

УДК 372.853+37-042.4:004
DOI 10.5281/zenodo.12165949

А. В. Рябко

ORCID ID 0000-0001-7728-6498

В. С. Толмачов

ORCID ID 0000-0002-4674-8677

О. В. Ігнатенко

ORCID ID 0000-0003-4892-1821

Глухівський національний педагогічний
університет імені Олександра Довженка

МОБІЛЬНЕ НАВЧАННЯ У ШКІЛЬНОМУ ФІЗИЧНОМУ ЕКСПЕРИМЕНТІ

Метою цієї статті є вивчення можливостей використання мобільного навчання у шкільному експерименті з фізики. Мобільне навчання (*m-learning*) представляє собою форму навчання, при якій учні користуються смартфонами та планшетами для отримання знань і навичок. Завдяки *m-learning*, учні можуть отримати персоналізований досвід, адаптований під їхні потреби, уподобання та цілі. У статті детально розглядаються можливості використання мобільних телефонів для фізичних експериментів, оскільки сучасні мобільні пристрої обладнані різноманітними датчиками для вимірювання фізичних величин. Вивчаються перспективи використання мобільних технологій для фізичних експериментів, зокрема застосування програми *Rhurox* для вимірювання різних фізичних параметрів. На прикладі експерименту затухаючих коливань у електричному коливальному LC-контурі розглядається методика проведення навчального експерименту з використанням програми *Rhurox*. Теоретично обґрунтовано використання магнітного датчика телефону для вимірювання індукції магнітного поля. Розглядається вибір обладнання і матеріалів для експерименту, зокрема котушок індуктивності та конденсаторів. Надається послідовність виконання роботи та інструкції з техніки безпеки. Методи дослідження включають аналіз науково-методичної літератури та навчальних застосунків для мобільних пристроїв, а також педагогічний експеримент. Критеріями оцінки ефективності експериментальних умінь учнів на уроках фізики є точність вимірювань, дотримання процедур, аналіз та інтерпретація даних, використання технічних засобів та творчий підхід. Експериментальна перевірка розробленої методики із застосуванням мобільної технології *Rhurox* для розвитку експериментальних навичок учнів у процесі вивчення фізики підтверджує її ефективність і рекомендована для впровадження в навчальний процес. Перспективи подальших досліджень бачимо в удосконаленні методики проведення навчального фізичного експерименту із застосуванням мобільного телефона.

Ключові слова: мобільне навчання, смартфон, дослід, фізика, вимірювання, експеримент, фізика, *Rhurox*.

Постановка проблеми. Мобільне навчання (*m-learning*) – це форма навчання, коли учні використовують свої смартфони та планшети для отримання нових знань і навичок. Учні можуть читати підручники, складати тести та проходити онлайн-курси, використовуючи свої телефони та Інтернет у будь-який час і в будь-якому місці. Це допомагає покращити взаємодію та отримати нові знання.

Особливий інтерес викликають потенціальні можливості смартфонів в освітньому процесі з точки зору їх апаратного комплектування, додаткового обладнання та програмного забезпечення для проведення експериментів з природничих наук, зокрема, фізики. Сучасні мобільні телефони, що стали неодмінною частиною нашого щоденного життя, оснащені різноманітними датчиками, призначеними для вимірювання фізичних величин.

Аналіз актуальних досліджень. Смартфони як експериментальні інструменти (SET) пропонують широкі можливості для фізичної освіти, оскільки їхні вбудовані

датчики дозволяють проводити багато різних вимірювань [1, 3, 2, 4]. У наукових роботах останніх років можна помітити зростання інтересу до застосування смартфонів в освітньому процесі з фізики. Розглядаються такі аспекти, як безперервність навчання та оптимальне використання часу на уроках [8].

Дробін А.А. аналізує потенціал смартфонів для освітнього процесу, враховуючи їх апаратне забезпечення, додаткове обладнання та програмне забезпечення. Надається приклад визначення апаратного забезпечення гаджета, зокрема внутрішніх датчиків, за допомогою звичайної сервісної програми – датчикера [5].

