

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Глухівський національний педагогічний університет
імені Олександра Довженка

Кафедра фізико-математичної освіти та інформатики

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА
УПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ STEM-ОСВІТИ У
НАВЧАЛЬНИЙ ФІЗИЧНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ З МЕХАНІКИ

Виконав:

Сорокін Богдан Васильович
студент 62М-Ф групи, ФПФМО
спеціальність: 014 Середня освіта
предметна спеціальність:
014.08 Середня освіта (Фізика)

Науковий керівник:

доктор фізико-математичних наук,
професор Качурик І.І.

Допущено до захисту

« ____ » _____ 2023 р.

Завідувач кафедри

_____ **Р. КУХАРЧУК**
(підпис) (ініціали, прізвище)

Дата захисту « ____ » _____ 2023 р.

Оцінка _____

Підписи членів ЕК:

Глухів 2023 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ I. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ УПРОВАДЖЕННЯ STEM-ТЕХНОЛОГІЙ В ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС ІЗ ФІЗИКИ.....	8
1.1. Поняття STEM-освіти, принципи та методи STEM-освіти	8
1.2. Теоретичні аспекти STEM-освіти у фізичній освіті навчанні...	12
1.3. Упровадження STEM-технологій в освітній процес з фізики...	19
1.4. Навчальний фізичний експеримент у закладах загальної середньої освіти	24
РОЗДІЛ II. РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ЗАСТОСУВАННЯ STEM-ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОЦЕСІ ПРОВЕДЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО ФІЗИЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ З МЕХАНІКИ	37
2.1. Методика і техніка проведення навчального фізичного експерименту з механіки на прикладі вимірювання прискорення вільного падіння	37
2.2. Використання Arduino-сумісних мікроконтролерів для реалізації фізичного експерименту на принципах STEM-підходу	43
2.3. Розробка методики і техніки проведення дослідження з визначення прискорення вільного падіння та мікроконтролера Arduino Nano	45
2.4. Лабораторна робота з визначення прискорення вільного падіння з використанням мікроконтролера Arduino Nano	58
2.5. Методичні рекомендації для вчителів фізики для упровадження фізичних експериментів, орієнтованих на STEM технології	60
ВИСНОВКИ.....	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	67

ВСТУП

Необхідність реформування освіти у відповідності до сучасних викликів є актуальною проблемою сьогодення. Одним із головних пріоритетів, що визначає напрям розвитку сучасної освіти є створення інформаційного середовища, у якому учні опановують уміння самостійного здобувати знання, оперуючи сучасними технологіями та застосовують їх у своїй практичній діяльності.

Сучасний ринок праці вимагає фахівців з глибокими знаннями в галузі науки, техніки, інженерії та математики. Освіта в рамках STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) допомагає учням розвивати навички, які забезпечують їх конкурентоспроможність на ринку праці.

STEM – це навчальна програма, заснована на ідеї навчання учнів за чотирма конкретними дисциплінами, використовуючи міждисциплінарний і прикладний підхід. Замість того, щоб викладати чотири дисципліни як окремі предмети, STEM об'єднує їх в єдину парадигму навчання, засновану на реальному практичному застосуванні.

Теоретичний дискурс проблеми STEM-освіти висвітлено у працях закордонних вчених: George Lucas, Georgette Yakman, Harald Lesch, David P. Miller, Illah R. Nourbakhsh, Roland Siegwart, Jonathan W. Gerlach. Україна не може бути осторонь цих процесів, тому питання впровадження STEM-освіти в освітній процес вивчають і вітчизняні науковці: І. Василяшко, В. Величко, С. Галата, О. Гірний, С. Горбенко, О. Коршунова, Н. Морзе, О. Патрикеева, О.Струтинська тощо [31].

Науковці досліджують наявні проблеми і перспективні напрями розвитку STEM-освіти, розкривають особливості використання нетрадиційних освітніх технологій в STEM, висвітлюють проблеми STEM-підготовки вчителів та викладачів тощо.

Популярність STEM-освіти у світі зумовила появу різноманітних варіантів самої аббревіатури та її різних модифікацій, зокрема: ESTEM

(environment – довкілля), **STREM** (robotics – робототехніка), **STEMM** (Medicine – медицина), **STEAM** (arts – мистецтва), **STREAM** (religion – релігія та arts – мистецтва), **METALS** (arts – мистецтва та logic – логіка) [30].

Перспективність STEM можна пояснити кількома чинниками. STEM технологія сприяє розвитку критичного, проблемного та креативного мислення учнів, аналітичних здібностей та навичок вирішення проблем, оскільки вона орієнтована на практичне застосування знань у реальних ситуаціях. Вона навчає учнів аналізувати складні завдання, шукати рішення, експериментувати та створювати нові ідеї. Це сприяє їхній продуктивності та готовності до вирішення реальних проблем.

STEM підхід об'єднує науку, технологію, інженерію та математику. Це сприяє розумінню взаємозв'язків між різними науковими дисциплінами та їхньому застосуванню у реальному світі. Учні навчаються думати цілісно та розглядати проблеми з різних перспектив, що робить їх гнучкими та адаптивними до нових викликів.

STEM технологія розвиває ключові навички, необхідні для успіху в XXI столітті, такі як критичне мислення, співпраця, комунікація, творчість, робота в команді та розв'язання проблем. Ці навички стають важливими у всіх сферах життя, а не тільки в науці та технологіях.

STEM технологія сприяє формуванню учнівського інтересу до науки, технологій та інженерії. Вона підготовляє молодих людей до майбутніх професій, які потребуватимуть глибокого розуміння наукових принципів та технологій.

STEM сприяє розвитку інноваційного мислення та творчості, що є важливими каталізаторами технологічного прогресу та економічного розвитку. Вона стимулює творчий підхід до вирішення проблем, допомагає створювати нові технології та розвивати нові ідеї, що має великий потенціал для суспільного прогресу. STEM-освіта також має значний потенціал для підготовки молоді до майбутніх професій, оскільки зростає попит на кваліфікованих фахівців у сфері науки, технологій, інженерії та математики.

Розуміння основних концепцій у цих галузях дозволяє учням розвиватись в напрямку STEM-кар'єри і вносити вагомий внесок у наукові дослідження, технологічний прогрес та інновації.

У багатьох країнах світу, включаючи США, Канаду, Європейські країни та Японію, приділяється значна увага розвитку STEM-освіти. Існують спеціальні програми, конкурси та ініціативи, спрямовані на підтримку та стимулювання інтересу до наукових дисциплін серед учнів.

STEM-освіта має великий потенціал для розвитку суспільства, і вона постійно змінюється та адаптується до сучасних викликів і можливостей. Інтеграція STEM-підходу в освітній процес може покращити якість навчання та підготувати молодь до успішного майбутнього у сфері науки і технологій.

Враховуючи ці фактори, STEM технологія стає важливим компонентом освіти, що допомагає розвивати ключові навички та підготовлювати молодь до викликів сучасного світу. Вона сприяє створенню інноваційного та конкурентоспроможного суспільства. STEM сприяє розвитку комунікаційних навичок учнів, оскільки багато проєктів вимагають спільної роботи та обміну ідеями.

Актуальність наукової роботи "Упровадження елементів STEM-освіти у навчальний фізичний експеримент з механіки" полягає в тому, що STEM-освіта краще готує до реального життя, ламаючи стіну між традиційною аудиторною освітою та практичною роботою над конкретними завданнями, демонструючи, яким чином даний науковий метод може бути застосований у повсякденному житті. Сучасний світ переживає значний технологічний розвиток і освіта в галузі STEM відіграє ключову роль у підготовці молодого покоління до професійного та особистісного зростання. Фізичні експерименти з механіки є важливим компонентом фізичної освіти та формування наукового світогляду учнів. Упровадження STEM-елементів у фізичні експерименти може покращити якість освіти та сприяти розвитку практичних навичок, критичного мислення і творчості учнів.

Об'єктом дослідження є навчальний фізичний експеримент у закладах

загальної середньої освіти (ЗЗСО).

Предметом дослідження є методика застосування STEM-технологій у процесі проведення навчального фізичного експерименту з механіки у ЗЗСО.

Мета магістерської роботи полягає в аналізі можливостей та розробці методики упровадження STEM-освіти у навчальний фізичний експеримент з механіки з метою підвищення ефективності освітнього процесу та розвитку компетентностей учнів.

Об'єкт, предмет і мета зумовили необхідність розв'язання таких **завдань**:

1. Вивчення теоретичних аспектів STEM-освіти та її принципів.
2. Огляд класичних методів проведення навчального фізичного експерименту з механіки.
3. Вибір відповідних експериментів з механіки для впровадження STEM-елементів.
4. Розробка лабораторного експерименту із застосуванням STEM-технології та оцінка його ефективності.
5. Аналіз отриманих результатів, формулювання методичних рекомендацій та інструкцій для проведення STEM-орієнтованих експериментів з механіки та подальшого упровадження STEM-технологій у шкільну фізичну освіту

У дослідженні були використані такі методи:

– теоретичні: аналіз психолого-педагогічної, науково-методичної літератури, аналіз програми з фізики ЗЗСО школи з метою вивчення стану досліджуваної проблеми і теоретичних основ її розв'язання; аналіз досвіду застосування STEM-освіти в освітньому процесі;

– емпіричні: вивчення й узагальнення досвіду викладання фізики у 10-х класах у ЗЗСО; аналіз документації та робіт учнів; бесіди, спостереження, анкетування серед учнів та вчителів ЗЗСО, за допомогою чого можна було б виявити умови підвищення ефективності освітнього процесу учнів основної школи під час вивчення фізики; педагогічний експеримент, який дав

можливість вивчити стан досліджуваної проблеми в практиці та експериментально апробувати запропоновану дидактичну систему; метод експертних оцінок.

Структура магістерського дослідження обумовлена логікою дослідження. Магістерська робота складається із вступу, двох розділів, висновків, списку використаних літературних джерел (35 найменувань). Загальний обсяг роботи складає 73 сторінки, містить 12 рисунків, 1 таблиця.

РОЗДІЛ I

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ УПРОВАДЖЕННЯ STEM-ТЕХНОЛОГІЙ В ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС ІЗ ФІЗИКИ

1.1. Визначення поняття STEM-освіти, принципи та методи STEM-освіти

STEM-освіта (Science, Technology, Engineering and Mathematics) – система природничої і математичної освітніх галузей, яка має на меті розвиток особистості через формування компетентностей, природничо-наукової картини світу, світоглядних позицій і життєвих цінностей [20].

STEM-освіта – це підхід до навчання, що поєднує науку, технологію, інженерію та математику в єдиному цілому. Вона спрямована на розвиток ключових компетенцій, таких як критичне мислення, проблемне мислення, творчість, комунікація та співпраця.

Вперше ідея та аббревіатура STEM були запропоновані у 2001 році вченими Національного наукового фонду США як орієнтир для оновлення системи підготовки сучасних інженерів та дослідників у ВНЗ. Ідея була підтримана урядом, громадськими організаціями та багатьма корпораціями США, у тому числі такими технологічними лідерами як Intel та Xerox. У результаті принципи STEM почали активно застосовувати формування освітніх програм багатьох американських університетів.

Сьогодні в системі вищої освіти США налічуються сотні інженерних та наукових спеціальностей, програми підготовки за якими побудовано відповідно до концепції STEM. При цьому дипломна робота студента поєднується зі стажуванням у технологічній компанії та участю у складних технологічних проектах пліч-о-пліч з професіоналами. За рахунок цього технологічні компанії одержують кваліфікованих фахівців відразу після випуску з університету.

Згодом STEM-підхід був підхоплений багатьма країнами світу. Сьогодні підготовка STEM-фахівців ведеться у ВНЗ Франції, Великобританії,

Австралії, Ізраїлю, Китаю, Канади, Туреччини та інших країн.

Одночасно з розширенням географії STEM відбувалося поширення елементів STEM-підходу вниз по освітній піраміді як на шкільну, так і на дошкільну освіту. У багатьох країнах почали активно створюватися навчальні курси та посібники для міжпредметних досліджень та конструювання у дитячих групах. Відчувши реальні результати STEM-підходу у вищій освіті уряд США через освітні стандарти затвердив STEM-навчання як базовий метод викладання в школах. Австралія, Канада та Сінгапур зробили це ще раніше [31].

У рамках дитячої STEM-освіти робототехніка виявилася тією областю, де найбільш вдало перетнулися запити економіки на розвиток високотехнологічних галузей та природний інтерес дітей до конструювання. Як наслідок, сьогодні вихователі та вчителі по всьому світу активно використовують у своїй роботі набори для конструювання та програмування роботів.

