

## **ФІЗИЧНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ПРИ ВИВЧЕННІ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАГНІТНОГО ПОЛЯ У ЗАГАЛЬНООСВІТНІЙ ШКОЛІ**

*У статті обґрунтована можливість створення, в окремих випадках, саморобного устаткування для шкільного фізичного експерименту. На основі аналізу діючих програм для загальноосвітньої школи запропоновано використовувати для проведення ряду демонстрацій з розділів фізики "Магнітні явища" і "Електромагнітне поле" саморобні провідні рамки. Описані оптимальні параметри таких рамок, визначені переваги його застосування.*

*Представлена методика використання провідних рамок для демонстрації взаємодії паралельних струмів, досліду Ерстеда, лінії індукції магнітного поля прямолінійного провідника зі струмом, дії сили Ампера, обертання рамки в магнітному полі, явища електромагнітної індукції, принципу дії генератора змінного струму. Запропонована оригінальна лабораторна робота з дослідження залежності сили Ампера від орієнтації прямолінійного провідника зі струмом у магнітному полі.*

*Показано, що використання саморобних провідних рамок, при невеликих витратах часу й матеріалів на їхнє виготовлення, оптимізує проведення описаних у роботі демонстрацій.*

*Ключові слова: електромагнітне поле, саморобні прилади, демонстраційний експеримент, провідна рамка, сила Ампера.*

Фізика, як природнича наука, пов'язана із спостереженнями за явищами природи, що вчитель або учні відтворюють за допомогою спеціально сконструйованих приладів. Майже кожен урок з фізики передбачає експеримент у вигляді демонстрацій, лабораторних робіт та робіт фізичного практикуму.

Питання методики застосування навчального фізичного експерименту розглядалися в роботах вітчизняних вчених С. П. Величко, В. П. Вовкотруба, Ю. М. Галатюка, Є. В. Коршака, О. І. Ляшенко, Ю. М. Орищина, В. Ф. Савченка, В. І. Тищука, М. Г. Цілінко та ін [1, 2, 3, 6]. Усі вони відмічають, що демонстрації сприяють творчому засвоєнню фізичних знань, слугують інструментом переконливої мотивації навчально-виховного процесу, допомагають вчителю найповніше реалізовувати свої методичні установки.

На сьогоднішній день в більшості шкіл не вистачає обладнання для проведення повноцінного демонстраційного експерименту. Низку приладів учні під керівництвом вчителя можуть створювати самостійно. В період широкого використання комп'ютерних технологій, насичення навчального процесу мультимедійними засобами, така робота може здатися непотрібною і примітивною. Та ця думка помилкова. Насправді технічна творчість сприяє трудовому вихованню молоді, розкриттю її здібностей і талантів, підвищує креативну та пошукову активність, розвиває асоціативні уявлення, технічну кмітливість, спостережливість, здатність генерувати ідеї, формує певний спосіб мислення – схемами, зоровими образами.

**Мета** даної статті – показати можливості роботи з саморобними провідними рамками в курсі фізики загальноосвітньої школи.

Демонстрації з розділів фізики “Магнітні явища” (9 клас) та “Електромагнітне поле” (11 клас, рівень стандарт) передбачені діючими програмами з фізики [4, 5], наведено у таблиці 1 (курсивом виділені демонстрації, які можна показати за допомогою саморобних рамок).

При демонстрації дослідів з використанням відокремленого провідника зі струмом виявляється, що створене ним магнітне поле слабке, а збільшувати силу струму, який протікає по провіднику, можна до певної межі. Схожі проблеми спостерігаються і при демонстрації дії сили Ампера.

Основою запропонованої методики проведення експериментів є провідні рамки, які виготовляються на пластмасовому каркасі розміром 30x40 см. На каркас намотується 50 витків мідного дроту. Це дає можливість у 50 разів збільшити індукцію створеного магнітного поля в порівнянні з відокремленим провідником. Кінці дроту під'єднані до клем на корпусі рамок. Одну рамку можна вільно підвішувати на гнучких провідниках до планки з ізоляційного матеріалу, на які виведені клеми для підключення до джерела живлення. Друга рамка під'єднана паралельно до першої. Стрілочками вказано напрями струму в рамках, полярність підключення до джерела живлення позначена біля клем.

