

Scientific journal
PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION
Has been issued since 2013.

ISSN 2413-158X (online)
ISSN 2413-1571 (print)

Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
Видається з 2013.



<http://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/>

Величко С.П., Ткаченко В.М. Поєднання навчального експерименту із сучасними засобами інформаційно-комунікаційних технологій на прикладі аналізу коливального руху тягарця на пружині. Фізико-математична освіта. 2018. Випуск 1(15). С. 158-162.

Velichko S., Tkachenko V. Association Of Educational Experiment And Of Modern Means Of Information And Communication Technologies At The Example Of The Analysis Of The Oscillating Motion Of The Spring With The Load. Physical and Mathematical Education. 2018. Issue 1(15). P. 158-162.

УДК 372.853

С.П. Величко¹, В.М. Ткаченко²

Центральноукраїнський державний педагогічний університет
імені Володимира Винниченка, Україна

¹spvelychko@gmail.com, ²tkachenkovn2@gmail.com

DOI 10.31110/2413-1571-2018-015-1-028

ПОЄДНАННЯ НАВЧАЛЬНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ ІЗ СУЧАСНИМИ ЗАСОБАМИ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ПРИКЛАДІ АНАЛІЗУ КОЛИВАЛЬНОГО РУХУ ТЯГАРЦЯ НА ПРУЖИНІ

Анотація. Стаття присвячена актуальній проблемі подальшого впровадження інформаційно-комунікаційних технологій у навчальний фізичний експеримент. Розглянуто процес створення стробоскопічної версії коливального руху тягарця на пружині через обробку відповідних відео версій. Для створення відео і стробоскопічних версій лабораторних робіт з фізики можна використовувати звичайні смартфони і планшети або інші бюджетні гаджети. Залучення студентів до процесу створення відео і стробоскопічних версій лабораторних робіт, в свою чергу, сприяє індивідуалізації та інтенсифікації навчального процесу, розвитку творчої активності студентів, поліпшенню засвоєння матеріалу та прискоренню отримання інформації для навчальних цілей.

Порівняно невелика швидкість зміни кадрів бюджетних відео й фото камер накладає обмеження на жорсткості використовуваних пружин і маси тягарців. Для створення чіткої відео версії, придатної для подальшого перетворення її в стробоскопічну версію, мінімальний період коливальних рухів тягарця на пружині не має перебільшувати близько 0.5 секунди.

Показано варіант отримання емпіричної формули періоду коливальних рухів тягарця на пружині. Проілюстровано варіант експериментального отримання закону коливального руху тягарця на пружині із аналізу стробоскопічної версії.

Запропонований метод ілюстративного доведення гармонічного характеру руху тягарця на пружині доцільно використовувати як альтернативний або як той, який доповнює загальноприйнятий теоретичний метод.

Стробоскопічна версія коливального руху тягарця на пружині дає можливість підвищити точність експерименту, а також може бути використана для візуалізації хвильових процесів.

За допомогою стробоскопічних версій навчальних експериментів можна створювати експериментальні завдання, які можуть бути використані при вивченні різних розділів курсу фізики.

Звертається увага на те, що стробоскопічні версії довільної лабораторної роботи, так же як і коливального руху тягарця на пружині, можуть бути перетворені в формат GIF, який підтримує зображення анімації. Анімація може бути подана у вигляді циклу.

Відзначена можливість використання запропонованої стробоскопічної версії в навчальному процесі при поясненні нового матеріалу, в якості підготовчого етапу до проведення реального експерименту та для порівняльного аналізу з ним.

Ключові слова: експеримент; коливання; стробоскопічна версія; інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ), навчальний комплекс.

Постановка проблеми. Стрімке зростання ІКТ на початку XXI століття дало можливість ширше використовувати надання відеоінформації у навчальному процесі. Зокрема, у викладанні фізики, з'явилися нові поняття: відеофрагменти, відеоролики експериментів, відео та стробоскопічні версії лабораторних (реальних) та електронних (віртуальних) робіт [1], [2].