Мацюк В.М. і Приймак І.М. підкреслюють, що у необхідно здійснити відбір мобільних технологій, які сприятимуть оптимізації навчального процесу з фізики в сучасних умовах. Проте важливо пам'ятати, що фізика є наукою про нескінченно великий та захопливий світ, який не обмежується екраном смартфона. При проведенні будь-яких досліджень та експериментів слід віддавати перевагу лабораторному експерименту, а не його онлайн-симуляціям [7].

Ляшенко О.І., і Терещук С.І досліджували впровадження мобільної технології в шкільну практику для розвитку інформаційно-цифрової компетентності учнів з використанням застосунку Plickers. Автори зазначають, що швидкий розвиток інформаційно-комунікаційних технологій створює позитивні умови для запровадження мобільного навчання в школі [6].

Мета статті. Мета статті полягає в ретроспективному аналізі та системному висвітленні можливостей використання смарт-технологій мобільного навчання для здійснення навчальних фізичних експериментів у школі. У статті буде зосереджено увагу на застосуванні мобільних застосунків, спрямованих на вимірювання різних фізичних величин, як засобів оптимізації та збагачення навчального процесу з фізики.

Виклад основного матеріалу. Мобільні телефони, які стали невід'ємною частиною нашого повсякденного життя, обладнані різноманітними датчиками, які можна використовувати для вимірювання фізичних величин. Однією з таких інновацій, яка значно вплинула на наш підхід до експериментального навчання, є *Phyphox* – універсальний мобільний застосунок, який перетворює мобільні пристрої на потужні інструменти для проведення фізичних експериментів.

Phyphox представляє новаторський підхід в експериментальній фізиці завдяки використанню можливостей смартфонів. Традиційно учні використовують спеціалізоване лабораторне обладнання для проведення фізичних експериментів, але при дистанційному навчанні це стало практично неможливо. *Phyphox* долає ці обмеження, пропонуючи економічно ефективну та доступну альтернативу. Крім того, *Phyphox* сприяє дистанційному навчанню, що є важливою особливістю сучасного динамічного освітнього середовища.

Розглянемо деякі конкретні експерименти.

У експерименті із дослідження LC-кола із котушкою та конденсатором для вимірювання магнітного поля котушка повинна мати низький опір і високу індуктивність. Такі котушки використовуються в аудіосистемах (0).

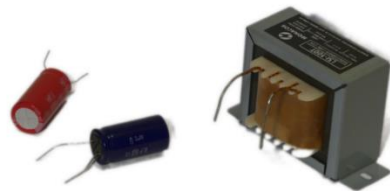


Рис. 1. Конденсатори і котушка індуктивності

Обладнання, яке потрібно: смартфон (з додатком *Phyphox* і магнітними датчиками); котушка з низьким опором і високою індуктивністю; конденсатори від 470 мкФ до 22 000 мкФ; акумулятор (9В) або блок живлення.

Конденсатор заряджається за допомогою батареї або джерела живлення, а потім розряджається через котушку індуктивності. Телефон кладуть на котушку (вісь z магнітометра спрямована «всередину» осердя котушки).

Магнітометр телефонів досить чутливий, оскільки він призначений для вимірювання магнітного поля Землі та виконує роль компаса. Магнітний сенсор можна знайти приблизно за допомогою намагніченого цвяха (якщо використовується сильний магніт, сенсор дуже швидко насичується).

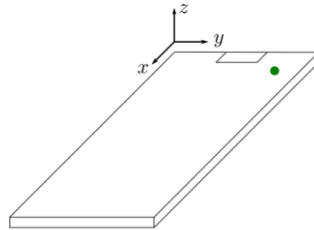


Рис. 2. Осі смартфона з приблизним розташуванням магнітного датчика (зелена позначка)

Після зарядки конденсатора акумулятором його підключають до котушки, а магнітне поле вимірюють смартфоном. Амплітуда магнітного поля пропорційна коливальному струму в контурі, що призводить до виникнення затухаючих коливань магнітного поля котушки:

$$B(t) \propto I(t) = e^{-\beta t} \left(\left(-\frac{Q_0 \beta^2 + I_0 \beta}{\omega} + Q_0 \omega \right) \cdot \sin(\omega t) - I_0 \cos(\omega t) \right). \quad (1)$$

де $\beta = \frac{R}{2L} = \frac{1}{\tau}$, опір R кола, індуктивність L , початковий заряд Q_0 , константа затухання τ і частота коливань ω .