Таблиця 1

**Демонстрації, передбачені програмою з фізики з розділів “Магнітні явища” (9 клас) та “Електромагнітне поле” (11 клас, рівень стандарт)**

9 клас	11 клас, рівень стандарт
1. Постійні магніти. 2. Конфігурації магнітних полів. 3. Магнітне поле Землі. 4. Дослід Ерстеда. 5. Електромагніт. 6. Дія магнітного поля на струм. 7. Електродвигун. 8. Явище електромагнітної індукції. 9. Генератори індукційного струму	1. Дія магнітного поля на струм. 2. Магнітний запис звуку. 3. Електромагнітна індукція. Правило Ленца. 4. Залежність ЕРС індукції від швидкості зміни магнітного потоку. 5. Залежність ЕРС самоіндукції від швидкості зміни сили струму в колі та індуктивності провідника. 6. Утворення змінного струму у витку під час його обертання в магнітному полі. 7. Осцилограми змінного струму.

Нижче подано опис деяких демонстрацій з використанням створених рамок.

**Демонстрація № 1. Взаємодія паралельних струмів.**

До вільно підвішеної рамки зі струмом підносимо другу рамку і перевіряємо взаємодію паралельних струмів, показуємо, що струми одного напрямку притягуються, протилежні струми відштовхуються (рис. 1а). Взаємодія рамок спостерігається при струмах 2-3 А.

**Демонстрація № 2. Дослід Ерстеда.**

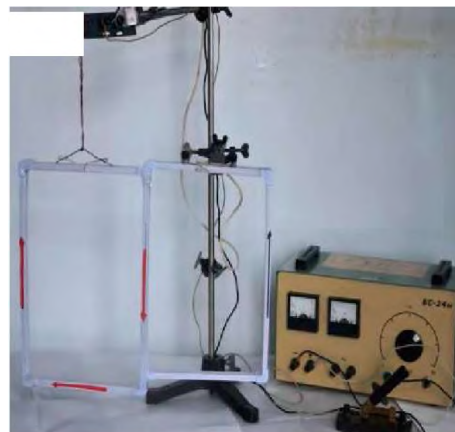
Рамку закріплюємо жорстко в лапці штатива так, щоб широка сторона була розташована вздовж магнітного меридіану Землі паралельно до площини столу (рис. 1б). Дві магнітні стрілки розміщуємо біля центральної частини рамки, одну під провідником, а другу над ним. Пропускаючи струм по рамці, спостерігаємо відхилення стрілок у протилежних напрямках. Перевіряємо виконання правила свердлика при визначенні напрямку магнітного поля.

**Демонстрація № 3. Магнітне поле прямолінійного провідника зі струмом.**

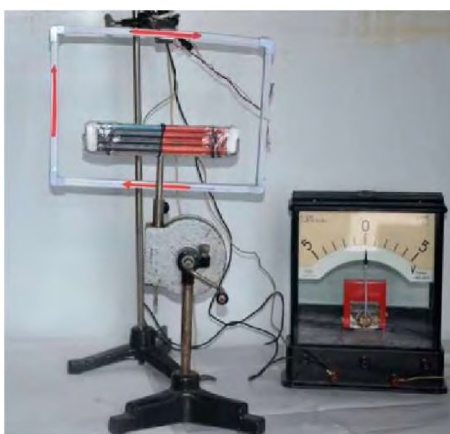
Рамку закріплюємо вертикально в лапці штатива. Навколо вертикальної сторони на жорсткому картоні в горизонтальній площині розташовуємо невеликі магнітні стрілки, або насипаємо залізні ошурки. Вигляд магнітного поля проектуємо на екран при допомозі веб-камери та комп'ютера.