Під засобами ІКТ у форматі даного дослідження, згідно з [3], розуміються засоби інформаційно-комунікаційних технологій, які необхідні для системи освіти:

- технічні засоби (комп'ютери, мультимедійні проектори, цифрові прилади для відеофіксації: фото або відео камери, смартфони, планшети тощо);

- програмні засоби (прикладне програмне забезпечення [4], у тому числі й навчального призначення);
- засоби для під'єднання і роботи в мережі Інтернет;
- методичне забезпечення стосовно використання засобів інформаційно-комунікаційних технологій в освіті;

Зростання рівня ІКТ-компетентності студентів дозволяє підготувати такі матеріали самостійно, а особливо це набирає значущості для студентів, що у майбутньому мріють стати вчителями. При такому підході ті, хто навчаються, не лише не позбавляються чуттєвого досвіду, а й додають до нього навички роботи з використанням засобів ІКТ. При цьому можна використовувати смартфони, наявні майже у кожного студента. А це, згідно вимог до засобів ІКТ, забезпечує мінімум витрат матеріальних ресурсів на досягнення поставлених цілей і виконання обов'язкових умов безпеки та сумісності [3]. Проте використання засобів ІКТ у навчальному процесі має бути поєднаним з набуттям чуттєвого досвіду, зокрема з навчальним експериментом, що використовує реальні прилади й обладнання.

Із піраміди засвоєння знань [5], отриманої за результатами психолого-фізіологічних досліджень, випливає необхідність перетворення студента або взагалі будь-кого того, хто навчається, із пасивного об'єкта в активний суб'єкт навчання. А це можливо лише за умови впровадження в освітній процес нових сучасних особистісно-орієнтованих технологій навчання. Саме залучення суб'єкта до співрозмірної з його силами активної пізнавально-пошукової діяльності може призвести до високого рівня засвоєння знань та відповідного їх усвідомлення. Тож, в ідеалі, система навчального фізичного експерименту, яка достатньо чітко конкретизована у дослідженні Величка С. П. [6], має охоплювати всі теми й розділи фізики, що вивчаються в навчальному закладі.

Аналіз актуальних досліджень. Питанням впровадження засобів ІКТ у навчальний процес присвячені роботи таких зарубіжних дослідників, як: Р. Вільямс, Г. Клейман, С. Пейперт, а також вітчизняних вчених, зокрема, П. С. Атаманчук, В. Ю. Биков, С. П. Величко, М. І. Жалдак, Ю. О. Жук, О. І. Ляшенко та інші.

Мета статті. Специфіка навчального фізичного експерименту, як і всього освітнього процесу, полягає в тому, що він безперервно зазнає змін.

Традиційно при вивченні коливальних рухів математичного маятника і тягарця на пружині закон, за яким відбувається коливальний рух, знаходять теоретично, внаслідок розв'язування відповідного диференціального рівняння другого порядку. А експериментальне підтвердження отриманого закону коливального руху проводять шляхом його порівняння з рівномірним рухом матеріальної точки по колу.

Ми пропонуємо варіант отримання закону коливального руху тягарця на пружині внаслідок проведення відповідних експериментальних досліджень та їх аналізу засобами ІКТ, а саме через аналіз серії відповідних відео версій.

Тож метою статті є демонстрація можливості аналізу коливального руху тягарця на пружині засобами ІКТ.

Виклад основного матеріалу. На прикладі стробоскопічної версії дослідження коливального руху тягарця на пружині покажемо можливий варіант поєднання навчального експерименту із сучасними засобами ІКТ, що дає підставу говорити про своєрідний комп'ютеризований навчальний комплекс для дослідження коливальних і хвильових процесів (у цій статті з метою отримання емпіричної формули періоду коливальних і закону коливальних рухів).

