

А. В. Рибалко¹, О. С. Рибалко², В. І. Янішевський³¹Національний університет водного господарства та природокористування²Рівненський обласний ліцей-інтернат³ТОВ «Реноме-Смар»**ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРА ЯК ЗАСОБУ ВИМІРЮВАННЯ ТА ГРАФІЧНОГО ВІДОБРАЖЕННЯ ЗМІНИ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН З ЧАСОМ ПІД ЧАС НАВЧАЛЬНИХ ДЕМОНСТРАЦІЙ З МЕХАНІКИ**

У статті описано принцип дії оригінального вимірювального демонстраційного модуля для визначення і комп'ютерного відображення залежності значень механічних величин від часу. А також проаналізовано напрямки його практичного впровадження у процес навчання фізики.

Ключові слова: комп'ютер, демонстрація, експеримент, навчання фізики.

Демонстраційний експеримент виконує важливі дидактичні функції в процесі навчання фізики. Вдало здійснена навчальна демонстрація може стати одночасно джерелом знань, методом навчання та видом наочності. Серед найголовніших дидактичних функцій навчальних демонстрацій, на нашу думку, є можливості: 1) створення в учнів яскравих чуттєвих образів, що є передумовою їх мислення; 2) побудови наочних моделей реальних явищ, які сприяють суб'єктивному відкриттю нових фізичних фактів, закономірностей, принципів тощо. Тому питання, пов'язані із технічним вдосконаленням навчальних демонстрацій, завжди є *актуальними* у педагогічній практиці.

Сучасна дидактика фізики висуває низку вимог щодо навчального демонстраційного експерименту. Серед найголовніших із них є: 1) *наочність*, зокрема відповідність розділним здатностям органів чуття людини; 2) *простота*, що забезпечує на основі попереднього досвіду розуміння учнями принципу дії приладів та установок; 3) *безпе́чність*, тобто відповідність нормам охорони праці; 4) *надійність*, тобто впевненість в отриманні очікуваного результату у випадку неодноразових повторень; 5) *необхідність повторення і пояснення*, що дозволяє ефективніше реалізовувати навчальні етапи систематизації та закріплення знань; 6) *обмеженість у часі*, яка продиктована регламентом уроку та темпом сприйняття школярами демонстрованого матеріалу; 7) *своєчасність демонстрації*, що дозволяє ефективно ставити перед учнями навчальну проблему; 8) відносна *дешевизна демонстраційного обладнання* для більш широкого його застосування у навчальних закладах.

Але, як показує практика, демонстраційний експеримент, спрямований на формування передумов засвоєння, наприклад, законів механіки, виражених у математичній формі, пов'язаний з досить суттєвими труднощами. Незважаючи на позірну простоту механічних явищ, пряме вимірювання та відображення фізичних величин, що характеризують механічний стан тіла (швидкість, прискорення, імпульс тіла, сила, сила тощо), є досить складним. Особливо ця задача ускладнюється у випадку необхідності демонстрації характеру зміни вищевказаних величин з часом, отримання відповідних графічних залежностей тощо. Зрозуміло, що застосування комп'ютерної техніки може значно полегшити розв'язування цих проблем. Проте значна частина методичних розробок щодо впровадження ПК як дидактичного засобу навчальної демонстрації спрямована на застосування комп'ютерних програм, які моделюють фізичні явища чи об'єкти. Безумовно, під час вивчення певних розділів фізики та астрономії (особливо тих де розглядаються мікро- чи мегаоб'єкти) така демонстрація є досить корисною та методично доцільною, оскільки забезпечує передумови формування в учнів наочно-чуттєвих образів складних неспостережуваних фізичних процесів. Натомість, можливість застосування комп'ютера у ролі вимірювального приладу та засобу оперативного відображення графічних залежностей фізичних величин від часу у випадку навчальних демонстрацій у вітчизняній дидактиці фізики практично не досліджені. Особливо перспективним, на нашу думку, є використання вищевказаних функцій ПК під час вивчення саме механічних явищ, оскільки механічний рух і взаємодія тіл – досить наочні та легко спостережувані.

