

УДК 378.853:862

**РЯБКО Андрій Вікторович** –

кандидат педагогічних наук, старший викладач кафедри фізико-математичної освіти та інформатики Глухівського національного педагогічного університету ім. Олександра Довженка

ORCID ID [0000-0001-7728-6498](https://orcid.org/0000-0001-7728-6498)

e-mail: [ryabko@meta.ua](mailto:ryabko@meta.ua)

**ТОЛМАЧОВ Володимир Сергійович** –

кандидат технічних наук, старший викладач кафедри професійної освіти та комп'ютерних технологій Глухівського національного педагогічного університету ім. Олександра Довженка

ORCID ID [0000-0002-4674-8677](https://orcid.org/0000-0002-4674-8677)

e-mail: [tvsv-@ukr.net](mailto:tvsv-@ukr.net)

## **АВТОМАТИЗАЦІЯ УСТАНОВОК ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ З МЕХАНІКИ З ВИКОРИСТАННЯМ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОЇ ПЛАТФОРМИ ARDUINO**

**Постановка та обґрунтування актуальності проблеми.** У сучасному експерименті комп'ютер займає особливу роль. Він є універсальним інструментом дослідження, оскільки поєднує у собі функції пристрою для накопичення, збереження та обробки інформації і пристрою для управління об'єктами. Для освітніх цілей потрібні рішення, які об'єднують невеликі, недорогі апаратні модулі і програмне забезпечення у вигляді «спрощених» мов програмування, які володіють істотно більшою гнучкістю в порівнянні з графічними мовами програмування, але і не вимагають детального вивчення особливостей архітектури конкретних сімейств мікропроцесорів. Одним з найбільш вдалих представників такого класу апаратно-програмних платформ є Arduino.

У зв'язку з цим актуальним є завдання розробки сучасного комп'ютерного інтерфейсу до традиційних установок для лабораторних робіт з фізики та пошук нових, активних форм, методів і засобів навчання, які відповідали б сучасним тенденціям розвитку освіти і сприяли б підготовці високопрофесійних учителів фізики через розвиток їхньої пізнавальної активності в умовах широкого запровадження інформаційних технологій у навчальний процес з фізики, що й обумовило вибір теми статті.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На сьогодні досліджено такі аспекти: шляхи підвищення ефективності навчання з використанням інформаційних технологій (С. П. Величко [1], В. Ю. Биков, М. І. Жалдак, Ю. О. Жук, О. І. Іваницький, В. І. Клочко, Н. В. Морзе, Ю. С. Рамський, В. І. Сумський), педагогічні підходи до комп'ютеризації навчального процесу (Б. С. Гершунський, Є. І. Машбиць, І. П. Підласий, П. Б. Полянський), дидактичні властивості комп'ютерних засобів (Є. С. Полат) та ін. Використання апаратно-обчислювальної платформи Arduino в навчальному процесі з фізики досліджували А. С. Мартинюк [2], Д. В. Соменко [3].

**Мета статті.** Висвітлення результатів впровадження методики використання апаратно-обчислювальної платформи Arduino у лабораторному практикумі з механіки.

**Методи дослідження.** Використовувалися наступні методи дослідження: 1) теоретичні – аналіз технічної, науково-методичної, психолого-педагогічної літератури для обґрунтування теоретичних положень дослідження; 2) емпіричні – спостереження за навчально-виховним процесом у педагогічному ВНЗ; відбір і підготовка експериментальних завдань та інструкцій щодо їх виконання, програмного забезпечення та їх апробація у навчальному процесі; експериментальна перевірка результатів; 3) діагностичні – встановлення ефективності

методичної системи у навчанні фізики, статистичні методи обробки результатів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Під лабораторними роботами розуміють таку організацію навчального фізичного експерименту, при якій кожен учень працює з приладами чи установками.

