

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
Національна металургійна академія України

Теорія та методика  
навчання математики,  
фізики, інформатики

*Збірник наукових праць*

*Випуск IX*

Кривий Ріг  
Видавничий відділ НМетАУ  
2011

## РОЗРОБКА ФРОНТАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ФІЗИКИ В УМОВАХ КРЕДИТНО-МОДУЛЬНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ

В. М. Здешиц, В. М. Кадченко, В. П. Ржепецький, І. В. Шелевицький  
Україна, м. Кривий Ріг, Криворізький державний педагогічний  
університет  
didanaz@i.ua

Дистанційна підготовка фахівців з вищою освітою – найближча перспектива сучасної форми організації навчального процесу. Навчання будується на використанні інформаційних технологій. З цією метою розробляються спеціальні навчальні комплекси, що включають електронний підручник – конспект лекцій з набором комп'ютерних демонстрацій, електронний задачник з методичними вказівками до розв'язування задач, а також лабораторні роботи, які виконуються на комп'ютері.

При вивченні курсу фізики заміна реального фізичного експерименту його моделюванням на комп'ютері, на наш погляд [1], не може дати бажаного результату стосовно ефективності засвоєння, призводить до погіршення розуміння та уявлення про найпростіші і разом з тим найбільш загальні закономірності явищ природи, властивості і будову матерії та закони її руху.

Основний недолік навчального процесу при проведенні лабораторних занять з фізики полягає в тому, що лекції, які читаються відповідно до програми поступально, крок за кроком, не знаходять одночасного практичного підтвердження у фізичних лабораторіях. Експериментальні установки, що відповідають темі лекції, є в наявності навчального закладу, найчастіше, в одному екземплярі. Тому при проведенні лабораторних робіт групі студентів здебільшого пропонується досліджувати явище без відповідної теоретичної підготовки, що негативним чином впливає на якість освіти.

Основною перешкодою в процесі придбання студентами практичного досвіду роботи з реальними фізичними об'єктами і вимірювальними приладами є відсутність потрібної кількості дослідницьких установок. Придбання навчальними закладами великих партій традиційних лабораторних установок неможливо через їх моральну застарілість та фінансову неспроможність ВНЗ, а тим більше шкіл. Розміщення й обслуговування такої кількості приладів і установок у межах відведених кафедр фізики площ є проблемою.

В даній статті описана нова концепція проведення фронтальних лабораторних занять з фізики, що ґрунтується на мініатюризації лабораторних установок на основі використання сучасних волоконно-оптичних,

оптоелектронних і цифрових технологій. Ця робота проводиться в рамках держбюджетної теми №0111U000263, розрахованої на 2011-2012р., на базі волоконно-оптичної лабораторії кафедри фізики та методики її навчання КДПУ.

Суть концепції полягає в наданні кожному студентові можливості виконання лабораторної роботи з теми, яка вивчається на даний час за робочою програмою. Основою нового підходу є мініатюризація лабораторних установок до розмірів, що дозволяють розмістити їх у потрібній кількості в жорсткому чехолі – кейсі; кожний кейс повинен містити 20-30 лабораторних (дослідницьких) робіт на одну тему. Кількість кейсів повинна відповідати кількості тем, передбачених навчальним процесом, або хоча б темам з найбільш важливих розділів фізики. При наявності в експериментальних установках автономних джерел живлення виключається необхідність утримування і обслуговування лабораторних аудиторій, що, відповідно, здешевлює навчання і дозволяє проводити заняття в аудиторіях довільного типу. Мобільність лабораторних установок дозволить проводити навчання студентів як в аудиторіях кафедри фізики, так і у філіях навчальних закладів, на підготовчих курсах, курсах підвищення кваліфікації, а також дистанційно. Мініатюрність дасть можливість створювати комплекти лабораторних робіт «Молодого фізика» і комплекти для пересилання студентам, що мають обмеження в пересуванні.

Мета наших досліджень – теоретичне обґрунтування, вдосконалення, розробка і впровадження у вищих педагогічних навчальних закладах в умовах кредитно-модульного навчання та у середніх загальноосвітніх навчальних закладах недорогих комплектів лабораторних установок, що забезпечують проведення лабораторних робіт із заданої теми фронтально.