Частота дискретизації магнітного датчика в смартфоні становить або 50 Гц, або 100 Гц для більшості смартфонів. Згідно з теоремою дискретизації Найквіста–Шеннона, щоб уникнути аліасінгу (спотворення сигналу під час його дискретизації), частота дискретизації повинна бути принаймні вдвічі більшою за найвищу частоту сигналу в системі. Отже, якщо частота дискретизації магнітного датчика в смартфоні становить 50 Гц, то максимальна частота сигналу, яку він може коректно виявляти, буде 25 Гц (50 Гц/2). Такі коливання дає видимий графік у *Phyphox* якщо $\tau \geq 0,002$ с, а краще, якщо $\tau \geq 0,001$ с.

Ці значення вимагають фіксованих характеристик котушки та конденсатора. Зокрема, котушка повинна мати високу індуктивність (що вимагає великої кількості обмоток і сердечника з високою магнітною проникністю), одночасно маючи дуже низький опір. Як зазначалося, такі котушки можна знайти в аудіотоварах. Котушки, які використовуються в цій установці, мають опір від 0,17 Ом до 2,5 Ом та індуктивність від 10 мГн до 30 мГн. Низька інтенсивність магнітного поля не є проблемою, оскільки датчик смартфона призначений для вимірювання магнітного поля землі з магнітною індукцією близько 50 мкТл.

Ємність вибирається таким чином, щоб частота коливань була достатньо високою, але дозволяла отримати чіткий графік. У нашому експерименті використовувалися ємності від 22 мФ до 470 мкФ. Конденсатор заряджається від акумулятора (9 В). Потім він одразу підключається до котушки – без проводів, щоб зменшити загальний опір установки до мінімуму.

Щоб виміряти магнітне поле, найкраще помістити смартфон на котушку так, щоб фактичний датчик знаходився в центрі одного полюса (тобто одна вісь датчика була дотичною до ліній поля). Тоді для вимірювання можна використовувати лише вертикальну вісь (вісь z). У всіх смартфонах вісь z перпендикулярна екрану.

За допомогою *Phyphox* (0) можна отримати графіки затухаючих коливань магнітного поля у котушці.

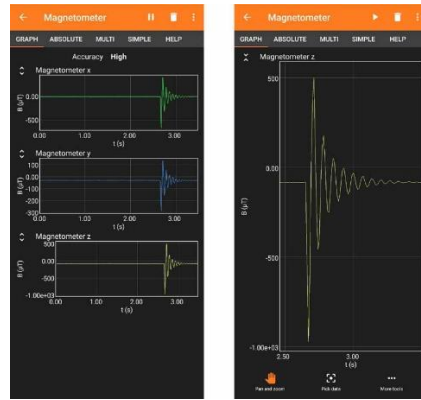


Рис. 3. Затухаючі коливання вектору магнітної індукції

Експериментальне завдання для учнів може мати наступну структуру.

Проводиться інструктаж з техніки безпеки. Оголошується мета роботи: вивчити коливання магнітного поля в LC контурі за допомогою смартфона та програми Phyrphox. Хід виконання роботи складається з етапів: 1) З'єднайте індуктивність, конденсатор, резистор, вимикач послідовно, щоб утворити LC-контур. 2) Переконайтесь у правильному з'єднанні проводів. 3) Підключіть схему до джерела живлення, щоб зарядити конденсатор. 4) Відкрийте програму Phyrphox. 5) Натисніть «Експеримент» у програмі Phyrphox – «Магнітне поле». 6) Розташуйте смартфон близько до котушки індуктивності. 7) Запустіть вимірювання в Phyrphox. 8) Спостерігайте та запишіть коливання магнітного поля. 9) Виконайте вимірювання через різні інтервали часу та відстані від індуктора. 10) Зупиніть вимірювання у Phyrphox. 11) Проаналізуйте зібрані дані. Знайдіть закономірності у коливаннях магнітного поля. 12) Обговоріть зв'язок між величиною індуктивності, ємності, опору і спостережуваними коливаннями магнітного поля. 13) Розглянути залежність відстані від котушки та інтервалу часу вимірювань. 14) Зробити висновок.