У цій статті описано принцип дії вимірювального модуля для визначення і комп'ютерного відображення залежності значень механічних величин від часу. А також висвітлено напрямки його практичного застосування у процесі навчання фізики.

Цей вимірювальний модуль сконструйовано на базі відомої промислової демонстраційної установки ПМДМ (прилад механічний демонстраційний магнітний).

Загальна кінематична схема пропонованого модуля зображена на *рис. 1*. На станині 1 є дві магнітні рейки, вздовж яких на магнітних «подушках» практично без тертя може рухатись візок 2. До візка через систему блоків ниткою прикріплено тягарець 5 (*рис. 1*). Візок утримується у стані спокою за допомогою електромагнітного тримача (на малюнку не зображений). Важіль 4 разом із прикріпленням до нього нерухомим блоком утримується пружиною в стані рівноваги, як показано на рисунку.

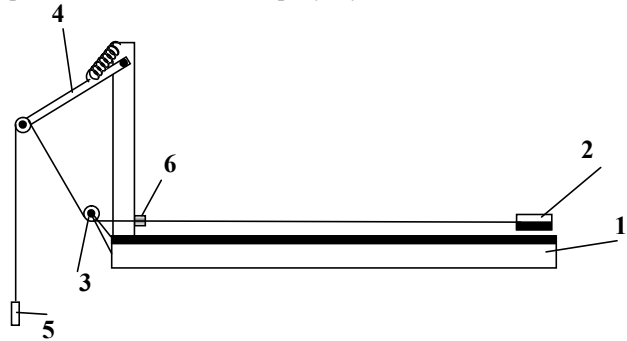


Рис. 1

Якщо візок відпустити, то він під дією тягарця починає рухатись рівноприскорено. До нерухомого блоку 3 вмонтовано спеціальний пристрій (оптичний енкадер), який за допомогою відповідної комп'ютерної програми дозволяє визначати функціональну залежність шляху, пройденого візком, його миттєвої швидкості та прискорення від часу.

До важеля 4 приєднаний диск-обтюратор, який обертається за допомогою електродвигуна так, що його непрозора частина перетинає світлові промені двох оптопар, одна з яких теж приєднана до стержня і рухається разом з ним, а інша – нерухома відносно станини. Це дозволяє отримати за допомогою сигналів від оптопар прямокутні широтні імпульсні модуляції, які будуть змінені в часі на величину, пропорційну куту повороту важеля.

Зрозуміло, що цей кут повороту нелінійно залежить від сили натягу нитки, через яку взаємодіють візок і тягарець. Тому калібрування і апроксимацію залежності сили натягу нитки від кута повороту важеля здійснює спеціальна комп'ютерна програма на основі емпіричних результатів.

Робота вказаної демонстраційної установки керується комп'ютером і здійснюється наступним чином. На початку демонстрації візок утримується електромагнітом, а до протилежного кінця нитки підвішений тягарець. За командою з комп'ютерної клавіатури одночасно: електромагніт відпускає візок, що спричиняє рух системи; вмикається електродвигун обтюратора; запускаються програми зчитування та опрацювання сигналів від оптичного енкадера та оптопар. Наприкінці руху візок розмикає кнопковий ключ 6 (*рис. 1*), який подає комп'ютерній програмі команду «стоп». Після

чого на екрані дисплея (або мультимедійної дошки) у різних вікнах з'являються графіки залежностей координати візка від часу, миттєвої швидкості від часу, а також прискорення від часу, максимальне значення цих величин та значення сили натягу нитки. В залежності від цілей демонстрації можна відкривати не всі вікна, а лише потрібні.

Узагальнюючи конструктивні особливості установки, зазначимо, що її вимірювальний блок функціонально складається з динамометра, одометра, електричного перетворювача рівнів, кнопки "стоп" та утримуючого електромагніта.

Прилад для визначення залежності координати, швидкості та прискорення руху візка від часу – одометр – конструктивно виконано як кутовий інкрементивний енкодер (3), встановлений на одному валу (4) із блоком (1), який закріплено на осьових голкових підшипниках (5) (рис. 2). Через блок натягнута рухома нитка (2), якою тягарець прискорює візок. Переміщення енкодера відслідковуються оптопарою (6) (далі в тексті позначена як ОПІС від "Optocoupled Integral Circuit" – „оптопара вбудована в інтегральну схему”).