Для реалізації поставлених завдань визначені наступні основні етапи:

1. Проаналізувати в науково-методичній літературі:
  - а) стан і тенденції розвитку методики виконання лабораторних робіт з курсу загальної фізики у вищих педагогічних навчальних закладах в умовах кредитно-модульного навчання та у середніх загальноосвітніх навчальних закладах за умов неперервної освіти;
  - б) перспективи розкриття фізичних явищ і фундаментальних законів фізики на засадах сучасних наукових знань.
2. Науково обґрунтувати і побудувати засади розкриття явищ і фундаментальних законів фізики при проектуванні лабораторних приладів та розробити їх конструкції.
3. Обґрунтувати і розробити науково-методичну систему (зміст,

структуру і методика) навчання на лабораторних заняттях за допомогою розробленого лабораторного обладнання:

- а) у вищій школі в умовах кредитно-модульного навчання;
- б) у середній загальноосвітній школі за умов неперервної освіти.

4. Підготувати відповідні навчальні посібники з проведення лабораторних занять для вищих та середніх навчальних закладів та розробити методичні рекомендації до них.

5. Упровадити в навчальний процес пропонувану науково-методичну концепцію фронтального проведення лабораторних занять з фізики у вищих та середніх навчальних закладах.

Для реалізації цього проекту мініатюризація установок повинна вестися з використанням сучасних досягнень науки, техніки й технології, а вимірювальні блоки уніфіковані на основі оптоелектроніки, яка бурхливо розвивається.

Сучасні волоконно-оптичні датчики дозволяють вимірювати майже все: тиск, температуру, відстань, положення в просторі, швидкість обертання, швидкість лінійного переміщення, прискорення, коливання, масу, звукові хвилі, рівень рідини, деформацію, коефіцієнт заломлення, електричне поле, електричний струм, магнітне поле, концентрацію газу, дозу радіаційного опромінення і т.д.

Проведений аналіз лабораторних практикумів з фізики і досягнень сучасних технологій дає підставу стверджувати, що є можливість мініатюризації переважної більшості лабораторних стендів і розв'язку у такий спосіб поставленого завдання: набуття майбутнім фахівцем з фізики практичних навичок роботи із сучасними приладами й установками при одночасному теоретичному (лекційному) супроводі.

Принциповими положеннями при розробці конструкцій лабораторних установок є: 1) мініатюрність, 2) багатофункціональність, 3) дешевизна, 4) довговічність конструкцій.

Багатофункціональність передбачає три рівні виконання лабораторної роботи на одній установці. Перший – початковий – розрахований на учнів молодших класів. Тому його завдання обмежується переконливою демонстрацією фізичного явища.

Другий рівень розрахований на учнів технікумів, 10-11 класів і передбачає виконання вимірювань, де це потрібно, за допомогою мультиметрів, дозиметрів, фотометрів і сучасних вимірювальних приладів тиску, температури, маси, сили, часу, тощо.

Третій рівень розрахований на використання школярами й студентами комп'ютерних технологій, причому не тільки для опрацювання результатів вимірювань, а і для проведення безпосередніх вимірювань параметрів фізичного явища за допомогою комп'ютерного осцилографу.

Як приклад розглянемо лабораторну роботу:

### «Визначення коефіцієнту тертя ковзання»

#### Теоретичні відомості

Прикладемо до тіла, яке розташоване на горизонтальній поверхні, деяку горизонтально направлену силу  $\vec{F}$ . Якщо  $\vec{F}$  невелика, то може статися, що тіло по поверхні ковзати не буде.

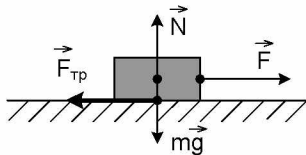


Рис. 1

Отже, при дотиканні тіл під деяким тиском між їх поверхнями виникають сили, які запобігають ковзанню тіл. Ці сили називають силами тертя спокою (рис. 1).