Існує багато варіантів побудови установок для лабораторних робіт, що дозволяють здійснювати збір даних, обробку і аналіз сигналів, а також управління зовнішнім обладнанням. На практиці ми використовуємо апаратно-програмну платформу Arduino. Arduino (Ардуіно) – апаратна обчислювальна платформа для аматорського конструювання, основними компонентами якої є плата мікроконтролера з елементами введення/виведення та середовище розробки Processing/Wiring на мові програмування, що є підмножиною C/C++.

Плата Arduino складається з мікроконтролера Atmel AVR, а також елементів обв'язки для програмування та інтеграції з іншими пристроями. На багатьох платах наявний лінійний стабілізатор напруги +5В або +3,3В. Тактування здійснюється на частоті 16 або 8 МГц кварцовим резонатором. У мікроконтролер записаний завантажувач (bootloader), тому зовнішній програматор не потрібен.

У наших розробках ми використовуємо модель Arduino Nano, яка побудована на мікроконтролері Atmega328 (Arduino Nano 3.0) або Atmega168 (Arduino Nano 2.x), має невеликі розміри і може використовуватися в лабораторних роботах. Характеристики Arduino Nano наступні: мікроконтролер – Atmel Atmega168 або Atmega328; робоча напруга (логічний рівень) 5 В; вхідна напруга (рекомендується) 7-12 В; вхідна напруга (гранична) 6-20 В; цифрові входи/виходи – 14 (6 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ); аналогові входи – 8; постійний струм через вхід/вихід 40 мА; флеш-пам'ять – 16 Кб (Atmega168) або 32 Кб (Atmega328), при цьому 2 Кб використовуються для

завантажувача; ОЗП – 1 Кб (Atmega168) або 2 Кб (Atmega328); EEPROM (незалежна пам'ять) 512 байт (Atmega168) або 1 Кб (Atmega328); тактова частота – 16 МГц; розміри 1,85 см x 4,2 см.

Arduino Nano може отримувати живлення через підключення MINI-USB, або від нерегульованого 6-20 В (вихід 30), або регульованого 5 В (вихід 27), зовнішнього джерела живлення.

Можливості автоматизації установок для лабораторного практикуму з механіки з використанням апаратно-програмної платформи Arduino розглянемо на прикладі вивчення руху тіла по похилому жолобу.

Шлях, який проходить кулька, кожному наступній секунді щоразу збільшується. Знаючи шлях, пройдений кулькою за кожен секунду, ми можемо знайти середню швидкість кульки на кожній ділянці.

Можна зробити висновок, що середня швидкість кульки щосекунди зростає на однакову величину. Оскільки середня швидкість щосекунди зростає на однакову величину, то й миттєва швидкість кульки теж щосекунди буде змінюватись на однакову величину.

Рівняння шляху  $s$  для рівнозмінного руху в проекціях на деяку вісь, наприклад  $Ox$ , матиме вигляд:

$$X = X_o + v_{ox} \cdot t \pm \frac{a_x \cdot t^2}{2} \quad (1)$$

Рух кульки по похилому жолобу відбувається під дією сили тяжіння. Сила тертя ковзання, яка також діє на кульку, має іншу природу, ніж сила тертя спокою і сила тертя ковзання. В нашому досліді ми нехтуємо силою тертя ковзання.

У трубі довжиною 1 м встановлено 8 пар світлодіодів і фототранзисторів інфрачервоного діапазону. У процесі руху кулька перериває інфрачервоний промінь між світлодіодом і фототранзистором. Програма фіксує проміжок часу між двома сусідніми парами світлодіод-

фототранзистор. Таким чином, можна обчислити середню швидкість проходження кульки проміжків від 0 м до  $1/8 = 0,125$  м; від 0,125 до 0,25 м; від 0,25 до 0,375 м; від 0,375 до 0,5 м; від 0,5 до 0,625 м; від 0,625 до 0,75 м; від 0,75 до 0,875 м; від 0,875 до 1 м за допомогою формули  $v = \Delta s / \Delta t$ .