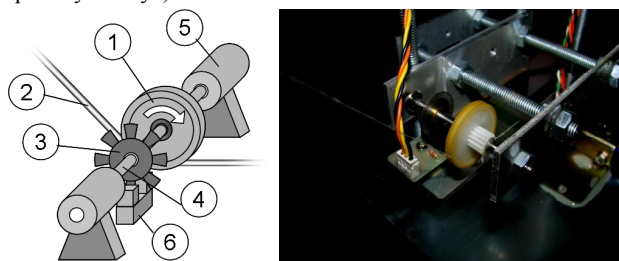


Рис. 2

Електронна частина приладу максимально спрощена та складена із готових вузлів та блоків, а її блок-схема зображена на рис. 3.

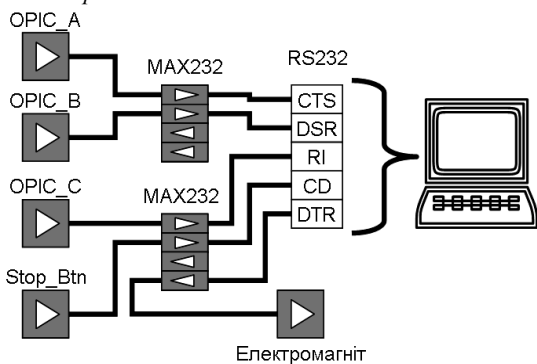


Рис. 3

Отримані від оптопар сигнали мають рівень 0..+5 В, тому для їх передачі використовуються перетворювачі рівнів TTL-RS232, наприклад MAX232EPE, виробництва Maxim Semiconductor.

Перетворені сигнали цілком придатні для передачі на відстань до 15 метрів, та безпосереднього підключення до комунікаційного порту персонального комп'ютера.

Кінематична схема та зовнішній вигляд динамометра зображені на рис. 4. Він складається із важеля (1), який закріпленний за допомогою шарнірів (5) та утримується пружиною (2). До одного кінця важеля прикріплено блок (3), через який перекинута нитка (4). До протилежного кінця важеля закріплено рухому оптопару (6). Окремо від важеля на спеціальному кронштейні розміщено колекторний двигун постійного струму (9) із закріпленим до нього диском-опторатором (8) та нерухому оптопару (7). Диск-опторатор виготовлено таким чином, щоби за одну половину оберту диск перекривав оптопари, а за іншу – оптопари лишались відкритими. Вісь обертання важеля та вісь обертання диску суміщені. Сила натягу нитки змушує розтягуватись пружину (2), що в свою чергу змінює відносне положення рухомої оптопари.

Двигун, обертаючи диск-опторатор, по чергово перекидає нерухому (ОПІС_А) та рухому (ОПІС_В) оптопари (див. рис. 5). Під час затінення із оптопари знімається логі-

чний нуль, а під час відкриття – логічна одиниця. При затіненні нерухомої оптопари (фаза А) відбувається фіксація початкового моменту часу, після чого очікується затінення рухомої оптопари (фаза G). Таким чином визначається час проходження кромки диска від початку відліку до рухомої оптопари. Далі очікується повторне затінення нерухомої оптопари, що відповідатиме повному періоду обертання диска. Виконавши перерахунок за формулою $\alpha = 360 \cdot \frac{t}{T}$,

отримаємо в градусах кут α між нерухомою та рухомою оптопарами за напрямком обертання диска. Наприклад, у випадку, зображеному на рис. 5, він становитиме 270°. За величиною цього кута визначається зміна положення важеля. Ця зміна, в свою чергу, залежить від сили натягу нитки, що дозволяє, виконавши перерахунок, визначити її значення. Калібрування динамометра здійснено на основі емпіричної залежності кута повороту важеля від сили натягу нитки. Результати калібрувального експерименту були опрацьовані за допомогою програми Excel, що дозволило встановити відповідну аналітичну залежність.

