

В.П.Вовкотруб, Н.В.Подпригора

Кіровоградський державний педагогічний університет

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ МАТЕРІАЛЬНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ І ЗМІСТУ РОБОТИ ФІЗИЧНОГО ПРАКТИКУМУ ДО ТЕМИ “МАГНІТНЕ ПОЛЕ”**

Відмічено необхідність удосконалення методичного і матеріального забезпечення якісного експериментального відтворення досліджуваних явищ і процесів на прикладі варіантів відповідного удосконалення організації і постановки роботи фізичного практикуму при вивченні магнітного поля.

**Ключові слова:** фізичний практикум, матеріальне забезпечення, зміст роботи, магнітне поле.

Основними задачами виконання експериментальних завдань є забезпечення активного оволодіння учнів методами наукового пізнання як в плані якісного дослідження фізичних явищ і процесів, так і встановлення їх кількісних сторін: параметрів, характеристик і взаємозв'язків між ними. Із всієї сукупності експериментальних завдань особливо цінними є ті, програми виконання яких включають вимірювання і встановлення кількісних співвідношень між фізичними величинами, визначеними тим чи іншим фізичним законом.

З розвитком науки зміст навчальних курсів фізики зазнає відповідних змін. Навчальний фізичний експеримент створюється й удосконалюється у повній відповідності з розвитком освіти взагалі, із розвитком дидактики фізики зокрема. Нині ж цей процес характерний специфічними особливостями, пов'язаними з практичною відсутністю системи створення і централізованого промислового виготовлення фізичного обладнання. Тому основна частина сучасних доробок виконується вчителями і фахівцями. При цьому важливим є врахування прогресивних тенденцій до розробки змісту експерименту і створення відповідного обладнання. Зокрема такими є: кількісні вимірювання в навчальному експерименті, створення комплектів обладнання, підвищення коефіцієнту використання обладнання і ряд інших [1, с.337-339]. За програмами щодо вивчення електродинаміки і методичними доробками методистів варто відмітити досконалість демонстраційних дослідів і експериментальних завдань застосування і перевірки законів Ома, Кулона, послідовного і паралельного з'єднання споживачів. Разом аналогічні види навчального експерименту до вивчення законів збереження електричного заряду, Джоуля-Ленца, Ампера і деяких інших характерні низькою якістю. Спостерігається і відсутність системного підходу до їх експериментального відображення – або постановкою лише демонстраційного експерименту, або лише пропозицією виконання лабораторної роботи.

Запропонований варіант роботи фізичного практикуму до теми “Магнітне поле” (10 клас) [3] у варіанті, наведеному в посібнику [2, с.113-115], потребує удосконалень.

Однією з незручностей експериментальної установки, наведеної в посібнику, є використання технічних терезів для вимірювання сили. Збирання установки потребує тривалих і ретельних зусиль щодо підвищення на важелі терезів дрютяної рамки так, щоб вона знаходилась і була жорстко закріплена в потрібній площині. Без виконання цих вимог при ввімкненні струму рамка зміщується і притискується до полюса магніту, що не забезпечує належної точності вимірювання діючої на рамку сили.

В посібнику не описано особливості і технологію з'єднання кінців досить тонких дрютяних виводів рамки із значно грубішими провідниками. Сили пружності провідників спрямовані проти сили Ампера і відчутно впливають на виміряні значення. Надто складно досягти потрібного розташування терезів відносного штативу: провідники кінців рамки кріпляться в лапці штативу, а рамка підвішується до важеля терезів, тому потрібне положення рамки між полюсами магніту досягається лише шляхом зміни форми і натягу підвідених кінців котушки, бо варіювати положенням магніту

(обертанням навколо вертикальної вісі) практично неможливо.

З часом зразки дугоподібних магнітів з порівняно широкими полюсами (біля 2 см), які зображені на рисунку у даному варіанті інструкції, втратили намагніченість, а нові зразки мають ширину полюсів біля 5 мм і відповідно магнітне поле між полюсами практично не однорідне. Кінці полюсів таких магнітів знаходяться на відстані 5 мм один від одного, що не дозволяє швидко і зручно розташувати на рівних відстанях від них робочу (активну) сторону дрютяної рамки.