Рис.1. Установка для лабораторної роботи

Використовувалися світлодіоди L-53F3C і фототранзистори L-53P3C (рис.2). При виборі компонентів необхідно в першу чергу потрібно орієнтуватися на однаковий діапазон випромінювання.

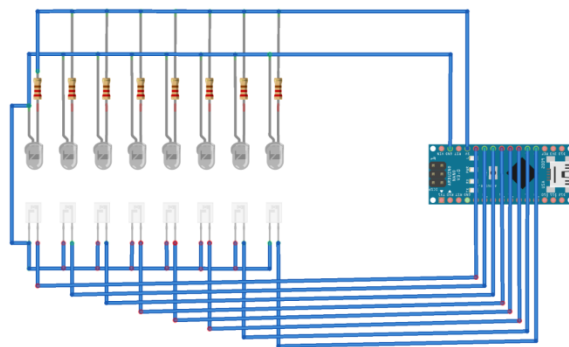


Рис.2. Макетна схема установки

Текст програми на Processing:

```
int initial_val[8];
long blink_time[8], start_time;
int treshold = 50;
boolean flag;
void setup() {
  for (int i = 0; i < 8; i++) {
    initial_val[i] = analogRead(i); }}
void loop() {
  if ( (abs(analogRead(0) - initial_val[0]) > treshold) && flag == 0) {
    flag = 1;
```

```
start_time = millis();
blink_time[0] = 0;
for (int i = 1; i < 8; i++) {
  while (1) {
    if ( abs(analogRead(i) - initial_val[i]) > treshold) {
      blink_time[i] = millis() - start_time;
      break;    }  } }
for (int i = 0; i < 8; i++) {
  Serial.println(blink_time[i]); } }
```

На етапі дослідно-експериментальної перевірки розробленої методики відбувалося вивчення методичних підходів до проведення лабораторних робіт з механіки.

Нами були розроблені методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи із використанням автоматизованої установки на основі Arduino, які надалі використовувалися у контрольній групі. Перед дослідженням постало завдання виявити відмінності між контрольною і експериментальною групою студентів за ознаками 1) рівня самостійності при виконанні завдання лабораторної роботи; 2) вміння правильно вимірювати, обчислювати та готувати звіт; 3) глибини і точності відповідей під час підсумкової бесіди. У відповідності зі структурою результату навчання студентів для оцінки відмінності між двома малими вибірками за рівнем ознаки використовувався непараметричний U-критерій Манна-Вітні. Встановлено, що студенти контрольної групи поступаються студентам експериментальної групи за рівнем всіх трьох ознак.

### **Висновки з дослідження і перспективи подальших розробок.**

Розроблена методика застосування апаратно-обчислювальної платформи Arduino у лабораторному практикумі з механіки рекомендуються до використання в процесі навчання загальної фізики і організації самостійної роботи студентів I курсів спеціальності 014.08 Середня освіта (Фізика).

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Величко С.П. Лабораторний практикум зі спецкурсу «ЕОТ в навчально-виховному процесі з фізики» : посіб. для студ. фіз.-мат. фак-ту / С.П. Величко, Д.В. Соменко, О.В. Слободяник. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2012.–176с.

2. Мартынюк А. С. Методические и технологические аспекты подготовки будущих учителей физики к использованию средств микроэлектроники в экспериментально-исследовательской работе // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 8-2. – С. 450-454; URL: <https://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=31941> (дата обращения: 19.10.2017).

3. Соменко Д. В. Використання апаратно-обчислювальної платформи Arduino в навчальному процесі з фізики: посіб. для студ. фіз.-мат. фак-тів пед. унів-тів / Д. В. Соменко. – Кіровоград: ПП «Центр оперативної поліграфії «Авангард», 2013. – 88 с.