Ковзання почнеться тільки після того, як зовнішня тангенціальна сила стане більшою певного значення. Таким чином, сила тертя спокою  $F_{\text{спок}}$  змінюється від нуля до деякого максимального значення  $F_{\text{спок}}^{\text{max}}$  і дорівнює зовнішній тангенціальній силі, прикладеній до тіла. Вона направлена протилежно зовнішній силі і зрівноважує її.

Під час ковзання сила тертя направлена проти швидкості. При невеликих швидкостях сила тертя ковзання не залежить від швидкості і приблизно дорівнює  $F_{\text{спок}}^{\text{max}}$ . Графіки на рис. 2 і 3 ілюструють останні твер-

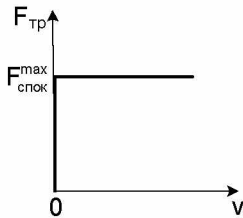


Рис. 2

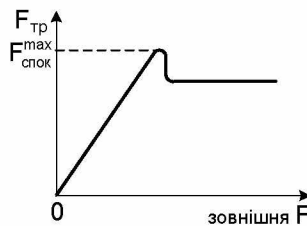


Рис. 3

дження.

Звернемо увагу на виступ графіка рис. 3.

Він показує, що максимальне значення сили тертя спокою трохи

більше сили тертя ковзання. Цей факт має певне практичне застосування і повинен враховуватись при визначенні коефіцієнту тертя ковзання. Тертя, при якому сила тертя не дорівнює нулю при нульовій відносній швидкості тіл, що дотикаються, називають сухим.

Сила тертя ковзання  $F_{\text{тр}}$  не залежить від площі поверхні дотику тіл і пропорційна силі нормального тиску  $F_n$  (або  $N$ ), з якою одне тіло діє на інше:

$$F_{\text{тр}} = \mu N \quad (1)$$

Формулу (1) називають законом Кулона-Амонтона.

Коефіцієнт  $\mu$  в (1) називається коефіцієнтом тертя; він залежить від природи і стану поверхонь, що труться. Коефіцієнт  $\mu$  визначають експериментально.

Виникнення сухого тертя зумовлене взаємодією молекул, атомів і електронів, що містяться поблизу поверхні дотику, тобто, кінець кінцем, електромагнітною взаємодією.

*Метод вимірювання і опис лабораторної установки*

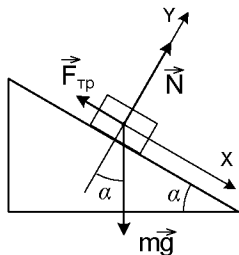


Рис. 4

Розташуємо прямокутний брусок на похилій площині. На рис. 4 зображені сили, які діють на брусок. При малих кутах  $\alpha$  модуль рівнодійної сил  $m\vec{g}$  і  $\vec{N}$  буде меншим сили тертя ковзання  $\mu N$ , тому брусок буде нерухомий.  $\vec{F}_{mp}$  буде силою тертя спокою. При збільшенні кута нахилу сила тертя спокою зростатиме і при деякому куті  $\alpha_0$  брусок почне рухатись:  $\vec{F}_{mp}$  буде вже силою тертя ковзання. Якщо рух бруска

буде рівномірним, то:

$$\vec{F}_{mp} + \vec{N} + m\vec{g} = 0 \quad (2)$$

В проекціях на осі системи координат:

$$-F_{mp} + mg \sin \alpha_0 = 0 \quad (3)$$

$$N - mg \cos \alpha_0 = 0 \quad (4)$$

Перепишемо (3) і (4), врахувавши (1):

$$\mu N = mg \sin \alpha_0 \quad (5)$$

$$N = mg \cos \alpha_0 \quad (6)$$

Поділимо (5) на (6):

$$\mu = tg \alpha_0 \quad (7)$$

Таким чином, коефіцієнт тертя ковзання  $\mu$  можна знайти за кутом  $\alpha_0$ , при якому починається рух бруска по похилій площині.

Розроблена установка для визначення коефіцієнту тертя ковзання зображена на рис. 5.

