

УДК 004:37.091.33

**Терещук Сергій Іванович**

кандидат педагогічних наук, доцент, професор кафедри фізики і астрономії та методики їх викладання  
Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, Умань, Україна

*s.i.tereschuk@udpu.edu.ua*

ORCID: 0000-0002-1084-5838

**Колмакова Віра Олексіївна**

старший викладач кафедри інформатики і інформаційно-комунікаційних технологій  
Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, Умань, Україна

*kolmakova@udpu.edu.ua*

ORCID: 0000-0001-5414-0939

## ВИКОРИСТАННЯ ДАВАЧІВ МОБІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ФІЗИЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

**Анотація.** В статті розглянуто поняття «давач», («сенсор», «датчик») в системі шкільного фізичного експерименту. Обґрунтовано можливість застосування давачів на уроках фізики: перетворення вхідного сигналу у вихідний супроводжується перетворенням одного виду енергії в інший (згідно закону збереження енергії), а робота давачів заснована на фізичних явищах (фізичних ефектах або принципах), які описуються відповідними фізичними законами. В статті розглянуто методичні аспекти застосування мобільного додатку Google Science Journal на уроках фізики. Вказаний додаток дозволяє використовувати давачі мобільного пристрою для проведення фізичного експерименту. Як приклад розглянуто фронтальну лабораторну роботу «Визначення періоду коливань математичного маятника». Запропоновано методику її проведення за двома варіантами: перший передбачає традиційну техніку і методику проведення експерименту, а другий підхід — із застосуванням мобільного додатку Google Science Journal. В статті показано, що застосування давачів смартфонів на уроках фізики має перспективи в контексті STEM-освіти. Таким чином, використання розглядуваного додатку є на часі і потребує подальших науково-методичних досліджень щодо застосування його в системі шкільного фізичного експерименту у старшій школі. Мобільний додаток Science Journal може бути використаний для підключення зовнішніх давачів, що матиме позитивний вплив для впровадження STEM-освіти та використання Arduino при демонстрації фізичних дослідів учителем фізики. Підключення давачів з використанням мікроконтролера Arduino є особливо перспективним в проведенні творчих лабораторних робіт з фізики.

**Ключові слова:** мобільне навчання; мобільні пристрої; сенсори; давачі; вимірювання фізичних величин; Google Science Journal (Науковий журнал); фізичний експеримент; STEM-освіта.

### 1. ВСТУП

#### **Постановка проблеми.**

Існують різні способи використання персонального комп'ютера як засобу навчання на уроках фізики: як засіб мультимедіа; як засіб використання спеціального програмного забезпечення або педагогічних програмних засобів (ППЗ); як засіб використання хмарних технологій та веб-орієнтованих технологій. При вивченні фізики комп'ютер використовують також для вимірювання фізичних величин через підключення відповідних давачів — тиску, вологості, температури, динамометра тощо.

З появою «розумних телефонів» склалась аналогічна ситуація, коли смартфони або планшетні комп'ютери можуть бути засобами мобільного навчання і водночас засобами вимірювання фізичних величин. Обидва способи використання мобільних пристроїв в навчальному процесі є перспективними і цікавими з точки зору методичної науки. Використання датчиків пов'язують із робототехнікою, що є одним із засобів STEM-освіти

*ISSN: 2414-0325. Open educational e-environment of modern University, special edition (2019)*

[14], [18]. Отже, дослідження даної теми є сповна актуальним. В статті мова піде саме про другий спосіб — використання вбудованих в смартфон сенсорів для вимірювання фізичних величин.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблеми мобільного навчання досліджували В.Ю. Биков [2], М.А. Кислова, С.О. Семеріков, К.І. Словак [10], Д.В. Борисенко [3], М.І. Стрюк, А.М. Стрюк [19], Крістофер Кейс (Christopher Keyes), Ронні Х. Шрофф (Ronnie H. Shroff), Уоррен Лінгер (Warren Linger) [20] та інші.

Проблему використання інформаційних технологій у процесі навчання фізики досліджували С.П. Величко [4], М.В. Головка [7], І.В. Сальник [16], В.Ф. Заболотний [12] та інші.

**Невирішені аспекти проблеми.** Аналіз літературних джерел [2], [10], [19], [20] засвідчив, що використання мобільних пристроїв у шкільній практиці та вищій школі набуває все більшої актуальності, тому розробка відповідних методик застосування апаратних можливостей вказаних пристроїв є на часі. Якщо використання персональних комп'ютерів та відповідних сенсорів в системі шкільного фізичного експерименту активно та результативно досліджуються [4], [5], [7], [12], [16], то застосування давачів мобільних пристроїв на уроках фізики потребує вивчення саме в контексті техніки та методики проведення фізичного експерименту.