## REFERENCES

1. Velychko S. P. Laboratornyi praktykum zi spetskursu «EOT v navchalno-vykhovnomu protsesi z fizyky» [Laboratory Workshop on the special course «ET in the educational process in physics»]: posib. dlia stud. fiz.-mat. fak-tu / S.P. Velychko, D.V. Somenko, O.V. Slobodianyuk. – Kirovohrad: RVV KDPU im. V.Vynnychenka, 2012.–176 s.

2. Martyinyuk A. S. Metodicheskie i tehnologicheskie aspektyi podgotovki buduschih uchiteley fiziki k ispolzovaniyu sredstv mikroelektroniki v eksperimentalno-issledovatel'skoy rabote [Methodological and Technological Aspects of Preparing Future Teachers of Physics for Using Microelectronics in Experimental and Research Work] // Fundamentalnyie issledovaniya. – 2013. –

№ 8 - 2. – S. 450-454; URL: <https://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=31941> (data obrascheniya: 19.10.2017).

3. Somenko D. V. Vykorystannia aparatno-obchysliuvalnoi platformy Arduino v navchalnomu protsesi z fizyky [Using Arduino board and computer platform in the physics learning process]: posib. dlia stud. fiz.-mat. fak-tiv ped. univ-tiv / D. V. Somenko. – Kirovohrad: PP «Tsentr operatyvnoi polihrafiï «Avanhard», 2013. – 88 s.

### **ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

**ТОЛМАЧОВ Володимир Сергійович**, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри професійної освіти та комп'ютерних технологій Глухівського національного педагогічного університету ім. Олександра Довженка.

*Наукові інтереси:* програмування, сучасні інформаційні технології, автоматизовані інформаційні системи, електронно-обчислювальна техніка і автоматика.

**РЯБКО Андрій Вікторович**, кандидат педагогічних наук, старший викладач кафедри фізико-математичної освіти та інформатики Глухівського національного педагогічного університету ім. Олександра Довженка.

*Наукові інтереси:* питання фізики у шкільному курсі природознавства, використання інформаційних технологій у процесі вивчення фізики.

### **INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**RYABKO Andriy Viktorovich** – candidate of pedagogical sciences, senior teacher of the department of physics and mathematics education and informatics of the Alexander Dovzhenko Glukhiv National Pedagogical University.

*Circle of research interests:* The question of physics in the school course of natural science, the use of information technologies in the process of studying physics.



**TOLMACHOV Volodymyr Sergeevich**, candidate of technical sciences, senior teacher of the department of professional education and computer technologies of the Alexander Dovzhenko Glukhiv National Pedagogical University.

**Circle of research interests:** Programming, modern information technologies, automated information systems, electronic computers and automatics.

**РЯБКО Андрій Вікторович, ТОЛМАЧОВ Володимир Сергійович.**  
**АВТОМАТИЗАЦІЯ УСТАНОВОК ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ З МЕХАНІКИ З ВИКОРИСТАННЯМ АПАРАТНО-ПРОГРАМНОЇ ПЛАТФОРМИ ARDUINO**

**Анотація.** У статті розглядається можливість використання апаратно-програмної платформи Arduino для автоматизація установок для лабораторного практикуму з механіки. Arduino (Ардуіно) – апаратна обчислювальна платформа для аматорського конструювання, основними компонентами якої є плата мікроконтролера з елементами вводу/виводу та середовище розробки Processing/Wiring на мові програмування, що є підмножиною C/C++. Arduino може використовуватися як для створення автономних інтерактивних об'єктів, так і підключатися до програмного забезпечення, яке виконується на комп'ютері. У мікроконтролер записаний завантажувач (bootloader), тому зовнішній програматор не потрібен. Проект має чимало програмних бібліотек у вільному доступі. Можливості автоматизації установок для лабораторного практикуму з механіки з використанням апаратно-програмної платформи Arduino розглядаються у статті на прикладі вивчення руху тіла по похилому жолобу.