STEM-освіта вирішує виклики сучасного світу, покликані розвинути учнівські здібності та навички, необхідні для розуміння та вирішення складних проблем. Вона пропонує інтердисциплінарний підхід, в якому різні предмети вивчаються у контексті реальних ситуацій та взаємозв'язків.

У STEM-освіті акцент зроблений на практичний досвід, експериментування, проєктну роботу та розв'язання реальних завдань. Учні стають активними учасниками навчального процесу, вони застосовують свої знання та навички для аналізу, вирішення проблем та створення інноваційних рішень.

STEM-освіта також сприяє підготовці учнів до майбутньої кар'єри, пов'язаної з наукою, технологіями та інженерією. Вона розвиває важливі навички, які потрібні в сучасному світі, такі як проблемне мислення, технологічна грамотність та спроможність працювати у команді.

Загалом, STEM-освіта спрямована на підготовку учнів до розуміння та вирішення складних проблем, розвиток ключових компетенцій та підготовку

до майбутньої кар'єри в сфері науки, технологій та інженерії.

У основі STEM-методики – запозичений із IT-сфери проєктний підхід та популяризація науки серед школярів.

При STEM-підході будь-яке явище зовнішнього світу розглядається комплексно, без поділу на фізичні, біологічні чи математичні складові. Це допомагає синтезувати знання, накопичені у різних дисциплінах.

На відміну від шкільної програми, де спочатку учні знайомляться з теорією, а потім тільки застосовують знання на практиці, у STEM-освіті все починається з матеріальних проєктів.

Роль сполучного елемента тут виконує практична діяльність. Допустимо, стоїть завдання – створити робота. Точні розрахунки неможливі без знання математичних законів, щоб сконструювати робочий механізм, знадобиться фізика, продумати траєкторію руху кожного робітника допоможе біомеханіка. Учням не потрібно зубрити терміни та визначення, які можуть і не стати в нагоді, їм потрібно вирішити практичне завдання або створити продукт, ґрунтуючись на отриманих знаннях. Так діти навчаються вибудовувати причинно-наслідкові зв'язки спостережуваних явищ та виявляти закономірності. Такий підхід принагідно вирішує питання мотивації: коли дитина бачить, як тісно пов'язані між собою різні предмети, шкільні справи відразу йдуть на лад. Здобувши досвід проєктної роботи, учень зрозуміє, що знання необхідні насамперед йому самому.

STEM-освіта базується на кількох принципах та використовує різні методи для досягнення своїх цілей. Основні принципи та методи STEM-освіти включають:

Інтердисциплінарний підхід. STEM-освіта об'єднує науку, технологію, інженерію та математику, сприяючи взаємозв'язку між цими дисциплінами. Учні вивчають ці предмети у контексті реальних ситуацій та використовують знання з однієї галузі для розуміння інших.

Практичний досвід. STEM-освіта покликана надати учням можливості вирішувати реальні завдання та досліджувати реальні проблеми. Це включає

проведення експериментів, проектну роботу, лабораторні дослідження та інші форми практичної діяльності.

Проблемне мислення. STEM-освіта спонукає учнів до аналізу та вирішення проблем. Вони навчаються ставити запитання, формулювати гіпотези, шукати рішення та оцінювати їх ефективність. Це розвиває їх критичне та творче мислення.

Комунікація та співпраця. STEM-освіта підтримує співпрацю та комунікацію між учнями. Вони працюють у командах, діляться ідеями, обмінюються знаннями та досвідом. Це сприяє розвитку навичок комунікації, лідерства та роботи в команді.

Технологічна грамотність. STEM-освіта акцентує увагу на використанні сучасних технологій. Учні навчаються використовувати цифрові інструменти, програмування, робототехніку та інші технології для розв'язання завдань та створення проєктів.

Підтримка творчості та інновацій. STEM-освіта спонукає учнів до творчого мислення, пошуку нестандартних рішень та розвитку інноваційних проєктів. Вона стимулює учнів до новаторських думок та впровадження нових ідей.

STEM-освіта використовує різноманітні методи, такі як проєктне навчання, проблемне навчання, рольові ігри, лабораторні дослідження, робототехніка, використання комп'ютерних програм та багато іншого. Ці методи сприяють активному залученню учнів та розвитку їхніх навичок і вмінь.

Мета STEM-освіти полягає в розвитку учнівських здібностей та навичок, які потрібні для успішного функціонування в сучасному світі, де наукові знання і технології мають все більше значення.

Реалізація ідей STEM-освіти потребує використання таких засобів, які допоможуть краще засвоювати науково-технічні знання, розвивати навички критичного мислення, стимулювати інтерес учнів до інженерних та технічних спеціальностей.

Засоби STEM-навчання – це сукупність обладнання, ідей, явищ та способів дій, що забезпечують реалізацію дослідно-експериментальної, конструкторської, винахідницької діяльності у освітньому процесі. Вони виконують такі основні функції: *інформаційну, практичну, креативну, контрольну.*

Найбільш поширені засоби, що використовуються в STEM-освіті – конструктори, робототехнічні системи, електронні пристрої, відеоігри, 3D-принтери, лабораторні прилади, авто-, авіа-, судномоделі тощо.

Упровадження в освітній процес методичних рішень STEM-освіти дозволить поєднати науку зі знаннями, сформувати в учнів найважливіші характеристики, що визначають компетентного фахівця:

- вміння бачити проблему;
- вміння бачити у проблемі якнайбільше можливих сторін та зв'язків;
- вміння сформулювати дослідницький питання та шляхи його вирішення;
- гнучкість як уміння зрозуміти нову точку зору та стійкість у відстоюванні своїй позиції;
- оригінальність, ухиляння від шаблону;
- здатність до перегрупування ідей та зв'язків;
- здатність до абстрагування чи аналізу;
- здатність до конкретизації чи синтезу;
- відчуття гармонії у створенні ідеї.

1.2. Теоретичні аспекти STEM-освіти у фізичній освіті навчанні

STEM-освіта – це загальна методика, програма навчання, орієнтована саме на глибоке прикладне навчання чотирма основними напрямками. Вже зараз світу потрібні спеціалісти в області робототехніки, програмування, проектування, кібернетики, новітніх спрямованих наук, але й навчання

всьому цьому повинні бути відповідними для того, щоб бути в ногу з прогресом і, у зв'язку з цим, необхідний ефективний спосіб передачі інформації. Півстоліття тому, ніхто не міг думати і уявляти собі такі професії, як інженер з обслуговування мобільних телекомунікаційних мереж, або інженер з тестування сонячних батарей для супутника, або проектувати роботів, схожих на людей.

Сьогодні упроваджується позаплановий міждисциплінарний і проєктний підхід до навчання, який дозволить школярам посилити дослідницький і науково-технологічний потенціал, розвинути навички критичного, інноваційного і творчого мислення, вирішити проблеми комунікації і командної роботи.

У сучасному світі отримання творчого спеціаліста вимагає творчого виховання. Саме креативна освіта надає сьогodнішній молоді реальну можливість всесторонньо розвивати навички ХХІ століття, а творчі заходи можуть служити зразком для інноваційного навчання. Креативність стала ключовим фактором розвитку економіки та суспільства, і в цьому рухома сила всіх процесів. Креативність стала вирішальним фактором конкурентної переваги. Практично у всіх галузях – від автомобільного будівництва до індустрії моди, від харчової промисловості та до інформаційних технологій – в довгостроковій перспективі перемагає той, хто здатний творити.

Креативність – це вміння створювати щось нове, відхиляючись від шаблонів і загальноприйнятих схем. За допомогою творчості з'являються нові ідеї, схеми дій, предмети і багато іншого. Завдяки такому мисленню людина може легко знайти вихід із складної ситуації або в потрібний момент випередити суперника у бізнесі. Тому розвиток креативності є важливою темою для людей, які бажають стати успішними.

Урок фізики відрізняється найбільшою наближеністю до життєдіяльності людей, і фізика, як жодна інша наука, має пряму практичну спрямованість. Проте, застосовуючи різні підходи до навчання, сьогodнішнього школяра дуже складно зацікавити і мотивувати до навчання.

Існує безліч методик, які можна заповнити новими видами. У даний час навчання проводиться за оновленою програмою змісту, де основна роль грає не оцінка, а мотивація дітей до навчання. Тут важливо враховувати відповіді кожного окремого учня.

На сьогоднішній день іде перетворення змісту уроку фізики з використанням інтерактивного обладнання. Урок стає більш цікавим, бо крім відео та презентації можна використовувати електронні книги, фліпчарти з темами, демонстрації віртуальних лабораторій тощо.

Нове покоління вимагає іншого підходу та інших методик, як показує практика – традиційні заняття не задовольняють потреби сучасного учня.

У процесі вивчення фізики у ЗЗСО в контексті STEM-освіти існує кілька теоретичних аспектів, які можуть бути враховані вчителями фізики.

1. Інтегрований підхід.

Фізика серед інших наукових дисциплін може бути вивчатися в контексті інтегрованого підходу, де вона поєднується з іншими STEM-дисциплінами. Наприклад, учні можуть вивчати фізику разом з математикою, хімією або технологіями. Це дозволяє показати взаємозв'язок між цими предметами та їхнім застосуванням у реальному житті. Інтегрований підхід у фізичній освіті може мати декілька варіацій.

Поєднання фізики з математикою дозволяє учням розуміти, як математичні концепції застосовуються для опису фізичних явищ. Наприклад, вивчення руху може включати в себе використання математичних формул для обчислення швидкості, прискорення, траєкторії тощо.

Застосування технологій у фізичній освіті дозволяє учням експериментувати та вивчати фізичні явища за допомогою сучасних інструментів. Наприклад, використання сенсорів, датчиків або комп'ютерних програм може допомогти учням збирати дані, аналізувати їх та робити висновки.

Інтеграція фізики з інженерією дає учням можливість застосовувати фізичні принципи для розробки та створення різних пристроїв та механізмів.

Наприклад, учні можуть проєктувати та будувати прості механізми, електричні схеми або робити моделі для вивчення принципів роботи.

Вивчення фізики та хімії разом дозволяє учням розуміти взаємодію матеріалів та хімічних процесів, що відбуваються в фізичних системах. Наприклад, вивчення теплопередачі може включати аналіз хімічних реакцій та енергетичних перетворень.

Інтегрований підхід у фізичній освіті допомагає учням бачити зв'язок між фізикою та іншими STEM-дисциплінами, розвивати глибоке розуміння концепцій та навички застосування їх у реальних ситуаціях. Він також сприяє розвитку творчого мислення, проблемного та проєктного підходів учнів, що є важливими компонентами STEM-освіти.

2. Застосування фундаментальних концепцій.

Фундаментальні концепції в фізиці є базовими принципами та ідеями, які становлять основу розуміння фізичних явищ. Вивчення фізики в школі важливою мірою базується на розумінні фундаментальних концепцій. Це включає такі поняття, як рух, сили, енергія, електричні та магнітні поля, теплові явища та інші. Учні повинні розуміти ці концепції та їх взаємозв'язок, щоб застосовувати їх для розв'язання проблем та аналізу реальних ситуацій.

Учні повинні мати чітке розуміння основних принципів фізики, таких як закони руху, закони збереження, закони електромагнетизму тощо. Це включає знання про те, як фізичні величини взаємодіють між собою і які є закономірності в цих взаємодіях.

Фундаментальні концепції повинні бути вивчені у контексті їх застосування до реальних ситуацій. Учні повинні бачити, як ці концепції використовуються для пояснення фізичних явищ у повсякденному житті, технологіях, природних процесах тощо.

Вивчення фундаментальних концепцій фізики сприяє розвитку аналітичних навичок учнів. Вони навчаються розбиратися в складних проблемах, розкладати їх на простіші елементи, застосовувати фізичні принципи для знаходження рішень та прогнозування результатів.

Вивчення фундаментальних концепцій в фізиці повинно супроводжуватися практичними дослідженнями та експериментами. Це дозволяє учням самостійно перевірити та спостерігати фізичні закономірності, проводити вимірювання, аналізувати дані та робити висновки.

Застосування фундаментальних концепцій у фізичній освіті допомагає учням розуміти фізичний світ, розвивати логічне мислення, критичне мислення та проблемне мислення. Вони надають основу для подальшого вивчення більш складних фізичних концепцій та допомагають учням побудувати міцний фундамент для майбутньої STEM-освіти та кар'єри.

3. Експериментальні дослідження.

Фізика надає чудову можливість для проведення експериментальних досліджень. Учні повинні мати можливість виконувати експерименти, збирати дані, аналізувати результати та зробити висновки. Це сприяє розвитку навичок спостереження, вимірювання, аналізу та критичного мислення.

Експериментальні дослідження допомагають учням ознайомитися з *науковим методом*, який включає формулювання гіпотези, проведення експерименту, збір та аналіз даних, формулювання висновків та перевірку гіпотези. Цей процес розвиває критичне мислення та розуміння наукового підходу до розв'язання проблем.