## 2. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Сенсори використовують в наукових дослідженнях, телеметрії, системах автоматизованого керування та в багатьох галузях виробництва. В загальному розумінні, давач (або датчик, сенсор) - це перетворювач вимірюваної фізичної величини у величину, яку зручно надалі перетворювати та передавати [8], [9]. Давач (сенсор [13], [15]) являє собою елемент вимірювального засобу, який перетворює входні фізичні величини у вихідний сигнал у зручній для передавання формі з наступним зберіганням та використанням його у системах керування [8]. Перетворення входного сигналу у вихідний супроводжується перетворенням одного виду енергії в інший (згідно закону збереження енергії), а робота давачів заснована на фізичних явищах (фізичних ефектах або принципах), які описуються відповідними фізичними законами. Відомо, що для побудови різних давачів використовується близько 500 фізичних ефектів [8]. Так, давач Холла заснований на «ефекті Холла»: при розміщенні в магнітному полі деякого провідника з постійним струмом, в цьому провіднику виникає поперечна різниця потенціалів. Інші фізичні явища (ефекти), що покладені в основу роботи різних давачів: зовнішній фотоефект, поглинання світла, поляризація діелектриків, магніторезистивний ефект, магнітострикція та інші [6], [11]. Отже, використання сенсорів в системі шкільного фізичного експерименту є цікавим та перспективним відносно методики навчання фізики.

Давачем також називають конструктивно завершений прилад, що являє собою засіб вимірювання, який розміщується в процесі вимірювання в зоні досліджуваного об'єкту та виконує функцію вимірювального перетворювача [11], [20]. Далі розглядатимемо давачі, які відносяться до класу вимірювальних перетворювачів, оскільки функціонально дозволяють вимірювати фізичні величини. За видом входних і вихідних величин вимірювальні перетворювачі поділяють на чотири підкласи [8]:

1. Електричних величин в електричні.
2. Неелектричних величин в неелектричні.
3. Електричних величин в неелектричні.
4. Неелектричних величин в електричні.

*ISSN: 2414-0325. Open educational e-environment of modern University, special edition (2019)*

До четвертого класу відносяться сенсори мобільних пристроїв (також частково до першого класу). Сучасний смартфон оснащений кількома датчиками. П'ять найбільш поширених сенсорів, що використовуються у більшості моделей смартфонів:

- Акселерометр (Accelerometer).
- Гіроскоп (Gyroscope Sensor).
- Сенсор освітленості (Light Sensor).
- Сенсор наближення (Proximity Sensor).
- Сенсор магнітного поля (Magnetic Field Sensor).

Це далеко неповний перелік сенсорів, які використовуються в різних моделях смартфонів та планшетних комп'ютерах. Подекуди використовують також датчик температури, датчик Холла, барометр та інші. Цілком зрозуміло, що лише наявність датчиків в смартфоні не перетворює його у засіб вимірювання фізичних величин, оскільки конструктивно вказані датчики мають інше цільове призначення, визначене виробником. Наприклад, акселерометр — датчик для вимірювання лінійного прискорення рухомого тіла відносно трьох осей координат. На рис. 1 зображено акселерометр, який використовується для підключення до мікроконтролера Arduino. Натомість акселерометр, який вбудований в мобільний пристрій, має менші розміри, хоча принцип роботи аналогічний. Отримані дані датчика мобільного пристрою збираються та обробляються за допомогою мікроконтролера або SoC<sup>1</sup>. Призначення акселерометра — визначати положення телефону в просторі і, наприклад, перемикає орієнтацію екрану девайса. Зазвичай, конструктивно акселерометр працює в парі із гіроскопом — електромеханічним датчиком, що фіксує кут нахилу телефону відносно осі симетрії апарату. Також гіроскоп дозволяє здійснювати оптичну стабілізацію камери та створювати панорамні фотознімки. Датчик світла (Light Sensor) призначений для регулювання яскравості дисплея відповідно до навколишнього освітлення і являє собою напівпровідник чутливий до потоку фотонів.