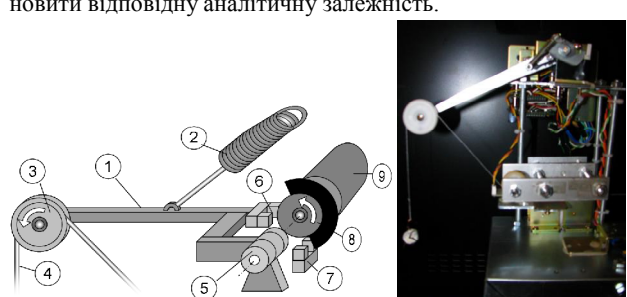


Рис. 4

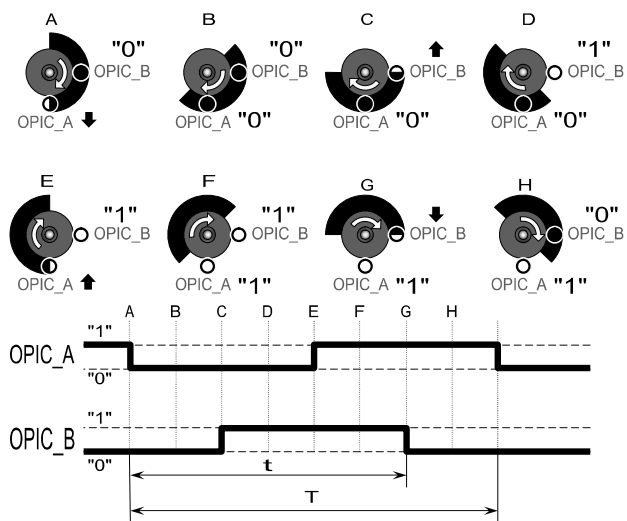


Рис. 5

Проілюструємо з точки зору діяльнісного підходу до навчання один із можливих напрямків застосування пропонуваного модуля під час формування в учнів поняття рівноприскореного (рівнозмінного) руху та його основних характеристик.

Після демонстрацій рухів візка за різних значень мас тягарців учитель звертає увагу учнів на графічні залежності його швидкостей від часу (рис. 6) та задає питання:

– Чи була швидкість візка сталою протягом усіх його рухів?

– За якою математичною залежністю змінювалась швидкість візка в усіх випадках?

Після відповідей учнів учитель дає означення рівноприскореного руху та звертає увагу учнів на те, що продемонстровані рухи візка є його прикладом. Потім вчитель задає наступне питання:

– У якому випадку швидкість візка змінювалась найшвидше?

Отримавши відповіді учнів, учитель зауважує, що, оскільки у різних випадках швидкість тіла може змінюва-

тись по-різному, то необхідно ввести фізичну величину, яка б характеризувала стрімкість цієї зміни. Надалі варто вербально сформулювати поняття прискорення, як фізичної величини, та запропонувати учням самим висловити припущення про те, який вигляд повинні мати формула для знаходження прискорення та рівняння зміни швидкості з часом для рівноприскороного руху. Як свідчить практика, одержані на екрані графічні залежності ефективно сприяють пошуковій діяльності учнів.

Вчитель також може запропонувати учням висловити припущення про те який вигляд мають графіки залежності прискорень від часу та переконатись у правильності своїх здогадок після відповідної демонстрації (рис. 7).