Виходячи з умов організації і виконання даної лабораторної роботи і основних тенденцій розвитку експерименту, нами визначено і виконано ряд удосконалень і запропоновано два варіанти експериментальної установки.

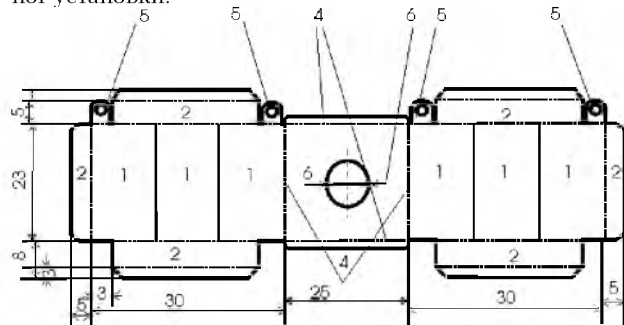


Рис. 1

Для створення потрібної області однорідного магнітного поля ми використали керамічні магніти від меблевих магнітних тримачів. Розміри одного такого магніту 23x10x5 мм. Експериментально визначено, що таких магнітів потрібно шість: по три для кожного полюсу. Для закріплення магнітів з металевої жерсті вирізається деталь, зображена на рис. 1. Кожні три магніти, суміщених однаковими полюсами, кладуться на вказані місця 1 деталі, і закріплюються шляхом огинання навколо їхніх країв частин 2, шляхом згинання вздовж пунктирних ліній. Зрозуміло, що поверхні зібраних полюсів мають бути протилежними: один північним, а інший південним. Тепер деталі надають П-подібної форми шляхом згинання вздовж пунктирних ліній 4 під кутом 90°. При цьому відстань між полюсами дорівнюватиме 15 мм. В частинах 5 виконують отвори діаметром до 1 мм, після чого відгинають в протилежну сторону. За потреби до них прив'язують кінці ниток. А в частині 6 деталі виконують отвір діаметром 4-6 мм для закріплення кінця короткого стержня, за допомогою якого така модель підковоподібного магніту кріпиться в муфті штативу. Загальний вигляд зібраного підковоподібного магніту зображено на рис. 2.

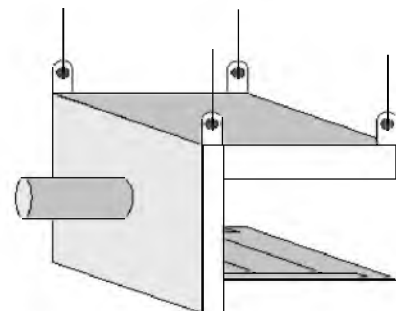


Рис. 2

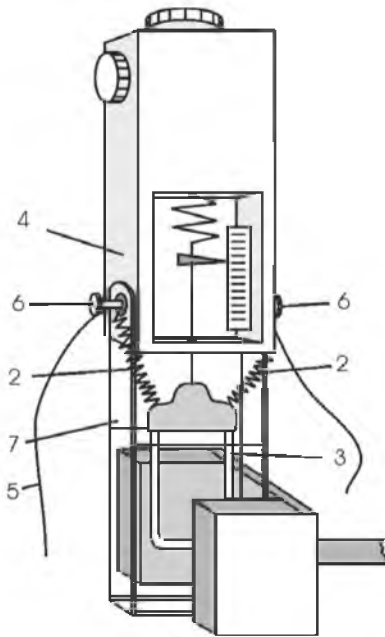


Рис. 3

Разом з тим досить важливими є конструктивно забезпечена можливість переміщення покажчика динамометра в нульове положення після підвищення рамки та одночасне обертання стрілки з підвищеною рамкою навколо вертикальної осі. Загальний вигляд установки без електричних приладів зображено на рис. 3.

Особливою ретельності потребує виготовлення рамки з пристосуванням для зручного і швидкого підвищення до гачка динамометром та приєднанням кінців до електричного кола. Враховуючи оптимальну потужність лабораторних джерел електроживлення нами збільшено кількість витків рамки до 50. Розміри активної і протилежної сторін рамки 20 мм, а двох інших по 30 мм. Дані про кількість витків і розміри активної сторони вчитель вказує в інструкції до роботи.