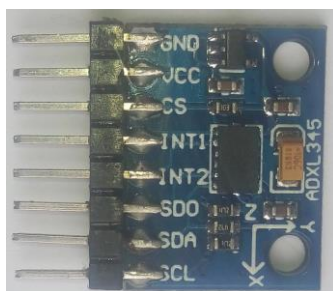


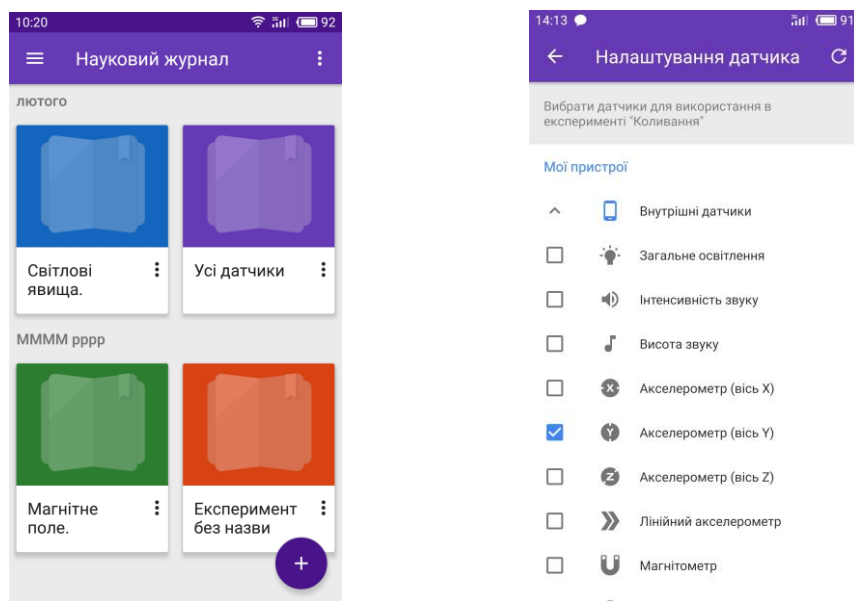
Рис. 1. Зовнішній вигляд 3-х осевого акселерометра ADXL345. У правому нижньому куті вказано напрям осей X, Y і Z.

Отже, вказані датчики виконують певні функції, конструктивно передбачені виробником. Для того, аби їх використати для вимірювання фізичних величин, необхідно на смартфон встановити спеціальне програмне забезпечення. Таким мобільним застосунком, який дозволяє використати смартфон в якості вимірювального засобу шляхом залучення його сенсорів і датчиків, є Google Science Journal (Науковий журнал). Мобільний додаток Science Journal (рис. 2 а) надає інструментарій для вимірювання фізичних величин за допомогою датчиків телефону. Доступні такі внутрішні датчики

<sup>1</sup> SoC (англ. System-On-a-Chip) - компонування електронної схеми, яка вміщує функціональні складові цілого пристрою на одній мікросхемі. Зокрема цифрові датчики являють собою «систему на кристалі».

ISSN: 2414-0325. Open educational e-environment of modern University, special edition (2019)

смартфону: освітлення, інтенсивність звуку, висота звуку, акселерометр (окремо за осями X, Y, Z), магнітометр, компас (рис. 2 б). Водночас за допомогою цього додатку можна через Bluetooth підключати зовнішні давачі. Це відкриває широкі можливості з проведення STEM орієнтованих занять. Наприклад, Науковий журнал дозволяє отримати доступ до давачів підключених до Arduino, а результати вимірювань за допомогою датчиків цього мікроконтролера передаватимуться через Bluetooth та виводитись на екран мобільного пристрою.



а)

б)

Рис. 2. Інтерфейс мобільного додатку Науковий журнал (Google Science Journal)

Розглянемо методичні особливості застосування даного додатку для проведення фронтальної лабораторної роботи «Дослідження математичного маятника» у курсі фізики 10 класу. Мета роботи — виготовлення маятника та перевірка формули Гюйгенса. Роботу проводили у два етапи. Перший етап: період математичного маятника обчислювали, скориставшись формулою Гюйгенса. Другий етап: період математичного маятника визначали, застосувавши мобільний додаток Науковий журнал [22]. Отримані результати порівнювали.

Перший етап виконували наступним чином. Виготовляли маятник: встановлювали штатив і за допомогою муфти закріплювали металевий стрижень, до якого кріпили нитку. Другий кінець нитки прив'язували до тягарця. Відхиляли маятник від положення рівноваги на 5-8 см і відпускали. Одночасно вмикали секундомір та відраховували 20

коливань. Обчислювали період коливань маятника за формулами  $T_1 = \frac{t}{N}$  та  $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ . Визначали відносну похибку  $\varepsilon = \left|1 - \frac{T_1}{T_2}\right| 100\%$ . Тричі проводили дослід, щоразу зменшуючи довжину маятника [1]. Результати заносили до таблиці 1.

Таблиця 1.