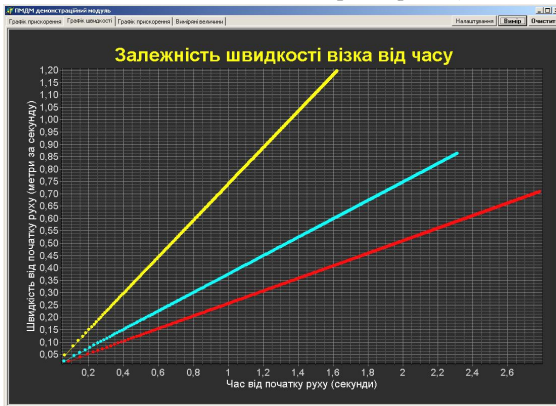


Рис. 6

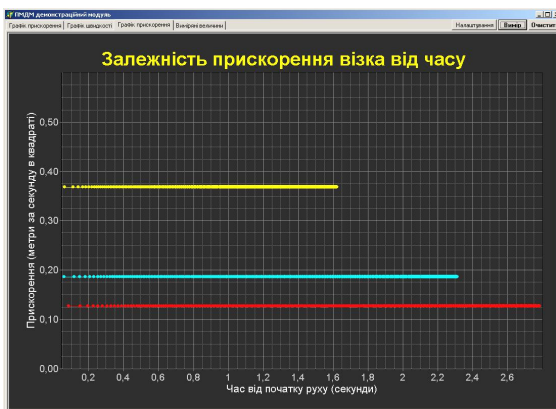


Рис. 7

Подальше вивчення закономірностей рівноприскороного руху передбачає з'ясування залежності шляху тіла від часу. Безумовно, використання демонстрації цієї графічної залежності (рис. 8) можна досить ефективно використати на уроці, активуючи пошукову діяльність учнів.



Рис. 8

Зауважимо, що вказаний демонстраційний модуль забезпечений спеціальною програмою, яка визначає й значення певних кінематичних і динамічних характеристик під час руху візка під дією тягарця (рис. 9).

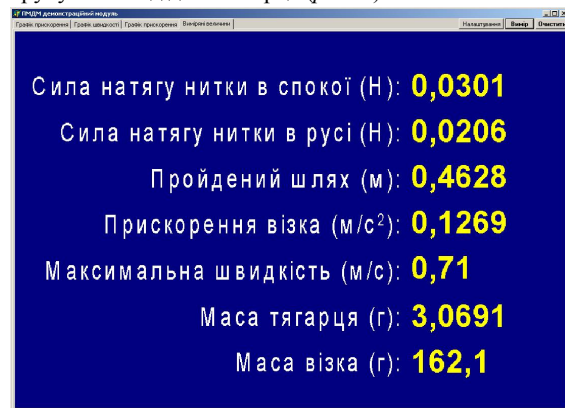


Рис. 9

Отже, в залежності від навчальної мети вчитель може за допомогою пропонованої установки продемонструвати:

- графічну залежність значень прискорення, швидкості та переміщення тіла від часу у випадку рівноприскороного руху;
- залежність прискорення тіла сталої маси від діючої на нього сили;
- залежність прискорення тіла від його маси за сталої діючої сили;
- залежність зміни імпульсу тіла від імпульсу діючої на нього сили;
- закон збереження механічної енергії

Отримані результати та наочні графіки процесів дозволяють створити передумови для ефективного засвоєння учнями закономірностей не лише рівнозмінного руху, а й другого закону Ньютона, теореми про зміну імпульсу тіла, закону збереження механічної енергії тощо.

Попередні випробовування розробленого вимірювального модуля та складеної програми підтвердили їх ефективність. Пропонована установка пройшла практичну апробацію в Рівненському обласному ліцеї-інтернаті та в Рівненському природничо-математичному ліцеї «Елітар» і отримала позитивні відгуки викладачів фізики. Запропоновані методи опрацювання інформації є досить дієвими і дозволяють практично реалізувати дешевий та надійний технічний засіб навчання фізики не лише під час демонстрацій, а й у випадку постановки експериментальних задач та організації фізичного практикуму.

Використання цієї установки у навчальному процесі, на нашу думку, значно сприятиме розумінню учнями суті фундаментальних механічних закономірностей та різних видів руху.

Список використаних джерел:

1. Демонстрационный эксперимент по физике в старших классах средней школы. Т. 1 / Под ред. А.А. Покровского; пераб. – М. Просвещение, 1972.
2. Основы методики преподавания физики в средней школе / Г. Разумовский, А.И. Бугаев. Под ред. А.В. Перышкина и др. – М.: Просвещение, 1984.

This article describe the functional principals of demonstration module for measuring, computing and displaying time-depend mechanical values. Also, the ways of practical usage of this devise was analyzed.

Key words: computer, demonstration, experiment, studies of physics.

Отримано: 6.09.2009