Основа приладу – платформа розміром 250 x 50 x 5 мм виготовлена з дерева або фанери з орієнтацією волокон деревини вздовж основи. На платформі закріплений кутомір, виготовлений з органічного скла. Нижня частина кутоміру суцільна, в ній розташовані два металеві штирі діаметром 2 мм для закріплення кутоміру на платформі. В платформі у відповідних місцях для кріплення кутоміру зроблені отвори. Поперечний переріз кутоміру зображений на рис. 6.

Досліджувані зразки мають вид пластин розміром 40 x 40 мм, вирізаних з різних матеріалів. Рекомендовані матеріали – дерево, метал, пластмаса, гума. Товщина пластин особливої ролі не відіграє; з точки зору

зручності використання вона повинна бути не меншою 2 мм. Зразки можна склеїти попарно, тоді комплект складатиметься з двох таких зразків.

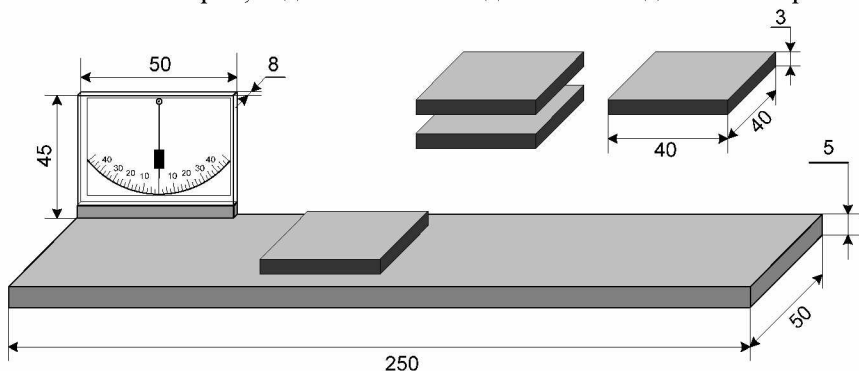


Рис. 5

Розрахунки маси комплекту (у випадку використання для основи фанери товщиною 5 мм) дають сумарну масу близько 70 г. Набір з 16 комплектів, таким чином, матиме масу не більше 1,2 кг.

*Методика проведення лабораторної роботи*

**Мета роботи:** Визначити коефіцієнт тертя ковзання.

**Прилади і матеріали:** Установка для визначення коефіцієнту тертя ковзання, зразки для досліджень.

#### Хід роботи

1. Розташуйте установку на горизонтальній поверхні. Покладіть на платформу один із зразків. Повільно піднімайте край установки, біля якої розташований зразок.

2. Як тільки зразок прийде в рух, відмітьте і запишіть значення кута нахилу платформи  $\alpha_0$ .

3. Повторіть вимірювання кута вісім – десять разів. Для зміни умов вимірювання піднімайте спочатку ліву а потім праву частину платформи. Знайдіть середнє арифметичне значень і обчисліть значення  $\mu = \operatorname{tg} \alpha_0$ .

4. Пункти 1–3 виконайте для інших зразків з набору.

5. Обчисліть похибку одержаних результатів. Абсолютна похибка

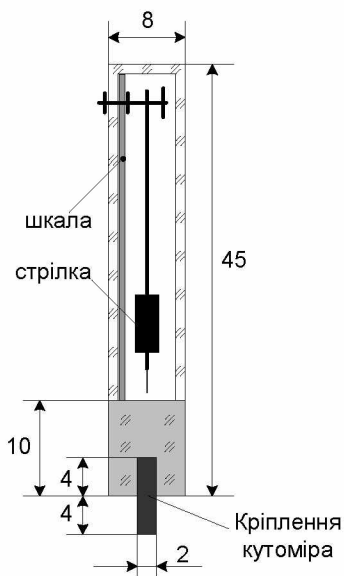


Рис. 6

для  $\mu$  (тобто для  $\operatorname{tg}\alpha$ ):  $\Delta\mu = \frac{\Delta\alpha}{\cos^2 \alpha}$ ; відносна похибка:  $\frac{\Delta\mu}{\mu} = \frac{2\Delta\alpha}{\sin 2\alpha}$ .