Номер досліджу	Довжина нитки $l$ , м	Кількість коливань $N$	Час коливань $t$	Період коливань $T1$	Період коливань $T2$	Відносна похибка

*ISSN: 2414-0325. Open educational e-environment of modern University, special edition (2019)*

Другий етап виконували із застосуванням мобільного застосунку Науковий журнал. Виготовляли маятник (рис. 3). Спочатку переконувались, що під час коливань смартфон не обертається навколо власної осі.

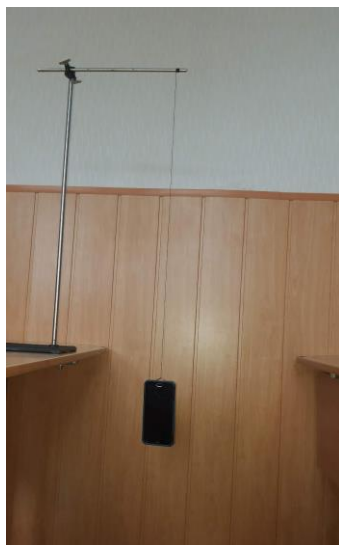


Рис. 3. Математичний маятник із смартфоном в якості важка

Також намагались уникати коливань (погойдувань) корпусу смартфона відносно його центру мас. Цього можна досягти, якщо перед початком коливань смартфон буде надійно зафіксовано в кількох точках.

Перед початком коливань вмикали Науковий журнал. В налаштуваннях обирали сенсор акселерометр за однією з осей. При виборі осі, слід врахувати, що 3-х осьовий акселерометр фіксує прискорення тіла за трьома осями X, Y і Z (Рис.1). Напрямок осей фіксований і «прив'язаний» до смартфону. Тобто, якщо змінити орієнтацію телефону у просторі, то відповідно змінюватиметься також орієнтація відповідних осей (Рис. 4).

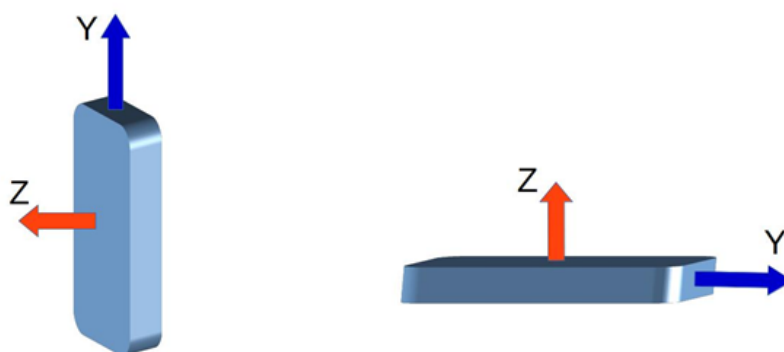


Рис. 4. Орієнтація осей Z та Y акселерометра смартфона

Враховуючи вищесказане, для проведення дослідів із математичним маятником, обирали акселерометр за віссю Y (Рис. 2б). Відхиляли смартфон приблизно на  $30^{\circ}$ . Вмикали запис дослідів і відпускали смартфон. Після 20 коливань зупиняли запис дослідів і в результаті отримували графік (Рис. 5а). Учні переконувались, що коливання



ISSN: 2414-0325. Open educational e-environment of modern University, special edition (2019)

маятника затухаючі. Учитель пояснював, що слід обрати ділянку графіку так, щоб амплітуда була приблизно однаковою. Цю ділянку «вирізули» (Рис. 5 б).