Експериментальні дослідження дають учням можливість *спостерігати фізичні явища* у дії та вимірювати різні параметри, такі як час, відстань, маса, температура тощо. Це допомагає учням зрозуміти, які величини впливають на фізичні процеси та як вони взаємодіють.

Учні мають можливість проводити *власні експерименти, досліджувати фізичні явища та перевіряти гіпотези*. Це розвиває їх навички спостереження, вимірювання, збору та аналізу даних.

Учні можуть брати участь у *проектних дослідженнях*, де вони самостійно ставлять цілі, розробляють дослідницькі плани та виконують

експерименти для отримання результатів. Це розвиває їх творчість, критичне мислення та навички презентації.

Учні мають можливість *використовувати наукові прилади та сучасні технології* для проведення експериментів. Наприклад, вони можуть використовувати лабораторне обладнання, сенсори, комп'ютерне моделювання або програмування для збору та аналізу даних.

Після проведення експерименту *учні аналізують зібрані дані та роблять висновки*. Вони навчаються визначати залежності, створювати графіки, використовувати статистичні методи для обробки даних, встановлювати взаємозв'язки та обговорювати результати своїх досліджень. Це розвиває навички критичного мислення та наукової аргументації.

Експериментальні дослідження у фізичній освіті не тільки розвивають наукові навички учнів, а й допомагають їм практично застосовувати фізичні принципи та закони. Вони також сприяють формуванню позитивного ставлення до науки та розумінню, що наука не тільки теорія, але й практичний інструмент для розуміння світу.

4. Проектне навчання.

Використання проектного навчання у фізиці дозволяє учням застосовувати свої знання та навички для розв'язання реальних проблем або створення проектів. Наприклад, учні можуть розробляти та будувати прототипи простих механізмів або електричних схем, вивчати закони фізики в контексті природних явищ або проводити дослідження у сфері енергетики та джерел енергії.

Учні *ставлять перед собою конкретну проблему або завдання*, яке вимагає використання фізичних знань та навичок для його вирішення. Наприклад, це може бути проект про дослідження енергоефективності будівлі або проект розробки нового пристрою на основі фізичних принципів.

Учні *проводять дослідження*, щоб зібрати відповідні дані та інформацію для вирішення поставленої проблеми. Вони можуть виконувати експерименти, вимірювати параметри, збирати дані та аналізувати їх.

Учні мають можливість використовувати свою *творчість та креативність* для розробки ідей, розробки рішень та створення прототипів. Вони можуть застосовувати фізичні принципи та концепції для створення інноваційних та ефективних рішень.

Проектне навчання сприяє розвитку *навичок командної співпраці*. Учні можуть працювати у групах, обмінюватися ідеями, делегувати завдання та спільно працювати над розв'язанням проблеми. Це розвиває навички комунікації, лідерства та роботи в колективі.

Учні мають можливість *представити свої проекти та результати* своєї роботи. Вони можуть провести презентацію перед класом, шкільною спільнотою або на наукових конференціях. Це розвиває навички публічного виступу, аргументації та обговорення результатів своїх досліджень.

Проектне навчання сприяє глибшому розумінню фізичних концепцій та їх застосуванню у реальному житті. Воно стимулює самостійність, ініціативу та творче мислення учнів, підготовлюючи їх до викликів сучасного світу та майбутньої STEM-освіти та професій.

5. Використання сучасних технологій.

У сучасному світі технології мають велике значення. Використання сучасних технологій, таких як комп'ютерне моделювання, симуляції, віртуальні лабораторії, доповнена реальність дозволяють учням отримувати нові можливості для вивчення фізики. Вони можуть відтворювати реальні ситуації, експериментувати та аналізувати результати за допомогою комп'ютерних програм.

Сучасні програмні засоби дозволяють учням створювати *комп'ютерні моделі фізичних явищ*, що дозволяє їм бачити, як змінюються параметри та як вони впливають на результати. Це допомагає учням краще зрозуміти складні концепції та прогнозувати їх наслідки.

Учні можуть використовувати *різноманітні сенсори та засоби збору даних* для вимірювання фізичних величин, таких як температура, тиск, сила тощо. Це дозволяє їм проводити точні вимірювання, аналізувати дані та

порівнювати їх з теоретичними моделями.

Використання *віртуальних лабораторій* дозволяє учням виконувати експерименти та спостерігати фізичні явища в безпечному та контрольованому середовищі. Вони можуть проводити віртуальні дослідження, моделювати різні умови та спостерігати результати без реального обладнання.

Використання *аудіовізуальних матеріалів*, таких як відео, анімації та інтерактивні презентації, допомагає учням візуалізувати фізичні концепції та явища. Вони можуть бачити реальні експерименти, демонстрації та приклади, що полегшує їх розуміння та запам'ятовування.

Використання сучасних технологій у фізичній освіті допомагає учням отримати практичний досвід, розвиває їх комп'ютерні навички та підготовлює до використання технологій у майбутній STEM-освіті та професійній діяльності.

Ці аспекти вивчення фізики у контексті STEM-освіти сприяють розвитку учнівських навичок, критичного мислення та підготовці до майбутніх STEM-кар'єр. Вони стимулюють цікавість до науки та розуміння її важливості у сучасному світі.

1.3. Упровадження STEM-технологій в освітній процес з фізики

Досліди з фізики, які проводять у шкільних лабораторіях, легко можна віднести до методів STEM-освіти. Удосконалити їх чи адаптувати до дистанційного формату навчання можна, віддавши учням ініціативу та попросивши їх провести досліди самостійно. Школярі можуть створити математичний маятник за допомогою мотузки та кульки, щоб вивчати механічні коливання. Таймер на смартфоні у поєднанні з каменем можуть стати основою для вивчення вільного падіння, а два магніти – основою розуміння магнітних явищ.

Урок фізики відрізняє найбільша наближеність до реального життя

людей, і фізика, як жодна інша наука, має безпосередню практичну спрямованість. Проте, застосовуючи різні підходи до навчання, сьогоденішнього школяра дуже складно зацікавити та мотивувати до навчання. Існує безліч методик, які можна доповнити новими видами. Сучасна навчальна програма з фізики орієнтується не на оцінку, а на мотивацію дітей до навчання. Тут важливо враховувати особливості кожного окремого учня.

Дослідження показують, що в умовах STEM–освіти покращується ефект засвоєння теми та якість розуміння. На уроках фізики учні повинні не просто заучувати теорії та формули, а вміти створювати моделі, щоб на власні очі могли побачити, як працюють ті самі закони фізики. Конструюючи модель, діти працюють розумово та руками, перевіряють свої розрахунки у реальній ситуації.

Так вони можуть уже, сидячи за шкільною партою, познайомитися з професіями інженера, технолога, експериментатора, вченого, котрі завжди відточують свої навички, проводячи сотні годин над тестуваннями прототипів та експериментами.

На STEM уроках застосовується платформа Arduino та її аналоги, які використовують і в освітньому процесі, і на курсах робототехніки. Плата Arduino підключається до комп'ютера або ноутбука, також може бути з'єднана з мобільним телефоном за допомогою технології OTG через USB-кабель передачі даних.

Повне освоєння платформи Arduino вимагає від учнів постановки конкретної мети та завдань уроку, написання програми у безоплатному середовищі Arduino IDE – однією з актуальних мов програмування на основі C/C++.

Освоєння програмування в середовищі Arduino IDE та подальше спільне застосування програми та датчиків для вимірювання фізичних величин у лабораторному практикумі дозволяє сформувати у школярів вміння, необхідні для інженерних професій. Отримані за допомогою датчиків

дані можна аналізувати традиційним для фізичного практикуму способом, формуючи навичку проведення фізичного експерименту.

Сигнал від датчиків можна направляти в інші схеми й конструкції, що розкриває можливості розвитку проєктів школярів в області технічного конструювання і автоматики. Програмування плати для роботи датчиків можливо організувати на уроках інформатики; зчитування даних - на уроках фізики. Однак більш доцільно – це проведення інтегрованого уроку.

Слід зазначити, що STEM-підхід можна застосовувати скрізь, оскільки для цього не завжди потрібні дорогі лабораторії та обладнання. Базові інженерні навички вже формуються, коли учень створює моделі із підручних матеріалів.

Процес упровадження будь-якої технології в освітній процес передбачає передусім формування мети та задач, які можуть бути наступними:

1. Розвиток наукового мислення. Однією з основних цілей STEM-освіти є розвиток наукового мислення учнів. В контексті фізичних експериментів це означає вміння ставити гіпотези, формулювати питання, збирати та аналізувати дані, робити висновки та перевіряти їх науковими методами.

2. Використання наукових знань у практичних ситуаціях. STEM-освіта сприяє застосуванню наукових знань у практичних ситуаціях, зокрема у фізичних експериментах. Учні мають змогу застосовувати фізичні принципи, закони та теорії для вивчення явищ, вирішення практичних завдань та розуміння природних процесів.

3. Розвиток навичок експериментальної роботи. Фізичні експерименти в STEM-освіті сприяють розвитку навичок експериментальної роботи, таких як точне вимірювання, встановлення причинно-наслідкових зв'язків, контроль залежностей між змінними, аналіз помилок та пошук альтернативних рішень.

4. Стимулювання творчості та інженерного мислення. Фізичні

експерименти в STEM-освіті сприяють розвитку творчого та інженерного мислення учнів. Вони вимагають вирішення проблем, проєктування та створення пристроїв, пошук нестандартних рішень та упровадження новаторських ідей.

5. Збільшення зацікавленості та мотивації до вивчення фізики. STEM-освіта у фізичних експериментах сприяє збільшенню зацікавленості та мотивації учнів до вивчення фізики. Завдяки практичним дослідженням та застосуванню технологій в освітньому процесі, учні більше залучаються до вивчення наукових дисциплін.

Цілі та задачі STEM-освіти спрямовані на забезпечення активного, практичного та зацікавленого навчання фізики у контексті STEM-освіти.

Наступним етапом є вибір підходів та методик для досягнення цілей STEM-освіти, які можуть бути різноманітними й залежати від конкретних особливостей освітнього закладу, вікових груп учнів та доступних ресурсів. Однак, основні підходи та методики, які можуть бути використані, включають:

1. **Проблемне навчання**, яке передбачає постановку перед учнями реальних проблемам, які вони повинні вирішити, використовуючи STEM-принципи та навички. Учні активно займаються дослідженням, аналізом та вирішенням проблем, що сприяє їхньому критичному мисленню та творчості.

2. **Проектна діяльність**, у процесі якої перед учнями виникає стимул до використання STEM-навичок та знань. Вони можуть розробляти та будувати прототипи, проводити дослідження, створювати інноваційні рішення. Цей підхід сприяє розвитку творчості, комунікаційних навичок та проблемного мислення.

3. **Використання сучасних технологій**, таких як комп'ютерні симуляції, віртуальні лабораторії, робототехніка, допомагає залучити учнів до STEM-освіти. Це дозволяє їм більш ефективно вивчати наукові принципи, проводити експерименти та розв'язувати складні задачі.

4. **Командна робота** дозволяє учням співпрацювати, обмінюватись

ідеями та розв'язувати проблеми разом. Вона сприяє розвитку комунікаційних навичок, лідерства, розподілу обов'язків та вирішенню складних задач.

5. Практичні дослідження та експерименти дають можливість учням проводити практичні дослідження та експерименти, щоб вивчати фізичні явища та закони. Це може включати вимірювання, спостереження, аналіз даних та роботу з обладнанням.

Вибір підходів та методик повинен бути здійснений з урахуванням освітніх потреб учнів, доступних ресурсів та цілей STEM-освіти, які покладені перед освітнім закладом.

Важлива мета STEM-освіти – виховати учня, здатного самостійно вивчати великі масиви інформації, користуватися новими технологіями та творчо підходити до пошуку рішень. На цьому шляху вчитель може використовувати класичні формати роботи, а може покреативити і вигадати власні. Під час упровадження методів STEM-освіти в освітній процес рекомендовано стежити за реакцією учнів та аналізувати зворотний зв'язок.

Таким чином, у порівнянні з традиційною системою шкільної освіти STEM-підхід орієнтований на проведення експериментів, конструювання моделей, самостійного створення творчих творів, втілення своїх ідей у реальності. У результаті учні отримують продукт своєї діяльності, бачать свої результати, що є важливим фактором для подальшої мотивації навчання. Такий освітній підхід полегшує учням процес поєднання теорії та практики і, тим самим, подальше навчання у закладах вищої освіти, оскільки майбутній розвиток суспільства – за сучасними технологіями.