В обох виразах значення  $\Delta\alpha$  слід брати в радіанах:  $1^\circ = 0,01745$  рад.

Результати вимірювань, виконаних з допомогою даної установки, добре узгоджуються з даними таблиць [2, 85].

Як бачимо, ця лабораторна робота повністю задовольняє вимогам модульного навчання: всі учні беруть участь в визначенні коефіцієнту тертя ковзання. Робота має ознаки творчої дослідницької роботи. Отримані результати аналізуються і обговорюються всією групою учнів.

Функціональність цієї ж самої установки підвищується, якщо платформу доповнити датчиками для вимірювання часу руху тіл з виводом сигналів з них на комп'ютерний осцилограф. Такими датчиками можуть бути геркони – герметизовані контакти, що замикаються під впливом магнітного поля. Тому магнітні тіла на кшталт пластин, суцільних дисків, кілець, куль дають змогу не тільки продемонструвати закони кінематики (в тому числі закони вільного падіння), але і динаміки матеріальної точки, обертального руху твердих тіл і т.п. На рис. 7 наведено приклад такої вимірювальної схеми.

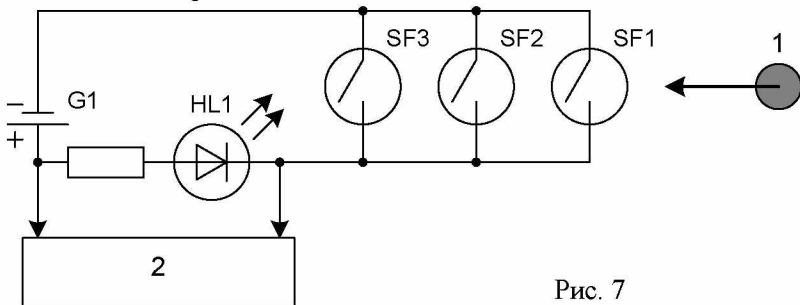


Рис. 7

Якщо намагнічене тіло 1 рухається так, як показано стрілкою, то послідовно замикаються контакти SF1 – SF3 герконів і струм джерела G1 проходить через світлодіод HL1. Спалахи світла наочно демонструють учням рівномірність або нерівномірність руху. Зареєстровані за допомогою осцилографа 2 інтервали часу дозволяють учням детально обробити кінематику руху тіла.

Наприклад, після падіння магнітного диску діаметром 19,6 мм товщиною 5 мм та масою 7 г з висоти  $h_1 = 10$  см зафіксовано, що наступні  $h_2 = 15$  см він пролітав в середньому за  $\Delta t_{\text{експ.}} = 83,1$  мс. Це практично співпадає з теоретичним значенням  $\Delta t_{\text{теор.}} = \sqrt{2/g} (\sqrt{h_1 + h_2} - \sqrt{h_1}) = 83$  мс.

Проте коли те ж тіло рухалося по похилій дерев'яній площині цей



час збільшувався. Збільшувався цей проміжок часу на 25 мс і під час вільного падіння диска поблизу платформи, виготовленої з алюмінію. Це можна пояснити тільки впливом на рух струмів Фуко. А це вже нова тема для виконання лабораторної роботи за допомогою одного і того ж пристрою.

Такий підхід до розробок фронтальних лабораторних робіт з фізики дозволяє значно розширити функціональні можливості одного комплекту, що суттєво зменшує вартість обладнання. Отже, маємо надію на те, що навчальні заклади України найближчим часом матимуть для вивчення фізики повноцінну експериментальну базу.

#### Література

1. Здешиц В. М. Застосування новітніх технологій для проведення лабораторних занять з фізики / В. М. Здешиц // Збірка наукових праць III Всеукраїнської конференції «Сучасні технології в науці та освіті». – Кривий Ріг : КДПУ, 2003. – Т. 2 – С. 67-71.
2. Енохович А. С. Справочник по физике / А. С. Енохович. – М. : Просвещение, 1978. – 415 с., ил. – (Б-ка учителя физики).