Пропонований навчальний комплекс, крім зазначених у постановці проблеми технічних засобів, засобів ІКТ, ППЗ навчального призначення, має охоплювати і реальне обладнання (штатив лабораторний з муфтою і лапкою, демонстраційний метр, набір тягарців по 100 г, набір пружин з відомим коефіцієнтом жорсткості, слайди із зображенням експериментальних точок відхилення тягарця на пружині від положення рівноваги з плином часу, слайд тригонометричної функції у вигляді (4)).

Як переконає апробація та експериментальна перевірка цього комплексу в лабораторіях ДВНЗ «Донбаський державний педагогічний університет», запропоновану версію доцільно запроваджувати у навчальний процес на підготовчому етапі до виконання реального експерименту та / або для порівняльного аналізу з ним та під час виконання фронтальної лабораторної роботи чи в ході пояснення нового матеріалу як з курсу фізики, так і з інших природничих і технічних дисциплін. Він дозволяє у формі циклічної анімації показати в динаміці особливості коливального руху тягарця на пружині, а також при відповідному доопрацюванні запропонувати серію експериментальних завдань і вправ творчого характеру чи лабораторні роботи для вивчення різних розділів з курсу фізики та природничих дисциплін.

За цих обставин дослідження пропонуємо виконувати на основі таких міркувань.

Спостерігаючи за коливальним рухом тягарця на пружині (або на підставі вивчення послідовності серії слайдів), звертаємо увагу на те, що він циклічно повторюється через певний проміжок часу. Час, за який відбувається один цикл коливального руху, протягом якого система знову приходить до того ж самого стану, називається періодом. З'ясовуємо, від яких фізичних величин залежить період коливальних рухів тягарця на пружині. Експериментальна перевірка вказує на незалежність періоду коливальних рухів тягарця на пружині від величини амплітуди в межах пропорційності відновлювальної сили пружини відхиленню x . Коливальна система складається із пружини, яка характеризується коефіцієнтом жорсткості k та тягарця, який характеризується масою m . Тож перевіряємо залежність періоду коливальних рухів тягарця на пружині саме від цих величин.

Фото системи, що складається з двох однакових пружин з коефіцієнтами жорсткості $k_1 = k_2 = 6,25 \text{ Н/м}$, та двох тягарців з масами $m_1 = m_2 = 0,1 \text{ кг}$ показано на рис. 1.

Визначаємо експериментально період коливальних рухів тягарця масою $m_a = 0,1 \text{ кг}$ на пружині з коефіцієнтом жорсткості $k_a = 3,125 \text{ Н/м}$ (див. рис. 1 (а)). Він має значення $T_a = 1,15 \text{ с}$. Збільшуємо вдвоє масу тягарця $m_b = 2m_a = 0,2 \text{ кг}$, а коефіцієнт жорсткості пружини залишаємо незмінним $k_b = k_a = 3,125 \text{ Н/м}$ (див. рис. 1 (б)).

У цьому випадку період коливальних рухів буде мати значення $T_b = 1,61 \text{ с}$. При збільшенні вдвоє коефіцієнта жорсткості пружини $k_c = 2k_a = 6,25 \text{ Н/м}$, і незмінному значенні маси тягарця $m_c = m_a = 0,1 \text{ кг}$ (див. рис. 1 (в)), період коливальних рухів системи стає рівним $T_c = 0,81 \text{ с}$.

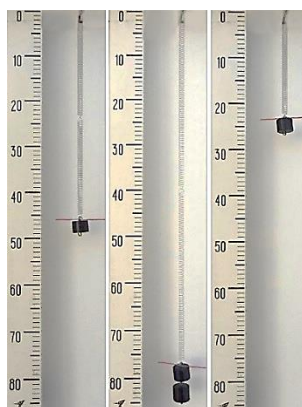


Рис. 1. Тягарець на пружині у стані рівноваги

(а) – коефіцієнт жорсткості пружини $k = 3,125$ Н/м; маса тягарця $m = 0,1$ кг.

(б) – коефіцієнт жорсткості пружини $k = 3,125$ Н/м; маса тягарця $m = 0,2$ кг.