Використання STEM-технологій на уроках фізики доводить їхню спроможність у покращенні якості освіти, а також у справі залучення учнів до світу науки. Упровадження STEM-технологій сприяє народженню нових талановитих та креативних учнів, здатних думати та творити.

Про освіту STEM потрібно знати важливу річ – це не просто мода в освіті. Зараз це найреальніший і найефективніший підхід для вирішення

глобальних світових проблем в екології, енергетиці, медицині, інженерії, будівництві тощо.

Школа має якнайшвидше запровадити цей підхід, оскільки майбутнє складно уявити без висококваліфікованих фахівців, які вміють креативно мислити та приймати правильні рішення.

1.4. Навчальний фізичний експеримент у закладах загальної середньої освіти

Навчальний фізичний експеримент у школі є важливою складовою фізичної освіти, оскільки він дозволяє учням вивчати та розуміти фізичні закони та явища шляхом практичного дослідження. Він є важливим джерелом знань, методом дослідження і наочністю. Шкільний навчальний експеримент є відображенням наукового методу вивчення фізичних явищ, тому йому повинні бути притаманні основні елементи фізичного експерименту, за якими учні зможуть отримати уявлення про науковий експериментальний метод.

Навчальний фізичний експеримент – це відтворення за допомогою спеціальних приладів фізичного явища (рідше - використання його на практиці) на уроці в умовах, найбільш зручних для його вивчення. Тому він служить одночасно джерелом знань, методом навчання та видом наочності.

Навчальний експеримент відіграє виключно важливу роль у системі навчання фізики. Експеримент у шкільному курсі фізики є відображенням одного з двох провідних методів пізнання фізичних явищ і закономірностей: теорії та експерименту.

Як метод пізнання фізичних явищ науковий експеримент і джерелом нових знань про навколишній світ і критерієм істинності теоретичних передбачень [21, 11].

Будучи засобом пізнавальної інформації, навчальний експеримент одночасно є головним засобом наочності щодо фізики; він дозволяє найбільш

успішно та ефективно формувати у школярів конкретні образи, що адекватно відображають у їхній свідомості реально існуючі фізичні явища, процеси та закони, що їх об'єднують.

Фізичний експеримент є не тільки ілюстрацією тих чи інших явищ і закономірностей: він служить засобом доказу справедливості різних теоретичних положень, сприяє виробленню переконаності в пізнаваності явищ природи, розвиває вміння та навички учнів.

Правильно організований шкільний фізичний експеримент служить також дієвим засобом виховання таких рис характеру особистості, як наполегливість у досягненні поставленої мети, ретельність у отриманні фактів, акуратність у роботі, вміння спостерігати та виділяти у розглянутих явищах їх суттєві ознаки тощо.

Навчальний експеримент безпосередньо зв'язаний з науковим фізичним експериментом, під яким розуміють систему цілеспрямованого вивчення природи шляхом чітко спланованого відтворення фізичних явищ в лабораторних умовах, активним втручанням в хід їх перебігу з подальшим аналізом і узагальненням одержаних за допомогою приладів експериментальних даних. Науковий експеримент ставиться з метою дослідження природи й одержання нових знань про неї. У результаті наукового експерименту одержують нову інформацію про фізичні явища та закономірності їх перебігу, встановлюється істинність результатів теоретичних досліджень [21, 12].



Рис. 1.1. Структура фізичного експерименту

У процесі розвитку методики навчання фізики шкільний фізичний експеримент з окремих дослідів перетворився у струнку систему, яка охоплює такі його види:

1. Демонстраційні досліди до різних тем шкільного курсу фізики, виконувані вчителем.
2. Фронтальні лабораторні роботи й фронтальні досліди.
3. Роботи фізичного практикуму.
4. Експериментальні задачі.
5. Позакласні (домашні) досліди.
6. Віртуальні лабораторні роботи й модельні дослідження з використанням комп'ютерних програмних педагогічних засобів (ППЗ) [21, 13].

Демонстраційні навчальні фізичні експерименти є ефективним способом навчання, коли вчитель виконує експеримент перед учнями, демонструючи фізичні явища та закони. Цей підхід дозволяє учням візуально спостерігати та розуміти фізичні концепції безпосередньо.

Під **демонструваннями з фізики** розуміють покази фізичних явищ і зв'язків між ними. Демонстрування звичайно поділяють на дві групи: демонстрування самих фізичних явищ і демонстрування засобів унаочнення (моделей, плакатів, слайдів тощо). Демонстрування дослідів – активний цілеспрямований процес, у ході якого вчитель керує відчуттями та сприйманнями учнів і на їх основі формує певні поняття й переконання [12].

Наведемо важливі аспекти демонстраційних навчальних фізичних експериментів у школі.

Вибір експерименту. Вчителі повинні вибирати експерименти, які ілюструють ключові фізичні принципи та явища, що вивчаються в рамках певної теми. Це можуть бути експерименти, що демонструють закони Ньютона, принципи оптики, закони термодинаміки тощо.

Визначення цілей та очікувань. Перед проведенням демонстраційного

експерименту, вчителі повинні визначити цілі та очікування від учнів. Це може включати спостереження, пояснення фізичних явищ та розвиток уявлень про фізичні закони.

Підготовка та безпека. Вчителі повинні підготувати всі необхідні матеріали, обладнання та безпеку перед проведенням демонстраційного експерименту. Важливо враховувати можливі ризики та забезпечити безпеку учнів під час демонстрації.

Пояснення та обговорення. Вчителі повинні пояснити учням фізичні концепції, які демонструються в експерименті та провести обговорення після демонстрації. Вони можуть пояснити принципи, за якими працює експеримент і стимулювати учнів до аналізу та висновків.

Записи та роздуми. Учні можуть вести записи про демонстраційні експерименти, робити малюнки та записи про спостереження. Вони також можуть роздумувати про питання, які виникли в результаті демонстрації та намагатися знайти відповіді на них.

Демонстраційні навчальні фізичні експерименти допомагають учням візуально і практично розуміти складні фізичні концепції та закони. Вони створюють можливості для взаємодії між вчителем та учнями, сприяють активному навчанню та розвивають допитливість та аналітичні навички.

Фронтальні лабораторні роботи з фізики у школі – це форма організації лабораторних занять, при якій весь клас виконує однаковий експеримент або дослідження одночасно під керівництвом вчителя.

Особливістю їх є те, що всі учні класу одночасно виконують ту саму роботу. Це полегшує працю вчителя на уроці, даючи йому можливість оперативно керувати діяльністю учнів, контролювати хід виконання роботи на кожному її етапі [12].

Такий підхід має свої переваги і може бути ефективним у певних ситуаціях. Наведемо основні аспекти фронтальних лабораторних робіт з фізики у школі.

Організація роботи. Вчителі повинні планувати і організовувати

лабораторні роботи таким чином, щоб усі учні мали можливість активно брати участь у процесі. Необхідно забезпечити наявність необхідного обладнання, інструментів та матеріалів для всього класу.

Вступ до експерименту. Вчителі повинні вводити учнів у тему експерименту, пояснювати його мету та завдання, а також наводити основні фізичні концепції, які будуть вивчатися. Вони також можуть розповісти про методи вимірювання та правила безпеки.

Демонстрація та ілюстрація. Фронтальні лабораторні роботи дають можливість вчителям демонструвати та ілюструвати фізичні явища та експерименти наочними засобами. Вони можуть використовувати демонстраційні моделі, відео, слайди або інші засоби візуалізації.

Керівництво та підтримка. Вчителі повинні надавати наочні інструкції щодо виконання експерименту, допомагати учням зібрати необхідне обладнання та проводити вимірювання. Вони можуть відповідати на запитання, пояснювати складні моменти та надавати додаткову підтримку.

Аналіз результатів. Після виконання експерименту, вчителі можуть аналізувати результати разом з учнями. Вони можуть вести обговорення про отримані результати, порівнювати їх з очікуваними значеннями та формулювати висновки.

Рефлексія та обговорення. Після завершення експерименту вчителі можуть провести рефлексію разом з учнями. Вони можуть запитати про враження, спостереження та висновки учнів. Обговорення може включати порівняння результатів між учнями, обговорення можливих пояснень та варіацій експерименту.

Фронтальні лабораторні роботи з фізики у школі можуть бути ефективним інструментом для активного навчання та сприяти розвитку учнівських вмінь та навичок у проведенні фізичних експериментів. Вони дозволяють учням співпрацювати, спостерігати й обговорювати результати разом, що створює стимулюючу та сприятливу освітню атмосферу.

Лабораторний практикум з фізики у школі є важливою частиною

фізичної освіти, яка дозволяє учням отримати практичний досвід проведення експериментів, збору та аналізу даних. Основна мета лабораторного практикуму полягає в тому, щоб учні не тільки зрозуміли фізичні концепції, але й змогли застосувати їх у практичних ситуаціях.

Особливістю фізичних практикумів є те, що при проведенні їх учні одночасно виконують різні роботи. Фізичні практикуми, як і фронтальні лабораторні роботи, учні виконують індивідуально або групами (2–3 учні) залежно від конкретних умов школи, укомплектованості її фізичного кабінету [12].

Вчителі повинні вибирати лабораторні експерименти, які демонструють ключові фізичні концепції та закони, вивчені у рамках певної теми. Це можуть бути експерименти, що досліджують закони руху, електричні кола, оптику, теплові процеси тощо.

Перед проведенням практикуму, вчителі повинні підготувати необхідне обладнання, інструменти та матеріали для проведення експериментів. Вони також можуть провести попереднє пояснення фізичних принципів, які будуть досліджуватися.

Вчителі повинні організувати учнів у малих групах для проведення експериментів. Кожна група має мати можливість активно брати участь у процесі, спостерігати, виконувати вимірювання та записувати результати.

Учні повинні самостійно виконувати вимірювання, збирати дані та записувати їх у лабораторний журнал. Важливо використовувати точні вимірювальні прилади та техніки для отримання достовірних результатів.

Після проведення експерименту, учні повинні аналізувати зібрані дані, виконувати обчислення та графічну обробку. Вони повинні порівнювати свої результати з очікуваними значеннями та формулювати висновки.

Учні повинні обговорювати свої спостереження, результати та висновки з вчителем та іншими учнями. Вони можуть порівнювати свої висновки з висновками інших груп та висловлювати свої думки та ідеї.

Учні мають рефлексувати над своїм дослідженням, оцінювати його

ефективність та вказувати на можливі поліпшення. Вчителі також можуть оцінювати учнів за їхнім розумінням та вмінням застосовувати фізичні концепції у практичних ситуаціях.

Лабораторний практикум з фізики у школі сприяє активному навчанню, розвитку критичного мислення, творчості, комунікативних навичок та практичних вмінь учнів. Він допомагає учням ліпше зрозуміти фізичні концепції та закони, зацікавлює їх у світ науки та стимулює дослідницький підхід до вивчення фізики.

Домашні спостереження та лабораторні роботи з фізики у школі є важливою складовою процесу вивчення фізики. Вони допомагають учням закріплювати теоретичні знання та вивчати фізичні явища на практиці.

Перед проведенням домашніх дослідів та спостережень учні повинні отримати чітке завдання від вчителя щодо домашніх спостережень або лабораторної роботи. Вони повинні планувати свої дії, збирати необхідне обладнання та матеріали, а також ознайомлюватися з інструкціями та правилами безпеки.

Учні мають виконувати експерименти або спостереження згідно з заданими інструкціями та методикою. Вони повинні дотримуватися правил безпеки, проводити вимірювання, фіксувати результати та збирати дані.

Після виконання експерименту або спостережень, учні повинні аналізувати отримані дані та результати. Вони можуть порівнювати їх з очікуваними значеннями, виконувати обчислення, побудову графіків та висновків.

Учні повинні формулювати висновки зі своїх спостережень або експерименту. Вони можуть обговорювати результати з вчителем та іншими учнями, порівнювати їх зі своїми спостереженнями та висновками.

Учні можуть писати звіти про свої домашні спостереження або лабораторні роботи. Звіти можуть включати опис експерименту, методологію, отримані результати, висновки та особисті враження.

Домашні спостереження та лабораторні роботи з фізики у школі

допомагають учням поглиблювати свої знання та розвивати навички наукового методу. Вони сприяють більш глибокому розумінню фізичних явищ, стимулюють самостійність, критичне мислення та творчість учнів. Крім того, такі роботи дозволяють учням бути активними учасниками навчального процесу та набувати практичного досвіду у проведенні фізичних експериментів.

Експериментальні задачі з фізики у школі є важливим елементом навчання фізики. Вони дозволяють учням отримати практичний досвід проведення експериментів, вимірювання фізичних величин та аналізу отриманих даних. Особливості і значення експериментальних задач включають наступне:

Експериментальні задачі дозволяють учням застосовувати свої теоретичні знання фізики на практиці. Вони можуть використовувати закони та принципи фізики для розуміння явищ, які спостерігаються під час експерименту.