Для надійного і порівняно жорсткого закріплення рамки 3 на гачку динамометра до її верхньої сторони приклеєні дві смужки тонкого, але цупкого картону (електрокартону), між якими прокладено тонку шайбу товщиною 0,5 мм, вирізану з пластикового стержня від кулькової ручки діаметром 3 мм. Пропущений між смужками картону і зачеплений за шайбу гачок динамометра обмежує обертання рамки навколо вертикальної осі. Кожному виводу 2 рамки надають спіралеподібної форми і кінець припаюють до металевій контактній шайбі разом з кінцем з'єднувального провідника 5. При складанні установки шайби прикладають до бічних сторін динамометра ДПН 4 напроти заздалегідь виконаних отворів з нарізаною різьбою, і закріплюють короткими гвинтами 6.

З метою запобігання пошкодження і деформації рамки і особливо підвідних її дротяних кінців, її корисно опустити в легкий прозорий пластиковий корпус 7, розмірами 10x30x30 мм. У виступах бічних стінок корпусу, які мають ширину 10 мм і виступають над верхніми краями передньої і задньої стінок, виконують отвори 1х суміщають з отворами на корпусі динамометра і закріплюють разом з контактними шайбами. Модель магніту закріплюють так, щоб пластиковий корпус з рамкою був розташований між полюсами.

Рамку приєднують до лабораторного джерела живлення через вимикач, реостат і амперметр. При вмиканні реостат має бути повністю введеним. Збільшуючи силу струму в рамці з допомогою реостата, відмічають відповідні значення сили за показаннями динамометра. Варто відмітити, що за сили струму 1 А і більше рамка нагрівається, тому тримати ввімкненим коло за таких умов бажано не довше кількох хвилин. На якість одержаних результатів мають вплив форма і положення

спіралеподібних кінців рамки. Тому збирання і налаштування установки доцільніше виконувати до заняття вчителем (лаборантом). Такий варіант установки дозволяє значно зручніше виконати завдання, визначене інструкцією, наведеною в згаданому посібнику.

При розбиранні установки в першу чергу знімають зі штатива модель підковоподібного магніту. Потім від'єднують з'єднувальні провідники рамки від електричного кола і відчіплюють гачок динамометра від рамки. Останніми викручують гвинти з корпусу динамометра і рамку в пластиковому корпусі разом з провідниками кладуть і зберігають в спеціально виготовленій картонній коробці.

Подальші пошуки зручностей і підвищення якості виконання роботи зводились до розв'язання таких проблем: розширення меж параметрів перебігу процесу; ліквідації впливу сил пружності при деформації підвідних провідників до рамки в процесі її зміщення в магнітному полі на положення рамки і результати вимірювання сили; удосконалення методу вимірювання сили; створення умов для перевірки залежності сили від положення рамки в магнітному полі (від  $\sin \alpha$  між напрямками струму і магнітного поля).

Практично названі проблеми вдалось розв'язати, шляхом відмови від переміщення рамки відносно стаціонарно закріпленого постійного магніту. Відповідно рамка закріплюється стаціонарно, чим повністю ліквідується вплив пружних сил підвідних провідників. Разом з тим забезпечується можливість переміщення відносно рамки постійного магніту. Для цього він підвищується на чотирьох паралельних вертикальних нитяних підвісах до закріпленої горизонтально пластинки біля верхнього кінця штативу. В пластинці виконано отвори діаметром 1 мм в вершинах прямокутника, розміри якого відповідають розмірам полюса магніту — 23 x 30 мм. Також на пластинці закріплені короткий стержень для закріплення деталі в муфті штативу. Загальний вигляд установки без електричних приладів зображено на рис. 4.