(в) – коефіцієнт жорсткості пружини $k = 6,25$ Н/м; маса тягарця $m = 0,1$ кг.

Із виконаних дослідів робимо наступні висновки.

1. При збільшенні маси тягарця в n разів і незмінному значенні коефіцієнта жорсткості пружини, період коливань системи збільшується в \sqrt{n} разів.

2. При збільшенні коефіцієнта жорсткості пружини в n разів і незмінному значенні маси тягарця, період коливань системи зменшується в \sqrt{n} разів.

Експериментальна похибка, при цьому, не перевищує 1%. Ці результати дають підстави записати формулу періоду коливань тягарця масою m на пружині з коефіцієнтом жорсткості k у вигляді:

$$T = C \cdot \sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow C = T \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad (1)$$

де C – деяка константа, значення якої знайдемо із результатів наведених вище дослідів.

У межах експериментальної похибки, яка в нашому дослідженні рівна 2,5%, маємо:

$$C = 2\pi. \quad (2)$$

Із (1) і (2) отримуємо емпіричну формулу періоду коливань тягарця на пружині:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}. \quad (3)$$

Знайдемо тепер експериментально закон, за яким відбувається коливальний рух тягарця на пружині. Для цього використаємо відео двох циклів коливань тягарця масою $m = 0,2$ кг на пружині з коефіцієнтом жорсткості $k = 3,125$ Н/м (див. рис. 1 (б)). Монтаж відео коливального руху тягарця на пружині проводився за допомогою програми Sony Vegas Pro [4]. Стробоскопічну версію цього руху (частину кадрової розгортки відео) наведено на (рис. 2). Тривалість всієї версії становить 46 кадрів. У кадровій розгортці цього відео знайдемо кадр, що відповідає моменту початку руху тягарця від положення найбільшого відхилення. Це зафіксовано на кадрі № 1 (див. рис. 2 К 1). Для того щоб простежити зв'язок між коливальним рухом тягарця на пружині і поширенням хвилі в пружному середовищі, використовуємо не всі кадри кадрової розгортки, а кожен третій: К1, К4, К7, К10, К13, К16, К19, К22, К25, К28, К31, К34, К37, К40, К43, К46 (див. рис. 2).

За допомогою кадрової розгортки відео побудуємо графік експериментальної залежності відхилення тягарця від положення рівноваги з плином часу $x(t)$ (дискретні точки на рис. 3). Із графіка визначаємо $T = 1,61$ с, $A = 2,15 \cdot 10^{-2}$ м.

Ця залежність схожа на графік тригонометричної функції виду $x = A \cos \alpha$. Для порівняння цих графіків приведемо, отриману нами, експериментальну залежність до вигляду:

$$x = A \cdot \cos 2\pi \frac{t}{T} \quad (4)$$

де $T = 1,61$ с – період коливань тягарця на пружині; $A = 2,15 \cdot 10^{-2}$ м – їх амплітуда. Тобто ми нормували аргумент функції (4) до радіанної міри так само, як і для функції $x = A \cos \alpha$ з періодом 2π , адже t/T показує, яка частина періоду пройшла від початку коливань (суцільна крива на рис. 3). Порівнюючи експериментальну залежність $x(t)$ з графіком тригонометричної функції (4), маємо досить задовільне їх співпадіння (див. рис. 3). Отже експериментальні точки узгоджуються з теоретичною кривою – косинусоїдою.

Коливання, при яких зміни фізичних величин відбуваються за законом косинуса або синуса (гармонічним законом), називаються гармонічними коливаннями. Тож коливання тягарця на пружині є гармонічними і вони будуть такими доти, поки деформація пружини підпорядковується закону Гука. Зазначимо, що гармонічність коливань математичного маятника зумовлена тим, що його лінійне відхилення від стану рівноваги пропорційне куту відхилення. При великих відхиленнях воно пропорційне синусу кута, і коливання вже не будуть гармонічними.