**Ключові слова:** Arduino, автоматизація, лабораторна робота, установка, програма, швидкість, фототранзистор.

**РЯБКО Андрей Викторович, ТОЛМАЧЕВ Владимир Сергеевич.**  
**АВТОМАТИЗАЦИЯ УСТАНОВОК ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО МЕХАНИКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОЙ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO**

**Аннотация.** В статье рассматривается возможность использования аппаратно-программной платформы Arduino с целью автоматизации установок для лабораторного практикума по механике. Arduino (Ардуино) – аппаратная вычислительная платформа для любительского конструирования, основными компонентами которой являются плата микроконтроллера с элементами ввода/вывода и среда разработки Processing/Wiring на языке программирования подмножества C/C++. Arduino может использоваться как для создания автономных интерактивных объектов, так и для подключения к программному обеспечению компьютера. В микроконтроллер записан загрузчик (bootloader), поэтому внешний программатор не нужен. Проект имеет множество программных библиотек в свободном доступе. Возможности автоматизации установок для лабораторного практикума по механике с использованием аппаратно-программной платформы

*Arduino рассматриваются в статье на примере изучения движения тела по наклонному желобу.*

**Ключевые слова:** *Arduino, автоматизация, лабораторная работа, установка, программа, скорость, фототранзистор.*

**RYABKO Andriy Viktorovich, TOLMACHOV Volodymyr Sergeevich.**  
**AUTOMATION OF THE EQUIPMENT FOR MECHANICAL LABORATORY PRACTICE USING THE ARDUINO BOARD**

**Abstract.** *The article is focused on the problem of usage Arduino board computers as a measuring device in organizational process of the physical laboratory experiment on mechanics.*

*Arduino board designs use a variety of microprocessors and controllers. The boards are equipped with sets of digital and analog input/output (I/O) pins that may be interfaced to various expansion boards or breadboards (shields) and other circuits. The boards feature serial communications interfaces, including Universal Serial Bus (USB) on some models, which are also used for loading programs from personal computers. The microcontrollers are typically programmed using a dialect of features from the programming languages C and C++. The open-source nature of the Arduino project has facilitated the publication of many free software libraries that other developers use to augment their projects. Arduino microcontrollers are pre-programmed with a boot loader that simplifies uploading of programs to the on-chip flash memory.*

*Arduino was connected to the sloping trough. Phototransistors and light diodes were used. We used Arduino Nano board. The Arduino Nano is a small, complete, and breadboard-friendly board based on the ATmega328 (Arduino Nano 3.x). It has more or less the same functionality of the Arduino Duemilanove, but in a different package. It lacks only a DC power jack, and works with a Mini-B USB cable instead of a standard one. The Arduino Nano can be powered via the Mini-B USB connection, 6-20V unregulated external power supply (pin 30), or 5V regulated external power supply (pin 27). The power source is automatically selected to the highest voltage source. The ATmega168 has 16 KB of flash memory for storing code (of which 2 KB is used for the bootloader); the ATmega328 has 32 KB, (also with 2 KB used for the bootloader).*

*In this experiment you study the motion of an object undergoing constant acceleration and measure the acceleration due to gravity,  $g$ . The ball is released from rest and allowed to roll down an inclined plane. The  $x$  axis is aligned along the incline. In this experiment,  $v$  is the ball's average velocity as it passes the photocell located at position  $x$ ;  $v_0 = 0$  is the starting velocity of the ball at location  $x_0$ . You are to experimentally determine if this equation adequately represents the motion of the ball down the inclined plane. The measurement of ball velocity is performed at the photogate. As a ball rolls past a photocell the flag it carries interrupts an infrared beam, and this in turn starts an electronic timer displayed on the computer. The timer stops once the beam is again uninterrupted. The timer reading,  $\Delta t$ , is the time the cart needs to roll a distance equal to the width of its flag,  $\Delta s$ . The ball's average velocity while blocking the photocell is thus  $v = \Delta s / \Delta t$ .*

**Key words:** *Arduino, automation, laboratory work, equipment, program, velocity, phototransistors.*