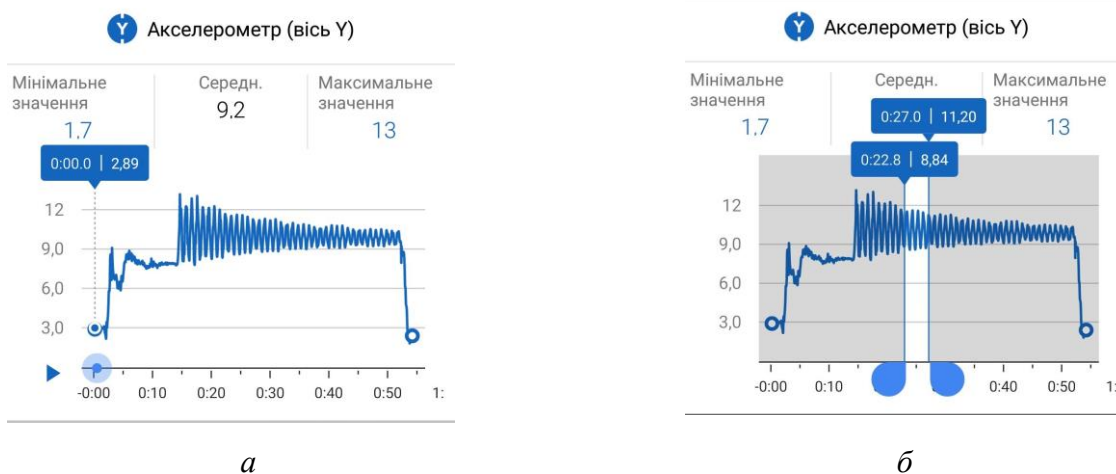


Рис. 5. Результати вимірювань прискорення математичного маятника

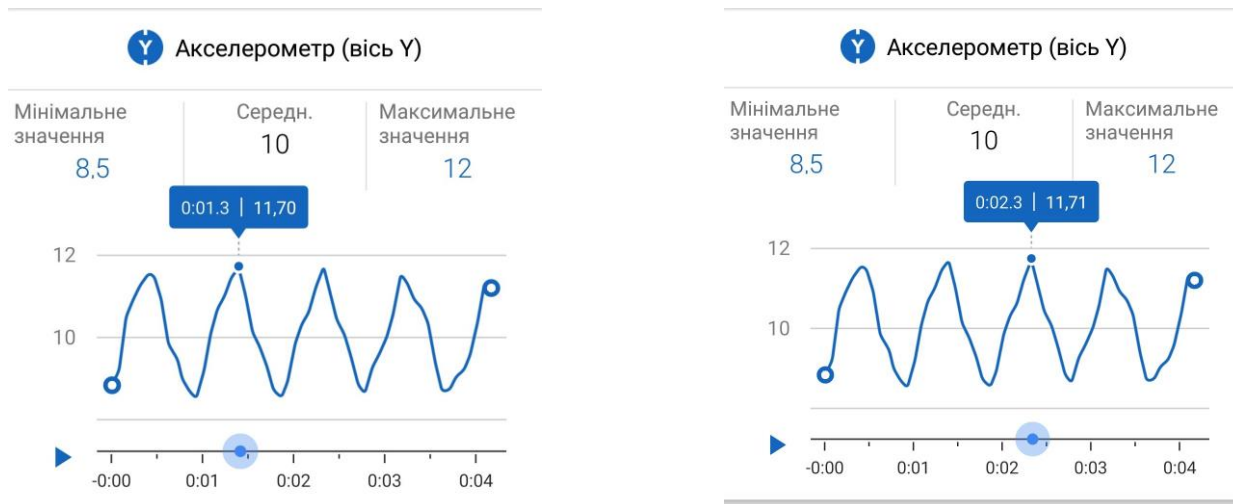


Рис. 6. Графік залежності зміни модуля прискорення від часу. На осі ординат значення прискорення; на осі абсцис значення часу у хвиликах в форматі [хв:сек].

Таблиця 2.

Номер досліджу	Довжина нитки $l$ , м	Різниця часу $\Delta t$ між двома сусідніми амплітудами прискорення, с	Період коливаний $T_1$ , с	Період коливаний $T_2$ , с	Середнє значення $(T_2)_c$	Відносна похибка

Визначали проміжок часу між двома сусідніми «горбами» (Рис. 6): на лівому графіку  $t_1 = 1,3$  с, на правому відповідно  $t_2 = 2,3$  с, отже  $\Delta t = t_2 - t_1 = 1$  с. Учитель пропонував учням об'єднатись у пари і дійти спільної думки щодо такого питання: як, знаючи різницю  $\Delta t$ , обчислити період коливаний математичного маятника? Після обговорення у парах, учитель методом евристичної бесіди підводив учнів до розуміння того, що період коливаний можна визначити за формулою  $T_1 = 2 \cdot \Delta t$ . Вимірювання



*ISSN: 2414-0325. Open educational e-environment of modern University, special edition (2019)*

повторювали тричі для різних довжин  $l$  підвісу маятника. Для цих самих значень  $l$  визначали період  $T_2$  за формулою Гюйгенса та відносну похибку  $\varepsilon = \left| 1 - \frac{T_1}{T_2} \right| \cdot 100\%$ . Результати вимірювань заносили до таблиці 2 та порівнювали дані двох експериментів.

### 3. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Використання давачів мобільного пристрою для проведення фізичних експериментів буде ефективним за умови використання учителем мобільного додатку Google Science Journal.