а)



б)



в)



г)

Рис. 1. Приклади застосування саморобних рамок у фізичному експерименті

**Демонстрація № 4. Сила Ампера.**

Верхню сторону рамки кладемо на горизонтально закріплене кільце універсального штатива. До нижньої сторони рамки підносимо підковоподібний магніт. Спостерігаємо відхилення рамки зі струмом в магнітному полі. Показуємо залежність сили Ампера від сили струму в провіднику, індукції магнітного поля. Перевіряємо виконання правила лівої руки.

**Демонстрація № 5. Обертання рамки зі струмом у магнітному полі.**

Вільно підвішену рамку зі струмом розміщуємо в магнітному полі двох прямих магнітів (рис. 1в). Під дією сили Ампера рамка повертається. Перевіряємо виконання правила лівої руки.

**Демонстрація № 6. Електромагнітна індукція.**

Провідну рамку з'єднуємо провідниками з гальванометром і закріплюємо в лапці штатива. Підносимо до рамки магніт і спостерігаємо виникнення індукційного струму. Показуємо залежність електрорушійної сили від швидкості зміни магнітного потоку та напрямку магнітного поля. Для демонстрації електромагнітної індукції можна використати другу рамку, розміщену паралельно до першої. Другу рамку через вимикач та реостат з'єднуємо з джерелом струму. Індукційний струм виникає у першій рамці при включенні і виключенні струму у другій рамці та при зміні сили струму реостатом.

**Демонстрація № 7. Принцип дії генератора змінного струму.**

Пропонуємо модель генератора змінного струму (рис. 1г). Статором служить провідна рамка, жорстко закріплена в лапці штатива і під'єднана до гальванометра, або осцилографа. Ротор виготовляємо з прямого магніту, закріпленого на відцентровій машині (можна використати основу від приладу для демонстрації взаємодії двох зв'язаних тіл, замінивши стержень з циліндрами на постійний магніт). Обертаючи ротор, демонструємо роботу генератора. На екрані осцилографа спостерігаємо осцилограму змінного струму і демонструємо залежність амплітуди електрорушійної сили від частоти обертання ротора.

Провідні рамки можна застосовувати не тільки у демонстраційному експерименті, але і при виконанні лабораторних робіт. Діюча програма з фізики орієнтує вчителя з самого початку дати поняття індукції магнітного поля як величини, яка визначається силою, що діє на електричний струм у магнітному полі:  $F_A = BIl \sin \alpha$ . Найбільші труднощі виникають при спробі демонстрації залежності сили Ампера від кута  $\alpha$  між вектором магнітної індукції та напрямком струму в провіднику.



Рис. 2. Експериментальна установка для дослідження залежності сили Ампера від кута  $\alpha$  між вектором магнітної індукції та напрямком струму в провіднику

Нами запропонована методика, яка дозволяє виконувати лабораторну роботу з вивчення залежності сили Ампера від орієнтації провідника зі струмом у магнітному полі. Схема експериментальної установки показана на рис. 2. Для визначення сили Ампера використовуються електронні терези 1, які дозволяють робити зважування з точністю  $\pm 1 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$ . Сила Ампера, яку доводиться вимірювати на цій установці, має значення  $0,05 \dots 0,3 \text{ Н}$ , так що вказана точність цілком достатня. На шальці терезів встановлюється пластина 2 зі шкалою в градусах, поворотна пластина 3 зі стрілкою для визначення величини кута повороту та зафіксований на пластині постійний магніт 4. Провідна рамка 5 закріплена в штативі і під час зважування залишається нерухомою, а переміщуються разом із шалькою терезів постійний магніт, що покращує умови виконання досліду. В якості джерела

живлення використовується випрямляч ВС-24.

Нижче наведена послідовність виконання даної роботи:

1. Підключають котушку до джерела живлення і встановлюють силу струму  $4\text{ А}$ . Магніти повертають так, щоб кут між площиною витків котушки і силовими лініями магнітного поля був рівний нулю. Тоді сила Ампера також рівна нулю.