Експериментальні задачі допомагають учням розвивати навички планування експерименту, вибору вимірювальних приладів, проведення точних вимірювань та аналізу результатів. Вони навчають учнів методам наукового дослідження та сприяють розвитку критичного мислення.

Залучення до активного навчання ставить учня активним учасником освітнього процесу. Вони мають можливість самостійно формулювати питання, розробляти гіпотези, проводити експерименти та приходити до власних висновків. Це сприяє поглибленому розумінню фізичних явищ та зміцненню знань.

Експериментальні задачі надають учням можливість побачити практичне застосування фізики у реальному житті. Вони можуть застосовувати фізичні принципи для розв'язання конкретних завдань та розуміти, як фізика впливає на навколишній світ.

Експериментальні задачі спонукають учнів до креативного мислення та пошуку нетрадиційних рішень. Вони можуть виникати нові ідеї та підходи до

вирішення проблем, що сприяє розвитку інноваційного мислення.

Експериментальні задачі з фізики у школі мають значення не лише для отримання нових знань, але й для розвитку наукового мислення, критичного аналізу та практичних навичок учнів. Вони стимулюють цікавість до фізики і допомагають учням краще розуміти природні явища навколо нас.

Віртуальні лабораторні роботи й модельні дослідження з використанням комп'ютерних програмних педагогічних засобів є важливими компонентами сучасного навчання фізики у школі. Вони дозволяють учням проводити експерименти та дослідження у віртуальному середовищі за допомогою комп'ютера та спеціальних програм.

Вважаємо за доцільне навести перелік переваг, які надають віртуальні лабораторні роботи й модельні дослідження:

I. Безпека. Віртуальні лабораторні роботи дозволяють учням виконувати експерименти безпечно, не стикаючись з можливими ризиками, пов'язаними з реальними лабораторними матеріалами та обладнанням. Це особливо важливо для досліджень, які включають високі напруги, вибухові речовини або радіоактивні матеріали.

II. Доступність. Віртуальні лабораторні роботи дозволяють учням мати доступ до різноманітних експериментів і досліджень, незалежно від наявності реального лабораторного обладнання. Вони можуть вивчати різні фізичні явища і проводити дослідження, які можуть бути недосяжними у звичайному шкільному середовищі.

III. Візуалізація. Віртуальні лабораторні роботи часто мають можливість візуалізації фізичних процесів та явищ. Учні можуть спостерігати зміну параметрів, рух тіл, розподіл енергії тощо в реальному часі, що допомагає їм краще розуміти фізичні концепції.

IV. Моделювання. Віртуальні лабораторні роботи дають можливість учням проводити модельні дослідження, де вони можуть експериментувати з різними параметрами та варіантами. Це сприяє розвитку критичного мислення, вміння аналізувати результати і робити висновки.

V. Інтерактивність. Віртуальні лабораторні роботи можуть бути інтерактивними, що означає, що учні можуть взаємодіяти з експериментом, змінювати параметри, спостерігати результати та аналізувати дані. Це дозволяє залучити учнів до активного навчання і розвивати їхні навички проблемного вирішення.

Значення віртуальних лабораторних робіт і модельних досліджень полягає в наступному:

- доступність – дозволяють широкому колу учнів мати доступ до якісного навчання фізики, незалежно від наявності лабораторного обладнання і ресурсів у школі;
- розвиток навичок – віртуальні лабораторні роботи розвивають навички експериментування, вимірювання, аналізу даних та критичного мислення учнів;
- моделювання складних систем – дозволяють учням досліджувати та розуміти складні фізичні системи, які можуть бути важкодоступними у реальних умовах;
- підвищення інтересу до фізики та мотивація навчання – віртуальні лабораторні роботи можуть бути цікавими та захоплюючими для учнів, що допомагає підвищити їхній інтерес до фізики і мотивацію до вивчення предмету.

Віртуальні лабораторні роботи й модельні дослідження з використанням комп'ютерних програмних педагогічних засобів стають все більш поширеними в сучасній освіті, оскільки вони допомагають створити інтерактивне та ефективне середовище для вивчення фізики, розвивають навички, стимулюють творче мислення та підвищують якість освіти.

У залежності *від ролі вчителя*, навчальний експеримент поділяють на два види: **демонстраційний і лабораторний**.



Рис. 1.2. Структура демонстраційного та лабораторного експерименту

Основні вимоги до навчального фізичного експерименту у школі:

Вибір експерименту. Вчителі повинні вибирати експерименти, які добре відповідають навчальним цілям та віковим особливостям учнів. Експерименти можуть бути пов'язані з різними темами фізики, від механіки до термодинаміки, від електрики до оптики.

Планування та підготовка. Вчителі повинні заздалегідь планувати експерименти, забезпечуючи наявність необхідних матеріалів та обладнання. Також важливо забезпечити безпеку під час проведення експерименту та навчити учнів правилам використання обладнання.

Демонстрація та обговорення. Перед проведенням експерименту вчителі можуть продемонструвати його для учнів, пояснюючи процес та очікувані результати. Після експерименту важливо провести обговорення, де учні можуть спільно аналізувати отримані дані та розділити свої спостереження та висновки.

Запис результатів. Учні повинні вести записи під час проведення експерименту, фіксуючи важливі дані та спостереження. Це допомагає їм аналізувати результати та зробити висновки.

Аналіз та висновки. Після проведення експерименту учні мають аналізувати отримані результати, порівнювати їх з очікуваними та робити висновки. Це розвиває їх критичне мислення та здатність до логічного мислення.

Застосування у реальному житті. Вчителі повинні допомагати учням розуміти, як отримані знання та вміння можуть бути застосовані у реальному житті. Вони можуть обговорювати приклади застосування фізичних законів у технології, інженерії та інших галузях.

Фізичні експерименти відіграють важливу роль у навчанні фізики з кількох причин:

I. Візуалізація фундаментальних явищ, процесів, законів, концепцій. Фізичні експерименти дозволяють учням особисто спостерігати та вивчати фізичні явища, що допомагає їм отримати більш глибоке розуміння концепцій. Завдяки власному дослідженню та експериментуванню учні можуть бачити причинно-наслідкові зв'язки, теоретичні закони в дії та спостерігати результати реальних фізичних процесів. Наприклад, експеримент з киданням предметів різної маси дозволяє учням спостерігати, як сила впливає на рух об'єкту та визначає його траєкторію.

II. Перевірка теоретичних гіпотез. Фізичні експерименти дозволяють перевірити правильність теоретичних передбачень та законів механіки. Учні можуть проводити експерименти, вимірювати різні параметри і порівнювати їх з теоретичними результатами. Це допомагає підтвердити або відхилити гіпотези та закріпити знання про механічні принципи.

III. Розвиток практичних навичок у проведенні лабораторних досліджень. Фізичні експерименти сприяють розвитку навичок проведення лабораторної роботи, які є важливими в фізичній науці. Учні навчаються правильно налаштовувати експеримент, уважно спостерігати явища, збирати

та аналізувати дані, робити вимірювання та формулювати висновки на основі отриманих результатів. Фізичні експерименти сприяють розвитку навичок спостереження, аналізу та критичного мислення. Це розвиває їх здатність до логічного та критичного мислення, самостійного аналізу.

IV. Застосування практичних навичок. Фізичні експерименти дозволяють учням застосувати практичні навички, такі як робота з вимірювальними приладами, обробка даних, використання математичних моделей та графіків. Це допомагає розширити їх розуміння та вміння застосовувати фізичні принципи в реальних ситуаціях.

V. Стимулювання інтересу та мотивації. Фізичні експерименти можуть бути захоплюючими та цікавими для учнів. Вони дозволяють учням власноручно відкривати та досліджувати фізичні закони, що спонукає до активної участі, підвищує мотивацію та зацікавленість у навчанні механіки. Фізичні експерименти стимулюють учнів до творчого мислення та вирішення проблем. Вони поставлені перед задачею відкрити та розв'язати проблему, спрогнозувати результати та знайти оптимальні рішення. Цей процес розвиває їх творчість, уяву та здатність до інноваційного мислення.

Навчальний фізичний експеримент є важливим елементом навчального процесу, оскільки він сприяє глибшому розумінню, розвитку навичок та зацікавленості учнів у фізиці. Він стимулює їх активну участь та розвиває ключові компетенції, які є важливими для успішної навчання та майбутньої кар'єри, а також сприяє зацікавленості учнів до фізики та стимулює їх дослідницький дух.

РОЗДІЛ II

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ЗАСТОСУВАННЯ STEM-ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОЦЕСІ ПРОВЕДЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО ФІЗИЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ З МЕХАНІКИ

2.1. Методика і техніка проведення навчального фізичного експерименту з механіки на прикладі вимірювання прискорення вільного падіння

У традиційній методиці і техніці проведення навчального фізичного експерименту з механіки вимірювання прискорення вільного падіння здійснюється кількома методами:

за допомогою математичного маятника;

за допомогою похилої площини;

за допомогою методу визначення часу падіння тіла.

Математичний маятник

Один з найпростіших методів полягає в використанні маятника для вимірювання прискорення вільного падіння. Учень може зафіксувати тривалість коливання маятника, змінюючи довжину підвісу, масу маятника. За допомогою формули періоду коливання маятника можна обчислити прискорення вільного падіння.

Для вимірювання прискорення вільного падіння за допомогою маятника можна використовувати наступну методику:

1. Підготовка маятника.

- Виберіть підвісну точку для маятника, яка буде стабільна і нерухома.
- Підвісьте маятник до цієї точки, так щоб він міг вільно коливатися.

2. Вимірювання періоду коливання:

- Відхиліть маятник на невелику амплітуду.
- Відпустіть маятник, відміряйте час, за який він здійснює певну кількість коливань (наприклад, 10 коливань). Визначте час одного коливання за формулою: $T = \frac{t}{N}$, де T – період коливань, t – час коливань, N – кількість коливань.
- Повторіть вимірювання кілька разів для отримання середнього значення періоду коливання.

3. Обчислення прискорення вільного падіння:

- Використовуйте формулу періоду коливання маятника для прискорення вільного падіння: $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$, де T - період коливання, l - довжина нитки маятника, g - прискорення вільного падіння.
- Визначте прискорення вільного падіння за формулою: $g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$.

4. Аналіз та обробка даних:

- Обчисліть значення прискорення вільного падіння для кожного вимірювання та знайдіть середнє значення.
- Порівняйте отримане значення з теоретичним значенням прискорення вільного падіння (приблизно 9.8 м/с^2) і зробіть висновки.

Вимірювання прискорення вільного падіння за допомогою маятника має свої переваги та недоліки порівняно з іншими методами.

Переваги.

Простота та доступність. Маятник є простим у виготовленні та використанні, і його можна зробити зі звичайних матеріалів, таких як нитка та маленькі об'єкти в якості тягарця, наприклад кулька із підшипника.

Невисокі вимоги до обладнання. Для вимірювання періоду коливання маятника потрібен лише секундомір з достатньою точністю. Це робить метод

доступним для багатьох учнів та освітніх закладів.

Недоліки.

Обмежені точність і чутливість. Вимірювання періоду коливання маятника може бути менш точним порівняно з деякими іншими методами, оскільки точність залежить від умов вимірювання та вміння учня установити невеликі амплітуди коливань.

Вплив додаткових факторів. Результати можуть бути спотворені певними факторами, такими як опір повітря, розширення нитки маятника під час коливання та інші. Ці фактори можуть впливати на точність вимірювання.

Рух тіла по похилій площині

Учень може використовувати похилу площину, на якій кулька з прискоренням спускається вниз. Зафіксувавши час, який займає рух тіла по похилій площині, можна обчислити прискорення вільного падіння.

Обладнання і матеріали, які необхідні для виконання роботи: похила площина, лінійка, секундомір.

Хід виконання роботи.

1. **Підготовка експериментальної установки.** Встановіть похилу площину на рівній поверхні і переконайтеся, що вона надійно закріплена.
2. **Вимірювання довжини похилої площини:** За допомогою лінійки виміряйте довжину похилої площини і зафіксуйте це значення.
3. **Підготовка тіла для спуску.** Виберіть тіло, яке буде спускатися по похилій площині, наприклад кульку з підшипника.
4. **Вимірювання часу руху.** Запустіть тіло з верхнього краю похилої площини і одночасно запустіть секундомір. Зупиніть секундомір, коли тіло досягне нижнього краю площини. Зафіксуйте час, який зайняв процес спуску тіла.
5. **Обчислення прискорення вільного падіння.**

Складіть рівняння динаміки рівноприскореного руху за рис.2.1:

$$mg \sin a = ma,$$

де, m – маса тіла, g – прискорення вільного падіння, a – кут нахилу похилої площини. Тоді $g = \frac{a}{\sin a}$.