2. Google Science Journal має досить широкі можливості і дозволяє реалізувати фізичні експерименти в рамках фізичного практикуму та проведення фронтальних лабораторних робіт, навчальних проєктів для учнів тощо. Отже, використання Science Journal на уроках фізики є досить перспективним саме в системі шкільного фізичного експерименту.

3. Перспективним є використання мобільного додатку Science Journal у підключенні зовнішніх давачів, що матиме позитивний вплив для впровадження STEM-освіти. Так, існує можливість підключення давачів з використанням мікроконтролера Arduino.

Станом на сьогодні Science journal працює лише з деякими платами Arduino. Зокрема із платою Arduino 101, яка побудована на контролері Intel Curie, що працює на частоті 34 МГц. В контролері знаходиться 196 Кб програмної та 24 Кб оперативної пам'яті [21]. Цього цілком достатньо для розробки електронних пристроїв та проведення фізичних експериментів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бар'яхтар В.Г., Божинова Ф.Я. Фізика. 10 клас. Академічний рівень: Підручник для загальноосвіт. навч. закладів. Х.: Видавництво «Ранок», 2010. 256 с.
2. Биков В. Ю. Мобільний простір і мобільно орієнтоване середовище інтернет-користувача: особливості модельного подання та освітнього застосування. Інформаційні технології в освіті. 2013. №17. С. 9–37.
3. Борисенко Д. В. Використання мобільних додатків при розробленні дизайн-продукту у навчанні майбутніх фахівців з дизайну. Інформаційні технології і засоби навчання. 2018. Т. 68, №6. С.47–63.
4. Величко С. П., Сальник І. В., Сірик Е. П. Інтегрований навчальний експеримент з квантової оптики та атомної фізики: посібник для вчителів та студентів пед. вищих навч. закладів. Кіровоград, 2015. 92 с.
5. Величко С.П., Шульга С.В. Комп'ютерно-орієнтовані засоби підтримки самостійної діяльності студентів у навчанні квантової фізики. Інформаційні технології і засоби навчання. 2018. Т. 65, №3. С. 103-114.
6. Вимірювальні перетворювачі (сенсори): підручник. Ванько В. М. та ін.; ред.: Є. С. Поліщук, В. М. Ванько. Львів, 2015. 580 с.
7. Головка М.В. Генеза впровадження інформаційно-комунікаційних технологій у фізичній освіті: від комп'ютерної підтримки навчання до формування ключових і предметних компетентностей. Інформаційні технології і засоби навчання. 2015. Т. 45, №1. С. 1– 11.
8. Датчики: справочное пособие. под общ. ред. В.М. Шарапова, Е.С. Полищука. Москва: Техносфера, 2012. 624 с.
9. Енциклопедія кібернетики: У 2-х томах. - К.: Гол. ред. УРЕ, 1973. - Т. 1. 584 с.; Т. 2. 574 с.



*ISSN: 2414-0325. Open educational e-environment of modern University, special edition (2019)*

10. Кислова М.А., Семеріков С.О., Словак К.І. Розвиток мобільного навчального середовища як проблема теорії і методики використання інформаційно-комунікаційних технологій в освіті. Інформаційні технології і засоби навчання. 2014. Т. 42, №4. С. 1-19.
11. Котюк А.Ф. Датчики в современных измерениях. Москва: Радио и связь, 2006. 96 с.
12. Лаврова А.В., Заболотний В.Ф. Підхід до організації і проведення шкільного навчального фізичного експерименту. Інформаційні технології і засоби навчання. 2015. Т. 50, № 6. С. 57-70.
13. Метрологічна термінологія. Давач чи датчик? Метрологія та прилади. 2008. № 2. С. 59–64.
14. Морзе Н.В., Гладун М.А., Дзюба С.М. Формування ключових і предметних компетентностей учнів робототехнічними засобами STEM-освіти. Інформаційні технології і засоби навчання. 2018. Т. 65, №3. С. 37-52.
15. Російсько-український словник: 160000 слів. Уклад.: І.О. Анніна, Г.Н. Горюшина, І.С. Гнатюк та ін.; За ред. д-ра філол. наук, проф. В.В. Жайворонка. К.: Абрис, 2003. 1404.
16. Сальник І.В. Інтеграція реального та віртуального навчального фізичного експерименту в старшій школі: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня. д-ра пед. наук: 13.00.02. Київ, 2016. 40 с.
17. Сафаров Г. Датчики и сенсоры современных мобильных устройств. веб-сайт. URL: <https://infocity.az/2013/07/датчики и сенсоры/>
18. Стрижак О.Є., Сліпучіна І.А., Полісун Н.І., Чернецький І.С. STEM-освіта: основні дефініції. Інформаційні технології і засоби навчання. 2017. Т. 62, № 6. С. 16–33.
19. Стрюк М.І., Семеріков С.О., Стрюк А.М. Мобільність: системний підхід. Інформаційні технології і засоби навчання. 2015. Т. 49, №5. С. 37-70.
20. C. Keyes, R. H. Shroff, W. Linger, "Addressing Design Issues In Mobile Applications Supporting Ubiquitous Learning". URL: <chrome-extension://oemmnadbldboiebfnladdacbfmadadm/https://repository.hkbu.edu.hk/cgi/viewcontent.cgi>
21. Google і Arduino представили комплект фізичної лабораторії Arduino Science. 2019. URL: <https://www.cnx-software.com>
22. Science Buddies Staff. "Swing Low: Investigate the Motion of a Pendulum." Science Buddies, 30 June 2018. URL: [https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/Phys\\_p016/physics/pendulum-motion?utm\\_source=googlesciencejournallanding&utm\\_campaign=GSJ&utm\\_medium=referral](https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/Phys_p016/physics/pendulum-motion?utm_source=googlesciencejournallanding&utm_campaign=GSJ&utm_medium=referral).