2. Результати вимірювання та обчислень заносяться у табл. 2.

**Таблиця 2**

**Результати вимірювань**

№ досліду	$\alpha$ , (град)	$\sin \alpha$	$m$ (кг)	$F$ (Н)
1	0	0		
2	15	0,26		
3	30	0,5		
4	45	0,7		
5	60	0,87		
6	75	0,96		
7	90	1		

3. Повертають магніт відносно котушки і через кожні  $15^\circ$  визначають покази терезів  $m_1, \dots, m_7$  та обчислюють силу Ампера  $F_1, \dots, F_7$ .

4. За даними вимірів креслять графік залежності  $F_A = f(\sin \alpha)$ . Звертають увагу учнів на той факт, що графік нагадує фрагмент синусоїди.

5. Креслять графік залежності  $F_A = f(\sin \alpha)$  і переконуються, що ця залежність є прямо пропорційною.

Замінивши в установці магніт на сильніший, можна переконатися, що діюча на провідник зі струмом сила залежить від величини індукції магнітного поля, в якому він міститься. Змінюючи силу струму  $I$  досліджується залежність сили Ампера від сили струму.

Установка може використовуватись як демонстраційна, якщо забезпечити видимість для класу градусної шкали за допомогою відеокамери.

Таким чином, результати нашого дослідження показують, що використання саморобних провідних рамок при невеликих затратах часу та матеріалів на їх виготовлення, оптимізує проведення ряду демонстрацій з розділів “Магнітні явища” та “Електромагнітне поле” курсу фізики загальноосвітньої школи.

Питання застосування саморобних приладів при викладанні інших розділів фізики може виявитися перспективним і потребує подальшого вивчення.

**Використана література:**

1. *Вовкотруб В. П.* Ергономічний підхід до розвитку шкільного фізичного експерименту / В. П. Вовкотруб. – Київ, 2002. – 280 с.
2. *Коршак Є. В.* Методика і техніка шкільного фізичного експерименту / Є. В. Коршак, Б. Ю. Миргородський. – К. : Рад. школа, 1981. – 280 с.
3. Навчальна програма для загальноосвітніх навчальних закладів. Фізика. 7–9 класи (зі змінами, затвердженими наказом МОН України від 29.05.2015 № 585). – К. : МОН України, 2015. – 33 с.
4. Програма для загальноосвітніх навчальних закладів. Фізика. 10-11 класи. Рівень стандарту (зі змінами, затвердженими наказом МОН України № 826 від 14.07.2016)). – К. : МОН України, 2016. – 26 с.
5. *Ткаченко О. К.* Практикум із шкільного фізичного експерименту : навчальний посібник [для фізичних спеціальностей] / О. К. Ткаченко, М. В. Федьович. – Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2004. – 156 с.

6. Цілінко М. Г. Саморобні електронні прилади в лабораторному практикумі з електрики і магнетизму : навч. посібник [для студ. пед. ін-тів спец. "Фізика"] / М. Г. Цілінко. – К. : ІСДО, 1995. – 188 с.

### References:

1. Vovkotrub V. P. Erhonomichnyi pidkhd do rozvytku shkilnoho fizychnoho eksperymentu / V. P. Vovkotrub. – Kyiv, 2002. – 280 s.
2. Korshak Ye. V. Metodyka i tekhnika shkilnoho fizychnoho eksperymentu / Ye. V. Korshak, B.Yu. Myrhorodskiy. – K. : Rad. shkola, 1981. – 280 s.
3. Navchalna prohrama dlia zahalnoosvitnikh navchalnykh zakladiv. Fyzyka. 7–9 klasy (zi zminamy, zatverdzhenyi nakazom MON Ukrainy vid 29.05.2015 # 585). – K. : MON Ukrainy, 2015. – 33 s.
4. Prohrama dlia zahalnoosvitnikh navchalnykh zakladiv. Fyzyka. 10-11 klasy. Riven standartu (zi zminamy, zatverdzhenyi nakazom MON Ukrainy # 826 vid 14.07.2016). – K. : MON Ukrainy, 2016. – 26 s.
5. Tkachenko O. K. Praktykum iz shkilnoho fizychnoho eksperymentu : navchalnyi posibnyk [dlia fizychnykh spetsialnostei] / O. K. Tkachenko, M. V. Fedovych. – Zhytomyr : Vyd-vo ZhDU im. I. Franka, 2004. – 156 s.
6. Tsilynko M. H. Samorobni elektronni pryklady v laboratornomu praktykumi z elektryky i mahnetyzmu : navch. posibnyk [dlia stud. ped. in-tiv spets. "Fyzyka"] / M. H. Tsilynko. – K. : ISDO, 1995. – 188 s.