Для перевірки ефективності розробленої методики застосування мобільних застосунків у шкільному фізичному експерименті був проведений педагогічний експеримент. Критеріями оцінки ефективності експериментальних умінь учнів на уроках фізики були: 1) точність вимірювань; 2) дотримання процедур; 3) аналіз та інтерпретація даних; 4) використання технічних засобів; 5) творчий підхід учня. Для вимірювання ефективності експериментальних умінь учнів використовувалася 100-бальна шкала, яка дозволила врахувати різноманітні аспекти експериментальних умінь учнів і забезпечила можливість більш деталізованого та об'єктивного оцінювання. Результати роботи учнів були оцінені за допомогою анкет, спостережень вчителя та обговорень.

У експерименті брали участь учні 10 класів. Розглядалися 2 різні класи (контрольний і експериментальний) для порівняння результатів. Учні у контрольному класі використовували віртуальні симулятори фізичних дослідів, учні у експериментальному класі досліди виконували із застосуванням телефону із застосунком Phyrphox.

Аналіз результатів і статистична обробка здійснювалася із застосуванням критерію Манна-Уїтні, який добре підходить для аналізу невеликих вибірок. Оскільки розміри вибірки невеликі, і існує підозра, що розподіл вибірки не є нормальним, ми вирішили виконати U-тест Манна-Уїтні, щоб визначити, чи є статистично значуща різниця між результатами вимірювання ефективності експериментальних умінь учнів контрольної та експериментальної груп. Для вибірки A сума рангів дорівнює $\Sigma RA = 104$. Для вибірки B сума рангів становить $\Sigma RB = 196$ (табл. 1).

Таблиця 1

Результати оцінювання ефективності експериментальних умінь учнів

Набрані бали в контрольній групі	Набрані бали в експериментальній групі	Контрольна група (ранги)	Експериментальна група (ранги)
76	68	17	16
34	80	6	20
45	45	8	7
67	81	15	21
56	96	11	24
29	58	4	12
80	55	19	10
24	45	3	9
13	96	2	23
11	66	1	14
33	87	5	22
66	78	13	18
		$\Sigma R_A = 104$	$\Sigma R_B = 199$
		$U_A = 118$	$U_B = 26$

Таким чином, критерій Манна-Уїтні U дорівнює 26. Критичне значення U -критерію Манна-Уїтні для заданої кількості порівнюваних груп становить 37, $26 \leq 37$, тому відмінності в рівні ознаки в порівнюваних групах є статистично достовірними ($p < 0,05$). Це свідчить про те, що показники в контрольній групі систематично нижчі, ніж в експериментальній. Отже, експериментальна перевірка розробленої методики із застосуванням мобільної технології Phurphox для розвитку експериментальних навичок учнів у процесі вивчення фізики довела її ефективність і рекомендована до впровадження в навчальний процес.

Висновки та перспективи подальших наукових розвідок. Мобільне навчання є інноваційним рішенням, яке прокладає шлях до майбутнього, де практичне експериментальне навчання не обмежується лабораторіями, а стає доступним для кожного учня зі смартфоном.