Прискорення знайдіть із формули: $S = v_0 t + \frac{at^2}{2}$,

де S – шлях, який проходить кулька по похилій площині, v_0 – початкова швидкість ($v_0 = 0$).

$$\sin a = \frac{H}{S},$$

Тоді прискорення вільного падіння знайдіть за формулою:

$$g = \frac{a}{\sin a} = \frac{2S}{t^2 \sin a} = \frac{2S^2}{H t^2}.$$

Проведіть експеримент кілька разів. Визначте середнє значення прискорення вільного падіння.

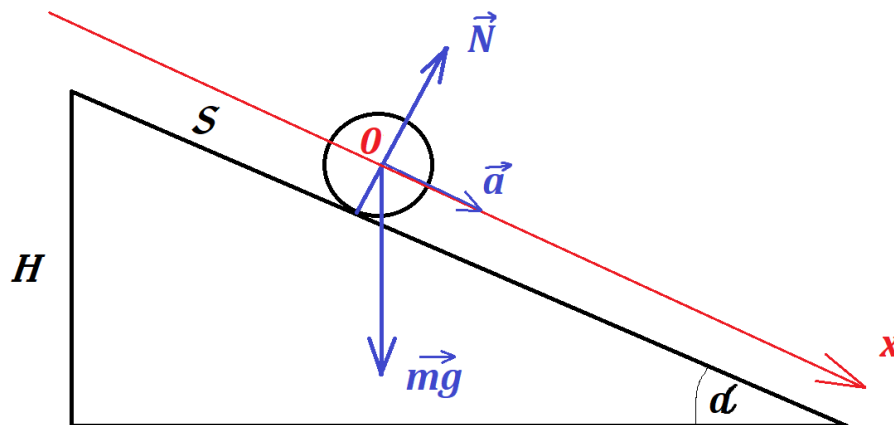


Рис. 2.1. Схема установки з визначення прискорення вільного падіння за допомогою похилої площини

6. Аналіз та обробка даних. Отримані дані можна використовувати для порівняння з теоретичним значенням прискорення вільного падіння (приблизно 9.8 м/с^2) та проведення додаткового аналізу.

Вимірювання прискорення вільного падіння за допомогою методу спуску тіла по похилій площині має свої переваги та недоліки.

Переваги.

Простота та доступність. Для вимірювання прискорення вільного падіння за допомогою методу спуску тіла по похилій площині потрібні лише похила площина, лінійка та секундомір. Це досить просте доступне обладнання.

Дослідницький підхід. Учні можуть самостійно проводити експеримент, спостерігати та вимірювати час, який займає тіло для спуску по похилій площині. Це стимулює їх активну участь у процесі вивчення та розвиває дослідницькі навички.

Недоліки.

Вплив сили тертя. Під час спуску тіла по похилій площині виникає сила тертя, яка може впливати на рух тіла та спотворювати результати. Це може призводити до похибки у вимірюванні прискорення вільного падіння.

Обмежена точність. Точність вимірювання залежить від точності секундоміра та уміння учнів визначити момент початку та кінця спуску тіла. Вимірювання може бути менш точним порівняно з деякими іншими методами.

Вимірювання часу падіння.

Учень може використовувати секундомір або хронометр для вимірювання часу падіння тіла з відомої висоти. Знайдений час можна використовувати для обчислення прискорення вільного падіння за формулою $H = \frac{gt^2}{2}$, де H - висота падіння, g - прискорення вільного падіння, t - час падіння.

Для виконання роботи необхідно таке обладнання:

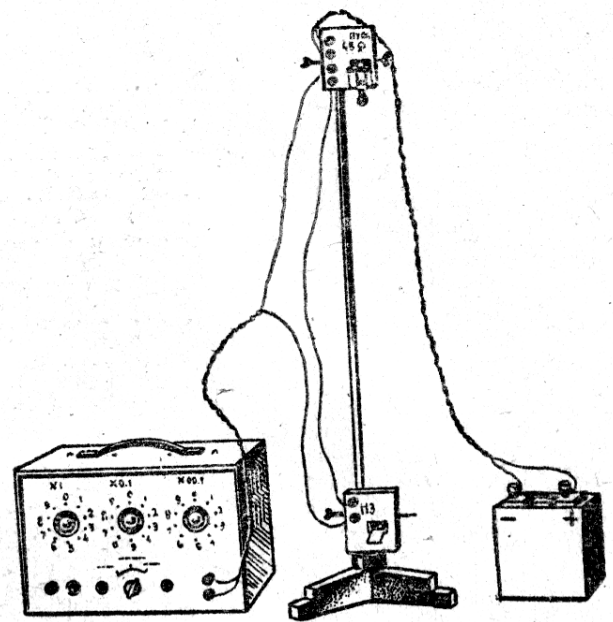


Рис. 2.2. Установка для визначення прискорення вільного падіння

секундомір, лічильник-секундомір, куля сталева, штатив універсальний, шухляда з піском.

Установку складають за рис. 2.2. Панель НЗ встановлюють на такій висоті, щоб відстань від піднятої площадки до підвішеної до електромагніта кульки була $\sim 1,0$ м.

Дослід проводять у такий спосіб. Тумблером вмикають електромагніт, панель НЗ приводять у вихідний стан, встановлюють секундомір у вихідне положення, підносять кульку до електромагніта. Після розмикання тумблером ланцюга електромагніта і спрацьовування контактів панелі НЗ, відраховують час руху кулі. Дослід повторюють 3 рази для різних висот (0,8; 1,0 та 1,2 м). Результати дослідів заносять до таблиці 3. Отримані дані дозволяють розрахувати прискорення вільного падіння.

Для дослідів можна застосувати будь-який демонстраційний секундомір.

Знаходять середнє значення прискорення вільного падіння, порівнюють із табличним і роблять висновки.

Переваги та недоліки вимірювання прискорення вільного падіння методом вимірювання часу падіння мають наступний характер:

Переваги.

Простота. Метод вимірювання часу падіння є дуже простим у виконанні. Він вимагає лише доступного годинника або секундоміра та лінійки.

Доступність. Традиційний метод вимірювання є доступним для вчителів та учнів, оскільки не потребує спеціального обладнання або складних пристроїв.

Вчителі можуть легко контролювати процес. Вчителі можуть забезпечити контроль над експериментом, оскільки вони можуть наглядати за часом падіння і допомогти учням у вимірюваннях.

Недоліки.

Похибки вимірювання. При вимірюванні часу падіння можуть

виникати похибки, пов'язані з реакцією людини на початок і кінець падіння, а також з точністю годинника або секундоміра. Ці похибки можуть вплинути на отримані результати.

Вплив зовнішніх факторів. Зовнішні фактори, такі як повітряний опір можуть вплинути на точність результатів вимірювання.

Обмежена інформація. Вимірювання часу падіння дозволяє лише визначити прискорення вільного падіння. В інших методах можна отримати більше додаткової інформації, наприклад, про взаємодію зовнішніх сил.

Важливо зазначити, що вибір методу вимірювання прискорення вільного падіння залежить від доступних ресурсів, навчальних цілей та умов проведення експерименту. Комбінація різних методів може бути корисною для отримання більш точних результатів та розширення розуміння фізичних концепцій учнями.

2.2. Використання Arduino-сумісних мікроконтролерів для реалізації фізичного експерименту на принципах STEM-підходу

Використання Arduino-сумісних мікроконтролерів є ефективним інструментом для реалізації фізичних експериментів на принципах STEM-підходу. Наведемо кілька варіантів, які демонструють можливості застосування Arduino для проведення фізичних експериментів:

- 1. Збір та аналіз даних.** За допомогою Arduino можна підключити датчики різних фізичних величин, таких як температура, вологість, світло, прискорення тощо. Arduino зчитує дані з цих датчиків та зберігає їх у вигляді чисел або графіків. Це дозволяє учням зібрати дані з реального світу, вивчати залежності між різними параметрами та аналізувати результати.
- 2. Керування експериментальними установками.** Arduino може бути використана для керування різними актуаторами та

електромеханічними системами. Наприклад, можна використовувати Arduino для керування рухом роботів, налаштування параметрів електричних колах або регулювання параметрів системи. Це дозволяє учням проводити досліди, контролювати умови експерименту та спостерігати за результатами.

- 3. Розв'язання фізичних задач.** Arduino може бути використана для моделювання та розв'язання різних фізичних задач. За допомогою Arduino учні можуть програмувати фізичні симуляції, моделювати рух тіл, електричні кола, коливання та хвилі. Це дозволяє учням експериментувати з різними параметрами, спостерігати за результатами та отримувати нові відкриття.

На уроках STEM можна використовувати платформу Arduino та її аналоги. Використання програми та датчиків для вимірювання фізичних величин в експериментальному практикумі забезпечить формування в учнів навичками, необхідними для професії інженера. Дані, отримані за допомогою датчиків, можна аналізувати у традиційний спосіб фізичного практикуму, що дозволить розвинути навички проведення фізичного експерименту.

Відмітимо, STEM-підхід можна застосувати у різних видах діяльності, бо для цього не завжди потрібні дорогі лабораторії та обладнання. Базові інженерні навички вже формуються, коли учень будує лабораторну установку з підручних матеріалів.

Навчаючись за новою технологією, учні показують свої результати.

Arduino-сумісні мікроконтролери дозволяють учням практично застосовувати фізичні концепції, розвивати навички програмування та експериментувати з реальними фізичними явищами. Вони є потужним інструментом для реалізації фізичних експериментів на основі STEM-підходу, який сприяє активному навчанню, практичному дослідженню та розвитку творчого мислення учнів.

Ми самі здатні створити нових талановитих і творчих учнів, здатних мислити і творити. Про STEM освіті потрібно знати одну головну річ - це не

просто мода в освіті. Зараз це самий реальний і ефективний підхід для вирішення глобальних світових проблем: в екології, енергетиці, медицині, інженерії, будівництві тощо.

Школа повинна як можна швидше втілити цей підхід, оскільки майбутнє складно уявити без висококваліфікованих спеціалістів, які вміють творчо мислити і приймати правильні рішення.

Таким чином, використання STEM-технологій на уроках фізики доводить їх позитивний вплив на покращення якості освіти, а також у частковому залученні учнів до світу науки.

2.3. Розробка методики і техніки проведення дослідження з визначення прискорення вільного падіння та мікроконтролера Arduino Nano

В якості лабораторної роботи для 10 класу пропонується досліджувати прискорення вільного падіння. У залежності від рівня підготовки учнів кількість кроків може бути вибірковою.

Експериментальна установка складається із таких основних компонентів: мікроконтролер Arduino Nano, монтажна плата, електромагніт, вимикач-приймач, 3 вимикачі, 2 резистори по 10 кОм, контактне реле, джерело живлення на 5 В.

Arduino Nano - це компактна плата з мікроконтролером, яка базується на технології Arduino. Вона є однією з найменших та найпопулярніших моделей Arduino. Arduino Nano має багато вбудованих функцій, які роблять його високофункціональним і зручним для використання у проектах з електроніки та програмування.

Основні характеристики Arduino Nano:

Мікроконтролер: Arduino Nano має вбудований мікроконтролер ATmega328P, який забезпечує обробку програм та взаємодію зі зовнішніми

пристроями.

АТmega328P – це мікроконтролер, який використовується в багатьох платформах Arduino. Він має розширену архітектуру AVR RISC (Reduced Instruction Set Computer), яка забезпечує швидку та ефективну обробку команд [27]. Основний принцип дії АТmega328P включає наступні етапи:

Виконання програми. Мікроконтролер АТmega328P виконує програму, яка зберігається во внутрішній флеш-пам'яті. Програма складається з послідовності команд, які виконуються послідовно одна за одною.

Пам'ять. Пам'ять має 32 кБ флеш-пам'яті для збереження програмного коду, 2 кБ оперативної пам'яті (SRAM) для збереження змінних та 1 кБ EEPROM для збереження постійних даних.

Швидкодія. Arduino Nano працює на тактовій частоті 16 МГц, що дозволяє йому виконувати операції швидко та ефективно.

Керування вхідними/вихідними пінами. Arduino Nano має 14 цифрових входів/виходів, з яких 6 можуть бути використані як вихід для генерації ШІМ сигналу. Має також 8 аналогових входів для зчитування аналогових сигналів або керування зовнішніми пристроями. Мікроконтролер може читати стани вхідних пінів, записувати значення на вихідні піни та здійснювати різні операції з цими пінами.

Обробка переривань. АТmega328P підтримує механізм переривань, який дозволяє відгукнутися на зовнішні події, такі як зміна стану піна або таймерний лічильник. При спрацюванні переривання мікроконтролер призупиняє виконання поточної програми та переходить до обробки переривання.