Отже, гармонічні коливання у загальному випадку можна задати тригонометричною функцією такого вигляду:

$$x = A \cdot \sin \Phi, \quad (5)$$

де Φ – визначає значення фізичної величини в даний момент часу і називається фазою коливання.

На момент початку відліку часу ($t = 0$) фаза дорівнює початковій фазі.

Тоді, якщо починати відлік часу з моменту проходження тягарцем стану рівноваги, початкова фаза дорівнюватиме нулю, а коли починати відлік часу з моменту найбільшого зміщення тягарця від стану рівноваги, початкова фаза дорівнюватиме, наприклад, $+\pi/2$ або $-\pi/2$.

Тож коливання тягарця на пружині, подані за допомогою стробоскопічної версії реального фізичного досліду (див. рис. 2), і проаналізовані за допомогою відповідних засобів ІКТ, ППЗ навчального призначення, можна задати тригонометричною функцією (5) із початковою фазою $+\pi/2$, а запропонований метод ілюстративного доведення гармонічного характеру руху тягарця на пружині доцільно використовувати як альтернативний або як той, який доповнює загальноприйнятий теоретичний метод.

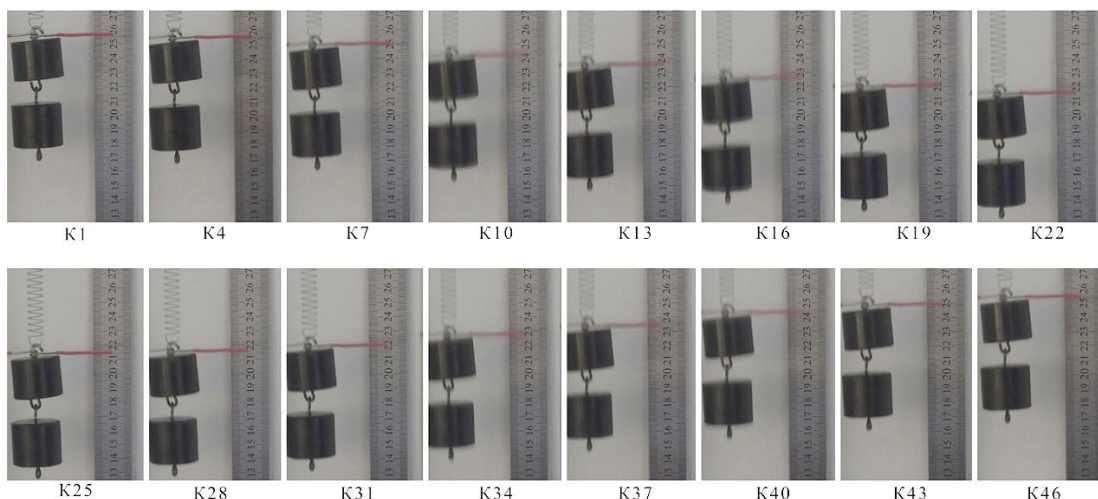


Рис. 2. Стробоскопічна версія одного періоду коливального руху тягарця на пружині. Коефіцієнт жорсткості пружини $k=3,125$ Н/м; маса тягарця $m=0,2$ кг. K1, K4, K7, K10, K13, K16, K19, K22, K25, K28, K31, K34, K37, K40, K43, K46 – фото відповідного номера кадру.