Означений підхід із застосуванням мобільної технології Phurphox для розвитку експериментальних навичок учнів у процесі вивчення фізики дозволив нам систематично оцінити ефективність використання мобільного навчання у шкільному фізичному експерименті та отримати об'єктивні дані для подальшого вдосконалення методики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Goncharenko, T., Yermakova-Cherchenko, N., Anedchenko, Y. (2020). Experience in the use of mobile technologies as a physics learning method. CEUR Workshop Proceedings.
2. Hochberg, K., Kuhn, J., Müller, A. (2018). Using smartphones as experimental tools – effects on interest, curiosity, and learning in physics education. *Journal of Science Education and Technology*, 27, 385–403.
3. Malchenko, S. L., Tsarynnyk, M. S., Poliarenko, V. S., Berezovska-Savchuk, N. A., Liu, S. (2021). Mobile technologies providing educational activity during classes. In *Journal of physics: Conference series*, 1946, (1), 10–12.
4. Nuryantini, A. Y., Yudhiantara, R. A. (2019). The Use of Mobile Application as a Media in Physics Learning. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, 5(1), 72–83.
5. Дробін, А. А. (2019). Використання ресурсів смартфона в освітньому процесі з фізики. Наукові записки Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: Педагогічні науки, 177(1), 147–151. (Drobin, A. A. (2019). The use of smartphone resources in the educational process of physics. *Scientific notes of the Central Ukrainian State Pedagogical University named after Volodymyr Vinnichenko. Series: Pedagogical Sciences*, 177(1), 147–151).

6. Ляшенко, О. І., Терещук, С. І. (2019). Застосування мобільної технології Plickers у процесі навчання фізики. Інформаційні технології і засоби навчання, 70(2), 59–70. (Lyashenko, O.I., Tereshchuk, S.I. (2019). Application of Plickers mobile technology in the process of teaching physics. Information technologies and teaching aids, 70(2), 59–70).
7. Мацюк, В. М., Приймак, І. М. (2022). Мобільні технології як засіб навчання на уроках фізики. Підготовка майбутніх учителів фізики, хімії, біології та природничих наук в контексті вимог Нової української школи, 1, 221–223. (Matsyuk, V. M., Pryimak, I. M. (2022). Mobile technologies as a means of learning in physics lessons. Training of future teachers of physics, chemistry, biology and natural sciences in the context of the requirements of the New Ukrainian School, 1, 221–223).
8. Мисліцька, Н. А., Колесникова, О. А., Семенюк, Д. С., Заболотний, В. Ф. (2020). Дидактичний потенціал технології мобільного навчання. Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми, 55, 62–69. (Myslitska, N. A., Kolesnikova, O. A., Semenyuk, D. S., Zabolotny, V. F. (2020). Didactic potential of mobile learning technology. Modern information technologies and innovative teaching methods in training specialists: methodology, theory, experience, problems, 55, 62–69).

Riabko A. V., Tolmachov V. S., Ignatenko O. V. Mobile learning in the school physics experiment.

This article aims to explore the potential applications of mobile learning in a high school physics experiment. Mobile learning (m-learning) is an educational approach wherein students utilize smartphones and tablets to acquire knowledge and skills. Through m-learning, students can access a personalized learning experience that caters to their individual needs, preferences, and objectives. The article thoroughly investigates the utilization of mobile phones for conducting physical experiments, given the advanced sensors integrated into modern mobile devices for measuring various physical quantities. The study delves into the possibilities of employing mobile technologies in physical experiments, specifically examining the application of the Phyphox program for measuring diverse physical parameters. Using the example of an experiment involving damped oscillations in an electric oscillating LC circuit, the article discusses the methodology for conducting an educational experiment with the Phyphox program. The theoretical justification for utilizing the phone's magnetic sensor to measure magnetic field induction is presented. The article also discusses the selection of equipment and materials for the experiment, including inductors and capacitors, along with providing a step-by-step work sequence and safety instructions. Research methods employed encompass an analysis of scientific and methodological literature, as well as educational applications for mobile devices, coupled with a pedagogical experiment. The evaluation criteria for students' experimental skills during physics lessons include the precision of measurements, adherence to procedures, analysis and interpretation of data, utilization of technical tools, and a creative approach. Experimental validation of the developed methodology, employing Phyphox mobile technology for enhancing students' experimental skills in the study of physics, confirms its effectiveness and recommends its implementation in the educational process. Future research prospects lie in refining the methodology for conducting educational physics experiments using mobile phones.

Key words: m-learning, smartphone, experiment, physics, natural sciences, measurement, experiment, physics, Phyphox.