Обробка аналогових сигналів. АТmega328P має вбудований аналого-цифровий перетворювач (АЦП), який дозволяє зчитувати аналогові сигнали з аналогових вхідних пінів і перетворювати їх на цифрові значення.

Керування таймерами та лічильниками. Мікроконтролер має вбудовані таймери та лічильники, які можуть бути використані для

вимірювання часу, генерації пульсових сигналів або керування іншими зовнішніми пристроями.

Зв'язок з периферійними пристроями. ATmega328P підтримує різні інтерфейси зв'язку, такі як UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter), I2C (Inter-Integrated Circuit) та SPI (Serial Peripheral Interface). Ці інтерфейси дозволяють зв'язувати мікроконтролер з іншими пристроями, такими як сенсори, дисплеї, зовнішній пам'яті та інші.

Arduino Nano підтримує програмування мовою Arduino, яка базується на мові C/C++. Існує багато бібліотек та прикладів коду, які допомагають розробникам швидко почати роботу з Arduino Nano та виконувати різноманітні проекти у сфері електроніки, робототехніки та IoT.

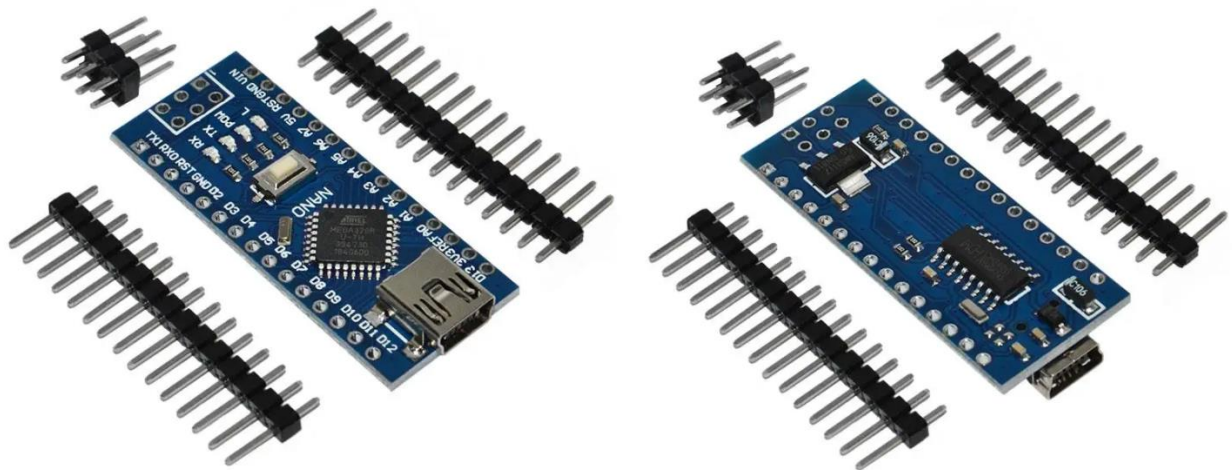


Рис. 2.3. Мікроконтролер Arduino Nano

ATmega328P забезпечує широкі можливості для програмування та керування зовнішніми пристроями. Це дозволяє розробникам створювати різноманітні проекти від простих до складних, включаючи роботів, автоматизацію, IoT-пристрої та інші застосунки вбудованих систем.

Рідкокристалічний дисплей (LCD) 1602A, також відомий як 16x2

LCD, є одним з найпоширеніших та простих у використанні типів LCD-дисплеїв. Він складається з 16 символних стовпців і 2 рядків, тому назва "1602".

Основні характеристики LCD 1602A:

Розмір та роздільна здатність. Дисплей має 16 символних стовпців та 2 рядки, що дозволяє відображати до 32 символів одночасно. Кожен символ складається з 5x8 пікселів.

Заднє підсвічування. Багато моделей LCD 1602A мають вбудоване заднє підсвічування, яке може бути активоване для полегшення читання дисплею в темних умовах. Зазвичай використовується білий або синій колір підсвічування.

Керування. LCD 1602A керується за допомогою контролера HD44780 або сумісного контролера. Це дозволяє легко здійснювати вивід тексту та графічних символів на дисплей.

Інтерфейс. Дисплей підключається до мікроконтролера або Arduino за допомогою паралельного інтерфейсу, що вимагає кілька цифрових входів/виходів для передачі даних та керування.

Керування символами. LCD 1602A може відображати попередньо визначені символи, крім стандартних символів. Це дозволяє створювати власні графічні символи або використовувати спеціальні символи, такі як стрілки або іконки.

Простота використання. Дисплей може бути легко програмований для виводу тексту, чисел та графіки. Існують бібліотеки та приклади коду для Arduino та інших мікроконтролерів, які спрощують роботу з LCD 1602A.

Дисплей LCD 1602A забезпечує простий та зручний спосіб відображення інформації у проектах. Він може бути використаний для відображення тексту, чисел, стану сенсорів або будь-якої іншої інформації, що допомагає користувачам отримувати візуальний вихід зі своїх пристроїв.

Шина I2C (Inter-Integrated Circuit) – це комунікаційний протокол, який дозволяє з'єднати кілька пристроїв на одній шині та обмінюватися

даними між ними. Вона широко використовується для зв'язку між мікроконтролерами, сенсорами, дисплеями, EEPROM і багатьма іншими пристроями.

Будова шини I2C:

- Майстер та підлеглі пристрої: Шина I2C має концепцію майстра (Master) та підлеглих (Slave) пристроїв. Майстер є ініціатором комунікації, він контролює процес передачі даних, а підлеглі пристрої відповідають на запити майстра.
- Два проводи: Шина I2C складається з двох проводів - SDA (Serial Data Line) та SCL (Serial Clock Line). SDA використовується для передачі даних, а SCL - для синхронізації передачі даних між пристроями.
- Адресація: Кожен пристрій на шині I2C має свою унікальну адресу, яка використовується для ідентифікації пристрою. Адреси можуть бути 7-бітними або 10-бітними, залежно від протоколу I2C, що використовується.

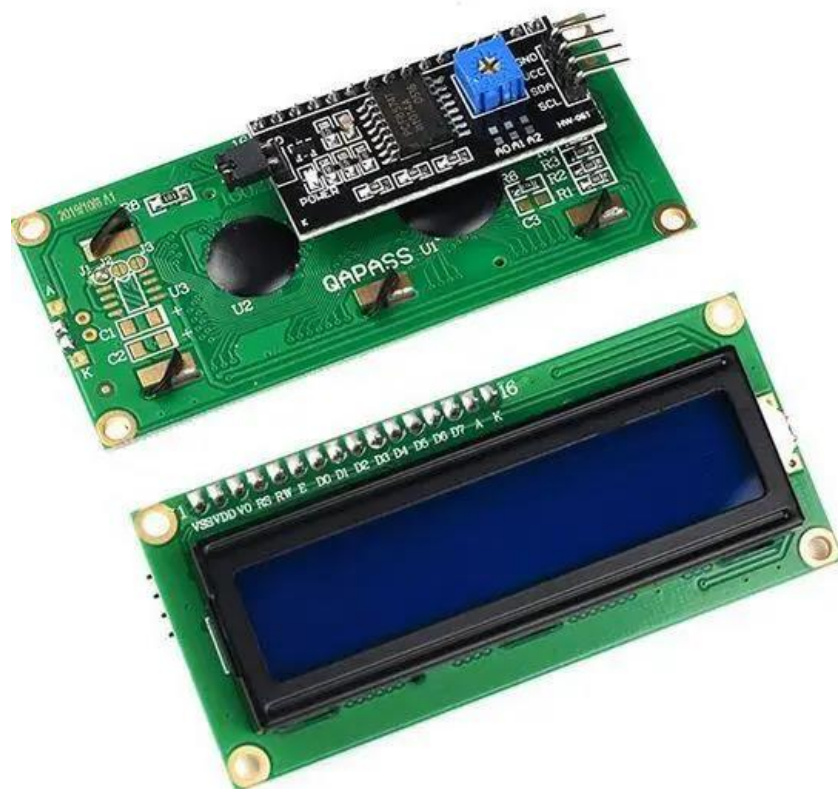


Рис. 2.4. Рідкокристалічний дисплей LCD 1602A з контролером шини I2C

Принцип дії шини I2C:

- Старт передачі (Start condition): Майстер починає передачу даних на шині I2C, відправляючи стартовий сигнал. Це означає зниження рівня SDA, після чого знижується рівень SCL.
- Адресація: Майстер відправляє адресу підлеглого пристрою, з яким він хоче спілкуватися. Це включає біт адреси та біт напрямку передачі (запис або читання).
- Взаємодія даними: Після адресації майстер та підлеглий пристрій можуть обмінюватися даними. Дані передаються біт за бітом, починаючи з найбільш значущого (MSB) і закінчуючи найменш значущим (LSB). Ще один біт, ACK/NACK, використовується для підтвердження отримання даних.
- Завершення передачі (Stop condition): Майстер генерує сигнал стопу, встановлюючи рівень SDA відповідно до стану SCL. Це означає закінчення передачі даних.

Переваги шини I2C:

- Простота підключення пристроїв на одній шині.
- Можливість з'єднання багатьох пристроїв на одному майстері.
- Ефективне використання ресурсів, так як шина I2C використовує лише два проводи.
- Підтримка зчитування та запису даних одночасно.

Шина I2C є потужним і широко використовуваним засобом для зв'язку між різними пристроями. Вона дозволяє спростити процес комунікації та підключення пристроїв, що робить її популярним вибором для вбудованих систем, IoT-пристроїв та інших застосунків.

Схема установки

За основу електронної складової установки нами взято було розробку

простого таймера [26]. Принципова електрична схема показана на рис. 2.5. Крім плати Arduino Nano, необхідно кілька додаткових компонентів (LCD-екран з I2C-контролером, резистори R1 і R2 по 10 кОм і три кнопки). Запуск і установка таймера здійснюється двома кнопками. Кнопки в установці нормально-розімкнуті.

Принцип дії

Паралельно до кнопки START приєднуємо контактне реле, яке буде вимикати електромагніт, що тримає сталеву кульку. До кнопки STOP приєднуємо вимикач-приймач, на який падає кулька і замикає контакти.

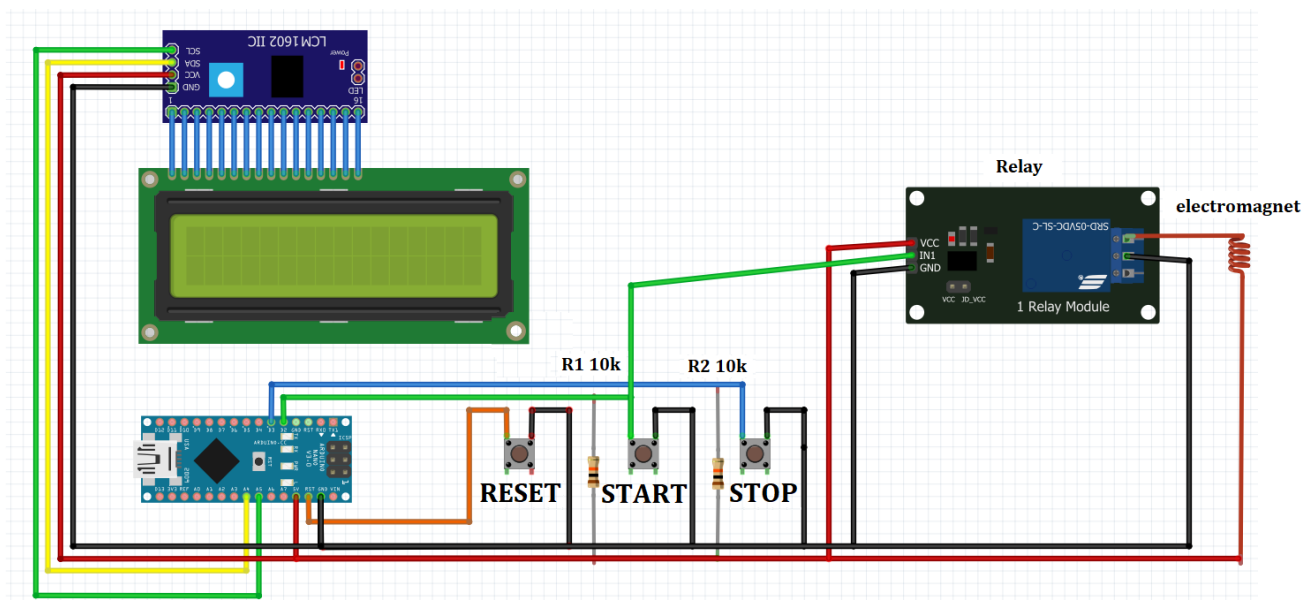


Рис. 2.5. Електронна схема установки для визначення прискорення вільного падіння

Перед вимірюванням часу натискаємо кнопку RESET, щоб скинути попередні дані. На дисплеї з'явиться повідомлення «Ball drop time» у першому рядку та «Time: 0,000» у другому.

