерименту пояснюють різними причинами: нестачею урочного часу, відсутністю шкільного обладнання та методичного забезпечення. Але не слід забувати і про той факт, що вчитель фізики може просто не вміти якісно проводити фізичний експеримент, тому для того, щоб учитель був хорошим експериментатором, то його цієї майстерності потрібно навчити. І навчити цьому повинна саме вища педагогічна школа.

Проаналізуємо структуру експериментальної підготовки майбутніх учителів фізики на фізико-математичному факультеті у Тернопільському національному педагогічному університеті імені Володимира Гнатюка (рис. 1).



Рис. 1. Структура експериментальної підготовки вчителя фізики