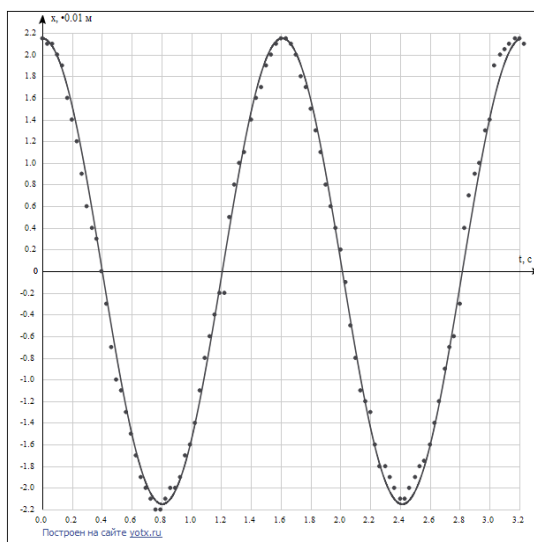


Рис. 3. Графік залежності відхилення тягарця від положення рівноваги з плином часу: дискретні точки – експеримент; суцільна крива – приведений графік тригонометричної функції у вигляді (4).

Висновки. Продемонстрований альтернативний теоретичному – експериментальний варіант із використанням засобів ІКТ вивчення коливальних рухів тягарця на пружині дозволяє отримати емпіричну формулу періоду коливань і закон, за яким відбувається коливальний рух. Стробоскопічна версія коливального руху тягарця на пружині дає можливість підвищити точність експерименту, а також може бути використана для візуалізації хвильових процесів.

Зауважимо, що стробоскопічну версію будь-якого (реального або віртуального) фізичного експерименту можна перетворити у формат GIF, що дозволяє в динаміці демонструвати, зокрема, характерні особливості коливального руху тягарця на пружині, статичні картини якого подано на рис. 2.

Крім цього, за допомогою стробоскопічних версій лабораторних робіт та / або інших навчальних експериментів, варто створювати експериментальні задачі, пропонувати індивідуальні експериментальні завдання і навчальні проекти, які можуть бути використані під час вивчення різних розділів курсу фізики та інших природничих дисциплін, урізноманітнюючи навчальну діяльність студента.

Список використаних джерел

1. Черкасова Л. И. Использование видеoverсий лабораторных работ по физике в учебном процессе.. Современные технологии обучения: материалы 6-й международной конференции Ч.2. Санкт–Петербург, 2000. С. 202-203.
2. Ткаченко В. М., Черевань Є. О. Стробоскопічна версія лабораторної роботи для визначення прискорення вільного падіння.. Молодь і ринок: щомісячний науково-педагогічний журнал. 2017. № 6 (149). С. 22-26.
3. Биков В. Ю. Засоби інформаційно-комунікаційних технологій єдиного інформаційного простору системи освіти України: монографія / [В. В. Лапінський, А. Ю. Пилипчук, М. П. Шишкіна та ін.]; за наук. ред. В. Ю. Бикова. Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України. Київ: Педагогічна думка, 2010. 160 с.
4. Бычков М. SONY VEGAS PRO – ПРОГРАММА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВИДЕО. URL: <https://videomile.ru/lessons/read/sony-vegas-pro.html> (дата обращения: 28.02.2018).
5. Атаманчук П. С. Теоретичні і практичні основи управління процесами становлення майбутнього вчителя фізико-технологічного профілю.. Зб. Наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. 2016. Вип. 22. С. 7-15.
6. Величко С. П. Развитие системы навчального эксперимента та обладнання з фізики у середній школі: науково-методичне видання. Кіровоград, 1998. 302 с.