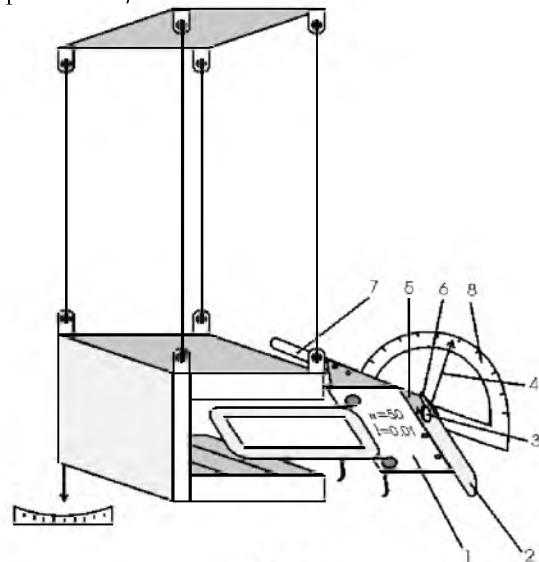


Рис. 4

До комплекту установки додаються ще дві рамки з довжинами активних сторін 1,5 см і 1 см. Кожна рамка стороною, протилежною до активної, наклеюється на фольговану склотекстолітову смужку 1 розмірами 20 x 30 мм. Кінці обмоток рамок і кінці підвідних провідників припаюють до окремих ділянок фольгованого покриття. До протилежної сторони смужки кріпиться металева пластинка 2 з прорізом 3 шириною 4 мм і довжиною 15 мм. Також на пластинці 2 напроти середини сторони рамки припаюють шматок дротини 4, який слугуватиме покажчиком кута повороту рамки.

Біля кінця іншої металевий пластинки 5 виконують отвір діаметром 4 мм. В нього вставляють болт 6 з

різьбою М4 і з протилежної сторони накручують гайку-баранець. До протилежного кінця пластинки 5 кріпиться короткий стержень 7 для кріплення в муфті штативу, а вздовж верхньої сторони пластинки закріплюють невеликий транспортір 8. При збиранні установки експериментатор бере рамку за вільний кінець пластинки 2 і заводить її прорізом 3 між головкою болта 6 і пластиною 5. Встановивши рамку в потрібному положенні, затягують гайку-баранець. При цьому стрілка 4 вказуватиме на кут між активною стороною рамки і вертикально напрямленим магнітним полем.

Підбір чи виготовлення динамометра – процес досить трудоемкий. Ми відмовились від такого шляху і проблему розв'язали шляхом виготовлення шкали, яку проградуїровано в одиницях сили. Таку шкалу кріплять нижче моделі підковоподібного магніту так, щоб за вимкненого кола стрілка вказувала на нуль шкали. В якості стрілки береться шматок дротини і припаюється до корпусу магніту. Градування шкали здійснюють за конкретно вибраних довжин підвісів магніту і стрілки. Для цього використовують динамометр ДПН, чи якийсь інший відповідної чутливості. На зворотній стороні шкали варто записати значення відповідної довжини від точки підвісу магніту до шкали. За визначеної довжини також зручно до магніту прикріпити шкалу, а стрілку закріпити на підставці і встановлювати в потрібному положенні.

Така установка дозволяє виконувати вимірювання сили при зміщенні магніту як вліво, так і вправо і за сталості інших величин (сили струму, кількості витків і кута  $\alpha$ ) знаходити середнє значення сили для протікання струму в протилежних напрямках. Разом з тим забезпечено можливість легко і зручно змінювати значення не лише сили струму, а й довжини провідника шляхом зміни рамки та кута між напрямками струму і вектором магнітної індукції. Наводимо варіант інструкції для учнів до роботи практикуму з використанням запропонованої установки.

#### Вимірювання індукції магнітного поля постійного магніту

**Обладнання:** 1. Установка для визначення індукції магнітного поля постійного магніту (комплект). 2. Джерело електроживлення (ІЕПП-1, або ВУ-4 чи ЛІП-90). 3. Амперметр лабораторний. 4. Ключ. 5. Реостат лабораторний. 6. Провідники.

#### Зміст і методи виконання роботи

На прямий провідник довжиною  $\Delta l$ , по якому проходить струм  $I$ , у однорідному магнітному полі індукцією  $\vec{B}$  діє сила Ампера  $F$ , модуль якої дорівнює  $F = BIl \sin \alpha$ .