**Корец Н. С., Ткаченко А. К., Свищ Б. В., Степанчиков Д. А. Физический эксперимент при изучении свойств магнитного поля в общеобразовательной школе.**

На сегодняшний день в большинстве школ не хватает технического оснащения для проведения полноценного демонстрационного эксперимента. В статье обоснована возможность создания в отдельных случаях самодельного оборудования в школьном физическом эксперименте.

На основе анализа действующих программ для общеобразовательной школы предложено использовать для проведения ряда демонстраций из разделов физики "Магнитные явления" (9 класс) и "Электромагнитное поле" (11 класс, уровень стандарт) самодельные проводящие рамки. Каждая рамка состояла из пластмассового каркаса размером 30x40см, на который было намотано 50 витков медного провода. Использование такой конструкции позволило увеличить индукцию магнитного поля, образованного при протекании тока, приблизительно в 50 раз по сравнению с одиночным проводником.

Представлена методика использования проводящих рамок для демонстрации взаимодействия параллельных токов, отклонение магнитной стрелки возле проводника с током в опыте Эрстеда, расположения линий индукции магнитного поля возле прямолинейного проводника с током, действия силы Ампера на проводник с током, вращения рамки в магнитном поле, явления электромагнитной индукции, принципа действия генератора переменного тока.

Предложена оригинальная лабораторная работа по исследованию зависимости силы Ампера от ориентации прямолинейного проводника с током относительно направления вектора индукции магнитного поля. Для измерения небольших значений силы с достаточной точностью были использованы электронные весы, на которых крепился подковообразный магнит. Между полюсами магнита размещалась одна из сторон жестко фиксированной рамки. Использование многовитковой рамки позволило увеличить значение измеряемой силы по сравнению с одиночным проводником. Магнит можно было поворачивать на определенный угол, при этом менялась сила Ампера. Эта же установка может быть использована для изучения зависимости силы Ампера от тока, протекающего по проводнику.

Результаты работы показывают, что использование самодельных проводящих рамок при небольших затратах времени и материалов на их изготовление оптимизирует проведение описанных в работе демонстраций.

**Ключевые слова:** электромагнитное поле, самодельные приборы, демонстрационный эксперимент, проводящая рамка, сила Ампера.

***Korec M. S., Tkachenko O. K., Svishch B. V., Stepanchikov D. A. Physics Experiments in Studying the Properties of Magnetic Field in the School.***

*The possibility to create homemade equipment for school physical experiment is considered in the paper. Based on school programs some demonstrations from topics "Magnetic phenomena" and "Electromagnetic Field" with homemade conductive frames are proposed. The optimal parameters of the frames are described; the benefits of their use are defined.*

*The technique used the conductive frames to demonstrate the interaction of parallel currents, Oersted's experiment, the magnetic field around a straight conductor, Ampère's force, rotation of the frame in a magnetic field, the electromagnetic induction, the principle of the alternator is proposed. The original laboratory work for study of Ampère's force dependence on the orientation of the straight conductor in a magnetic field is presented.*

*It is shown that the use of homemade conductive frame at low expenditure of time and materials optimize the described demonstrations.*

***Keywords:*** *electromagnetic field, homemade devices, demonstration experiment, conductive frame, Ampère's force.*