References

1. Cherkasova L. I. Ispol'zovaniye videooversiy laboratornykh rabot po fizike v uchebnom protsesse. [The use of video versions of laboratory work in physics in the educational process] // Sovremennyye tekhnologii obucheniya. Materialy 6-y mezhdunarodnoy konferentsii CH.2. Sankt–Peterburg, 2000. pp. 202 – 203. (in Russian).
2. Tkachenko V. M., Cherevan Ye. O. Stroboskopichna versiia laboratornoi roboty dlia vyznachennia pryskorennia vilnoho padinnia [Stroboscopic version of the laboratory work to determine the acceleration of free fall] // Molod i rynek: shchomisiachnyi naukovo-pedahohichnyi zhurnal. 2017. № 6 (149). Pp. 22 – 26. (in Ukrainian).
3. Bykov V. Yu. Zasoby informatsiino-komunikatsiinykh tekhnolohii yedynoho informatsiinoho prostoru systemy osvity Ukrainy [Means of information and communication technologies of the unified information space of the Ukrainian education system] // monohrafiia / [V. V. Lapinskyi, A. Yu. Pylypchuk, M. P. Shyshkina ta in.]; za nauk. red. V. Yu. Bykova. Instytut informatsiinykh tekhnolohii i zasobiv navchannia NAPN Ukrainy. Kyiv: Pedahohichna dumka, 2010. Pp. 160. (in Ukrainian).
4. Bychkov M. SONY VEGAS PRO – PROGRAMMA DLYa SOZDANIYa VIDeO! [SONY VEGAS PRO – a program for creating VIDEO!]. [Electronic resource]. – Access mode: <https://videomile.ru/lessons/read/sony-vegas-pro.html> (date of circulation: 28.02. 2018).
5. Atamanchuk P. S. Teoretychni i praktychni osnovy upravlinnya protsesamy stanovlennya maybutn'oho vchytelya fizyko-tekhnolohichnoho profilyu. [Theoretical and practical bases of management of the processes of formation of the future teacher of the physical and technological profile]. // Zb. Naukovykh prats' Kam'yanets'-Podil's'koho natsional'noho universytetu imeni Ivana Ohiyenka. 2016. Vyp. 22. Pp. 7-15. (in Ukrainian).
6. Velychko S. P. Rozvytok systemy navchalnoho eksperymentu ta obladnannia z fizyky u serednii shkoli [Development of the system of educational experiment and equipment for physics in secondary school]: naukovo-metodychne vydannia. Kirovograd, 1998. 302 p. (in Ukrainian).

ASSOCIATION OF EDUCATIONAL EXPERIMENT AND OF MODERN MEANS OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES AT THE EXAMPLE OF THE ANALYSIS OF THE OSCILLATING MOTION OF THE SPRING WITH THE LOAD

Stepan Velichko, Volodymyr Tkachenko

Central Ukrainian State Pedagogical University named after Vladimir Vinnichenko, Ukraine

Abstract. The article is devoted the problem of further implementation of information and communication technologies in the educational physical experiment. The process of creating a stroboscopic version of the oscillatory movement of the sinkers in the spring through the processing of the corresponding video versions. To create a video and stroboscopic versions of laboratory works on physics you can use the regular smart phones and tablets or other budget gadgets. Attracting students to the process of creating video and stroboscopic versions of laboratory works, in turn, contributes to the individualization and intensification of educational process, development of creative activity of students, improve learning and accelerate information for training purposes.

A relatively small frame rate budget video and photo camera imposes limitations on the stiffness of the springs and mass of the weights. To create a clear video versions suitable for further transformation of it in the stroboscopic version, the minimum period of oscillation of weights on the spring does not have to exaggerate about 0.5 seconds.

Illustrates the case of obtaining the empirical formula of the oscillation period weights on the spring. Illustrated version of the pilot receiving the law of oscillatory movement of the sinkers in the spring with the analysis of the stroboscopic version.

The proposed method is illustrative evidence of the harmonious character of movement of the sinkers in the spring it is expedient to use as an alternative or as one that complements standard theoretical method.

Stroboscopic version of the oscillatory movement of the sinkers in the spring gives you the opportunity to improve the accuracy of the experiment, and can also be used for visualization of wave processes.

Using stroboscopic versions of teaching experiments to create experimental tasks that can be used when studying the various sections of the physics course.

Draws attention to the fact that the stroboscopic version of the arbitrary laboratory work, as well as oscillatory movement of the sinkers in the spring, can be converted to the GIF format that supports image animations. The animation can be presented in the form of a loop.

The application of the proposed stroboscopic version in the educational process when explaining new material, as a preparatory phase to conduct a real experiment and for comparative analysis with him.

Key words: experiment; oscillations; stroboscopic version; information and communication technologies (ICT); educational complex.