## **USE OF MOBILE DEVICE SENSORS TO CONDUCT THE PHYSICAL EXPERIMENT**

### **Sergii Tereschuk**

PhD of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Physics and Astronomy and Methods of Teaching

Pavlo Tychyna State Pedagogical University, Uman, Ukraine

[s.i.tereschuk@udpu.edu.ua](mailto:s.i.tereschuk@udpu.edu.ua)

ORCID: 0000-0002-1084-5838

### **Vira Kolmakova**

Senior teacher of the Department of Computer Science, Information and Communication Technologies

Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University, Uman, Ukraine

[kolmakova@udpu.edu.ua](mailto:kolmakova@udpu.edu.ua)

ORCID: 0000-0001-5414-0939



*ISSN: 2414-0325. Open educational e-environment of modern University, special edition (2019)*

**Abstract.** The concept of "sensor" in the system of physical experiment at school is considered in the article. The possibility of using sensors in physics lessons is substantiated: transformation of an input signal into an output is accompanied by transformation of one type of energy into another (according to the law of conservation of energy), and the functioning of the sensors are based on physical phenomena (physical effects or principles), which are described by the relevant physical laws. The article deals with the methodical aspects of using the Google Science Journal mobile application in physics lessons. This application allows you to use the sensors of your mobile device for a physical experiment. As an example we consider the frontal laboratory work "Determination of the period of oscillation of the mathematical pendulum". The method of its carrying out is offered in two approaches: the first one involves the traditional technique of conducting the experiment, and the second approach is using the mobile application Google Science Journal. The article shows that the use of smartphone sensors in physics lessons has perspectives in the context of STEM education. Thus, the use of the considered application is of current importance and requires further scientific and methodological research on its use in the high school physical experimentation system. The Science Journal mobile application can be used to connect external sensors, which will have a positive impact on the introduction of STEM education, and to use Arduino in the demonstration of physical experiments by a physics teacher. Connecting sensors using an Arduino microcontroller is particularly promising in creative lab work on physics.

**Keywords:** mobile learning; mobile devices; sensors; measurement of physical quantities; Google Science Journal; physical experiment; STEM education

#### REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Bar'jakhtar, V. Gh. & Bozhynova F.Ja. (2010). Physics. Grade 10. Academic level: Tutorial for general education. teach establishments H: Publishing House «Ranok», 256 p. (in Ukrainian)
2. Bykov, V. Ju. (2013). Mobile space and mobile-oriented Internet environment: features of model presentation and educational application. *Informacijni tekhnologhiji i zasoby navchannja*, 17, 9–37. (in Ukrainian)
3. Borysenko, D.V. (2018). Using mobile applications when designing a product design for future design professionals. *Informacijni tekhnologhiji i zasoby navchannja*, Vol. 68, 6, 47–63. (in Ukrainian)
4. Velychko, S.P., Saljnyk, I.V. & Siryk E.P. (2015). Integrated learning experiment on quantum optics and atomic physics. A guide for teachers and students of pedagogy. higher educators establishments. Kirovograd: COP «Avanghard», 92 p. (in Ukrainian)
5. Velychko, S.P. & Shuljgha, S.V. (2018). Computer-oriented means of supporting students' independent activity in the training of quantum physics. *Informacijni tekhnologhiji i zasoby navchannja*, Vol. 65, 3, 103-114 (in Ukrainian)
6. Measuring transducers (sensors) (2015). A textbook. V. M. Vanjko, Je. S. Polishhuk, M. M. Dorozhovecj, V.O. Jacuk, Ju. V. Jacuk; edit: Je. S. Polishhuk, V. M. Vanjko; University «Ljviv. politehnika», Lviv, 580 p. (in Ukrainian)
7. Gholovko, M.V. (2015). The Genesis of the Implementation of Information and Communication Technologies in Physical Education: from Computer-Aided Learning to the Formation of Key and Subjective Competencies. *Informacijni tekhnologhiji i zasoby navchannja*, Vol. 45, 1, 1–11 (in Ukrainian)
8. Sensors: Reference Guide (2012). Under total ed. V.M. Sharapova, E.S. Polyshhuka. Moscow: Technosphere, 624 p. (in Russian)
9. Encyklopedija kibernetiky (1973). U 2-kh tomakh. K.: Ghol. red. URE; T. 1. 584 p.; T. 574 p. (in Ukrainian)
10. Kyslova, M.A., Semerikov S.O. & Slovak K.I. (2014). Development of the mobile learning environment as a problem of theory and methodology of using information and