Звідси магнітну індукцію визначають за формулою

$$B = \frac{F}{Il \sin \alpha},$$

а якщо  $\Delta l$  складають  $n$  провідників довжиною  $l$  кожний, то формула набуває вигляду

$$B = \frac{F}{Inl \sin \alpha}. \quad (1)$$

В експериментальній установці, зображеній на рис. 4, використовують різні рамки, на яких вказано кількість витків  $n$  і довжину сторони активної частини  $l$ . Для зміни рамки і її розташування в потрібному положенні між полюсами постійного магніту послаблюють кріплення шляхом відкручування гайки болта 3, заведенням на болт вирізу 6 пластинки 2 з подальшою фіксацією шляхом закручування гайки. За положенням стрілки 4 визначають значення кута  $\alpha$  між напрямками магнітного поля і струму. При цьому між полюсами магніту будуть три сторони рамки. Сили Ампера, які діють на дві паралельні сторони, спрямо-

вані протилежно і зрівноважують одна одну. Сила Ампера, що діє на третю сторону, рівна за величиною силі, що діє на постійний магніт, зміщуючи його відносно рамки і визначається за показаннями динамометра, розташованого біля нижнього краю магніту. Рамку включають послідовно в електричне коло з іншими приладами: джерелом постійного струму, ключем, реостатом і амперметром.

#### Послідовність виконання роботи

1. Підготуйте таблицю для записування результатів:

№ досліду	$n$	$l, \text{ м}$	$I, \text{ А}$	$F, \text{ Н}$	$\alpha$	$B, \text{ Тл}$

2. Зберіть електричне коло, з'єднавши послідовно джерело постійного струму, ключ, реостат, амперметр і рамку, встановлену на установці.

3. Введіть повністю реостат.

4. Замкніть коло і з допомогою реостата встановіть силу струму 0,5 А. Дані, вказані на рамці та значення показань кута  $\alpha$ , сили струму і сили Ампера запишіть в таблицю.

5. Розімкніть коло, поміняйте полярність ввімкнення в коло рамки і замкнувши знову коло, виконайте і запишіть попередні вимірювання.

6. Повторіть дії і вимірювання згідно пунктів 4 і 5 ще 2 рази, збільшуючи кожного разу силу струму на 0,2-0,3 А, не перевищуючи значення 1,5 А.

7. Повторіть дії і вимірювання за сили струму 1 А для двох інших рамок.

8. Повторіть дії і вимірювання за сили струму 1 А і рамкою з  $l = 0,01$  м, встановлюючи її під кутами  $15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$  і  $60^\circ$ .

9. За даними кожної строчки таблиці виконайте розрахунки індукції магнітного поля. Знайдіть середнє значення, абсолютну і відносну похибки.

#### Контрольні запитання

1. Чому довжина активної сторони рамок менша довжини полюсів магніту?

2. Як вплине на значення сили Ампера зміна положення активної сторони рамки між полюсами магніту шляхом повороту її навколо вертикальної вісі?

3. Якими способами, окрім перемикання виводів рамки, можна змінити напрямок дії сили Ампера? Чи пов'язано це з потребою зміни полярності вмикання амперметра?

4. Як пояснити рівність значень сил, що діють на рамку і на магніт?

5. Які умови мають задовольняти полюси електромагніту для забезпечення однорідності магнітного поля між ними?

#### Список використаних джерел:

1. *Основи методики преподавания физики в средней школе* / В.Г.Разумовский, А.И.Бугаёв, Ю.И.Дик и др.; Под ред. А.В.Перышкина и др. – М.: Просвещение, 1984. – 398 с.
2. *Практикум з фізики в середній школі: Дидакт. матеріал: Посібник для вчителя* / Л.І.Анциферов, В.О.Буров, Ю.І.Дік та ін.; За ред. В.О.Булова, Ю.І.Діка. – К.: Рад. Шк., 1990. – 176 с.
3. *Програми для середніх загальноосвітніх шкіл. Фізика. Астрономія. 7-11 класи.* – К.: Перун, 1996. – 144 с.

There were marked improvement necessity of the methodical and material providing of experimental reflection quality of the explored phenomena and processes on the example of variants of the organizational proper improvement and raising of work of physical practical work at the study of the magnetic field.

**Key words:** physical practical work, Material providing, maintenance of work, magnetic field.

Отримано: 14.04.2005.