*ISSN: 2414-0325. Open educational e-environment of modern University, special edition (2019)*

- communication technologies in education. Informacijni tekhnologhiji i zasoby navchannja, Vol. 42, 4, 1–19. (in Ukrainian)
11. Kotjuk, A.F. (2006). Sensors in modern dimensions. M.: Radyo y svjazj, 96p. (in Russian)
  12. Lavrova, A.V. & Zabolotnyj, V.F. (2015). Approach to organizing and conducting a school physical physical experiment. Informacijni tekhnologhiji i zasoby navchannja, Vol. 50, 6, 57–70. (in Ukrainian)
  13. Metrological terminology. Does the sensor have a sensor? Metrology and Instruments (2008). Number 2, 59–64. (in Ukrainian)
  14. Morze, N.V., Gladun, M.A. & Dzjuba, S.M. (2018). Formation of key and subject competences of students by robotic means of STEM-education. Informacijni tekhnologhiji i zasoby navchannja, Vol. 65, 3, 37–52. (in Ukrainian)
  15. Russian-Ukrainian dictionary (2003). 160,000 words. Compilers: I.O. Annina, Gh.N. Ghorjushyna, I.S. Ghnatjuk etc.; Ed. Dr. philol. Sciences, prof. V.V. Zhajvoronka. K.: Abrys, 1404.
  16. Saljnyk, I.V. (2016). Integration of real and virtual learning physical experiment in high school. (Avtoreferat dysertatsii doktora pedagogichny`x nauk). National Pedagogical University named after M.P. Dragomanov, Kyiv. (in Ukrainian)
  17. Safarov, Gh. (2013). Sensors and sensors of modern mobile devices. [https://infocity.az/2013/07/датчики\\_и\\_сенсоры/](https://infocity.az/2013/07/датчики_и_сенсоры/) (in Russian)
  18. Stryzhak, O.Je., Slipukhina, I.A., Polisun, N.I. & Chernecjkyj, I.S. (2017). STEM education: basic definitions. Informacijni tekhnologhiji i zasoby navchannja, Vol. 62, 6, 16–33. (in Ukrainian)
  19. Strjuk, M.I., Semerikov, S.O. & Strjuk, A.M. (2015). Mobility: A Systemic Approach. Informacijni tekhnologhiji i zasoby navchannja. Vol. 49, 5. 37–70. (in Ukrainian)
  20. Keyes, C., Shroff, R. H. & Linger W. (2019). Addressing Design Issues In Mobile Applications Supporting Ubiquitous Learning  
[chrome-extension://oemmnadbldboiebfnladdacbdadm/https://repository.hkbu.edu.hk/cgi/viewcontent.cgi](chrome-extension://oemmnadbldboiebfnladdacbdadmadadm/https://repository.hkbu.edu.hk/cgi/viewcontent.cgi)
  21. Google and Arduino introduced the Arduino Science Physical Laboratory Kit (2019). <https://www.cnx-software.com>
  22. Science Buddies Staff (2018). "Swing Low: Investigate the Motion of a Pendulum." Science Buddies, October 07, 2019. [https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/Phys\\_p016/physics/pendulum-motion?utm\\_source=googlesciencejournallanding&utm\\_campaign=GSJ&utm\\_medium=referral](https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/Phys_p016/physics/pendulum-motion?utm_source=googlesciencejournallanding&utm_campaign=GSJ&utm_medium=referral).