При натисканні кнопки START починається відлік часу і одночасно контактне реле розмикає живлення електромагніту і кулька починає падати. Після падіння кульки на вимикач-приймач (рис. 2.6 і 2.7) відлік часу зупиняється і час падіння відображається на екрані.

Вимикач-приймач виготовлено із патрона до електричної лампи з цоколем стандарту E14, мідного стержня, корку і кришки пластикової пляшки. При ударі кульки мідний стержень замикає контакти і, таким чином, сигнал передається на мікроконтролер.



Рис. 2.6. Будова вимикача-приймача (вигляд у розібраному стані)



Рис. 2.7. Зовнішній вигляд вимикача приймача

Для виготовлення електромагніта були виконані розрахунки, які враховують потужність, робочу напругу і максимальну силу струму.

Провід, діаметром 0,075 мм, має площу поперечного перерізу $4,4 \cdot 10^{-9}$ м². Враховуючи, що питомий опір міді становить $1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м, то один погонний метр проводу має опір $R = \rho \frac{l}{S} = 1,7 \cdot 10^{-9} \text{ Ом} \cdot \text{м} \cdot \frac{1 \text{ м}}{4,4 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2} = 3,85 \text{ Ом}$. Експериментальним шляхом виявлено, щоб утримати сталеву кульку, масою до 10 г, достатньо потужності електромагніта 1,25 Вт. Тому, при стандартному живленні у 5 В (для більшості побутових пристроїв) струм становитиме 0,25 А, а опір ділянки електромагніта 20 Ом. Відповідно до таких розрахунків, необхідно 5,2 м проводу намотати на стальне осердя (болт довжиною 5 см і діаметром 1 см). Після виготовлення електромагніт було заізолювано ізоляційною стрічкою.

Експеримент продемонстрував, що електромагніт тримає кульку, масою 10 г (кулька з підшипника).



Рис. 2.8. Зовнішній вигляд електромагніта

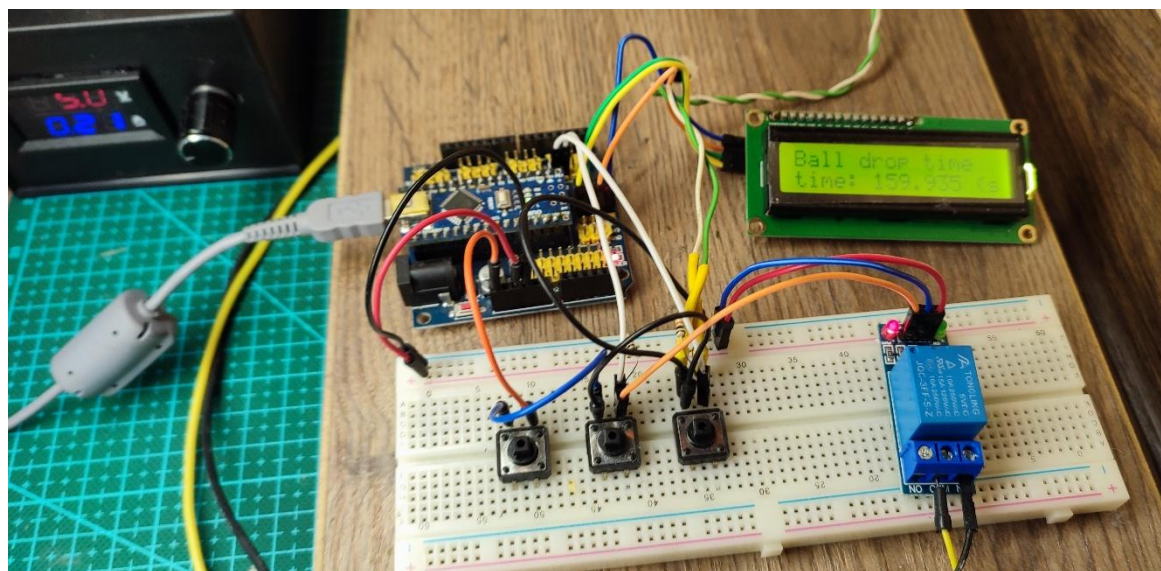


Рис. 2.9. Зовнішній вигляд електронної частини установки для визначення прискорення вільного падіння



Рис. 2.10. Зовнішній вигляд установки для визначення прискорення вільного падіння

Програмний код для функціонування установки має вигляд:

```

/*
Connecting the LCD to a Arduino Nano:
VCC  <-> 5V
GND  <-> GND
SDA  <-> A4/SDA
SCL  <-> A5/SCL
*/

#include <Wire.h>

```

```
// Підключення бібліотеки для роботи з LCD-дисплеєм
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
// Вибираємо адресу 0x27 для 16 елементів і 2 лінії
LCD1602
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);

unsigned long previousmillis = 0;
float duration = 0;
int k = 150 // поправка різниці часу замірювань
(похибка)

void setup() {
    // ініціалізація виведення інформації на LCD.
    lcd.init();
    lcd.backlight();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Ball drop time");
    pinMode(2, INPUT);
    pinMode(3, INPUT);
    attachInterrupt(0, count, CHANGE);
    attachInterrupt(1, count1, CHANGE );
}

void loop() {
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("time: ");
    lcd.print(duration/1000,3);
    lcd.print(" (s)");
    delay(1000);
}
```



```

void count() {
    previousmillis = millis();
}

void count1() {
    duration = (millis() - previousmillis)+k;
}

```

Ця програма використовує бібліотеку `LiquidCrystal_I2C` для роботи з LCD-дисплеєм та вимірює час між двома перериваннями за допомогою функції `millis()`.

Принцип дії програми наступний:

1. **Підключення бібліотек та налаштування змінних.** У першому рядку програми включаються бібліотеки `Wire.h` і `LiquidCrystal_I2C.h` для роботи з LCD-дисплеєм. Після цього створюється об'єкт `lcd`, який використовується для взаємодії з дисплеєм. Змінна `previousmillis` використовується для зберігання попереднього значення `millis()`, а змінна `duration` - для зберігання тривалості між перериваннями.
2. **Функція `setup()`.** У функції `setup()` ініціалізується LCD-дисплей за допомогою функції `init()`, вмикається підсвічування (`backlight()`) та встановлюється початкове положення курсора (`setCursor(0, 0)`). На дисплеї виводиться повідомлення "TIMING TEST KIT". Також встановлюються піни 2 та 3 як вхідні (`pinMode(2, INPUT)` та `pinMode(3, INPUT)`). Функція `attachInterrupt()` встановлює переривання для пінів 0 та 1, коли стан їх змінюється (`CHANGE`), і викликає функції `count()` та `count1()` відповідно.
3. **Основний цикл програми - функція `loop()`.** У циклі програми на LCD-дисплей виводиться повідомлення "time(s):" та значення `duration`, розділене комою. Значення `duration` обчислюється як різниця між поточним значенням `millis()` та попереднім значенням `previousmillis`,

яке зберігається у функції **count1()**. Це дає нам час у мілісекундах між двома прериваннями. Для відлагодження програми на моніторі порту виводиться значення **duration** у мілісекундах.

4. **Функція count()**. Ця функція викликається під час зміни стану на піні 0. Вона оновлює значення **previousmillis** на поточне значення **millis()**, щоб запам'ятати час початку проміжку.
5. **Функція count1()**. Ця функція викликається під час зміни стану на піні 1. Вона обчислює тривалість проміжку, віднімаючи попереднє значення **previousmillis** від поточного значення **millis()** та зберігає результат у змінну **duration**.

Програма використовує LCD-дисплей для відображення часу, а також її можна доповнити кодом для перегляду часу на моніторі порту для відлагодження. Програма використовує преривання для точного вимірювання часу між двома змінами стану на пінах.

2.4. Лабораторна робота з визначення прискорення вільного падіння з використанням мікроконтролера Arduino Nano

Тема. Визначення прискорення вільного падіння з використанням мікроконтролера Arduino Nano.

Мета. Визначити прискорення вільного падіння за кульки та секундоміра, що функціонує за допомогою контролера Arduino.

Обладнання. Мікроконтролер Arduino Nano, монтажна плата, електромагніт, вимикач-приймач, 3 вимикачі, 2 резистори по 10 кОм, контактне реле, джерело живлення на 5 В.

Хід виконання роботи.

1. Скласти установку за схемою на рис.2.5 та рис. 2.10.
2. Підготувати таблицю Excel для внесення даних.

№ п/п	Висота, м	Час, с	Прискорення, м/с ²

3. Запрограмувати мікроконтролер.
 4. Запустити установку.
 5. Підвісити кульку до електромагніту на висоті, наприклад 90 см.
 6. Натиснути кнопку START.
 7. Зняти покази екрана і внести у таблицю для дослідження.
 8. Виконати дослідження для кожної висоти по 5 разів.
 9. Виконати п. 5-8 для інших висот (рекомендовано 80, 70, 60 і 50 см).
 10. Розрахувати прискорення вільного падіння за формулою $g = \frac{2h}{t^2}$,
 11. Розрахувати середнє значення прискорення вільного падіння.
 12. Порівняти із реальним $g = 9.81 \text{ м/с}^2$. Знайти похибку вимірювання за формулою: $\varepsilon = \frac{|g_n - g_{\text{сер}}|}{g_n} * 100\%$.
 13. Привести робоче місце у порядок.
 14. Зробити висновки по роботі.
- Зразок виконання роботи подано у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Вимірювання прискорення вільного падіння

№ п/п	Висота, м	Час, с	Прискорення, м/с ²	
1	0,9	0,423	10,060	
2	0,9	0,448	8,968	
3	0,9	0,415	10,451	
4	0,9	0,423	10,060	Середнє значення
5	0,9	0,431	9,690	9,846
6	0,8	0,408	9,612	
7	0,8	0,395	10,255	
8	0,8	0,405	9,755	
9	0,8	0,408	9,612	Середнє значення
10	0,8	0,411	9,472	9,741
11	0,7	0,403	8,620	
12	0,7	0,357	10,985	
13	0,7	0,368	10,338	
14	0,7	0,394	9,019	Середнє значення
15	0,7	0,385	9,445	9,681
16	0,6	0,342	10,260	
17	0,6	0,354	9,576	
18	0,6	0,351	9,740	
19	0,6	0,336	10,629	Середнє значення
20	0,6	0,358	9,363	9,914
21	0,5	0,311	10,339	
22	0,5	0,325	9,467	
23	0,5	0,328	9,295	
24	0,5	0,308	10,541	Середнє значення
25	0,5	0,315	10,078	9,944
		Середнє значення	9,825	0,15%

Похибка вимірювання

2.5. Методичні рекомендації для вчителів фізики для упровадження фізичних експериментів, орієнтованих на STEM технології

Упровадження фізичних експериментів, орієнтованих на STEM-технології, може сприяти покращенню якісної підготовки учнів з фізики та розвитку їх дослідницьких умінь. Наведемо основні положення методичних рекомендацій для вчителів фізики щодо упровадження фізичних експериментів, орієнтованих на STEM-технології:

Планування та організація.

- Визначте конкретні STEM-цілі, які ви хочете досягти з допомогою фізичних експериментів. Наприклад, покращити розуміння концепцій фізики, розвивати дослідницькі та технологічні навички, сприяти творчому мисленню та інноваціям.
- Плануйте експерименти так, щоб вони були цікавими, викликали запитання та стимулювали учнів до активної участі.
- Розробіть розклад проведення експериментів та визначте необхідні матеріали та обладнання.
- Передбачте безпеку та підготуйте необхідні заходи для запобігання можливим ризикам.

Залучення учнів.

- Використовуйте проблемне навчання, ставлячи перед учнями реальні фізичні проблеми, які вони повинні вирішити за допомогою експериментів.
- Ставте перед учнями реальні проблеми, для вирішення яких вони повинні використовувати фізичні експерименти та STEM-технології. Це допоможе розвивати їх аналітичні та критичне мислення.
- Заохочуйте учнів до активної участі в експериментах, надавайте їм можливість самостійно виконувати вимірювання, аналізувати

дані та робити висновки. Це дозволить їм отримати практичний досвід та розвинути навички спостереження, вимірювання та аналізу даних.

- Спонукайте учнів до спільної роботи в командах для виконання більш складних проектів або дослідів. Застосовуйте рольові ігри, де кожен учень виконує певну роль у команді.
- Заохочуйте творчий підхід учнів, надайте їм свободу для власних досліджень та експериментів. Надайте учням можливість розвивати творчість та інноваційність, надихаючи їх до експериментування, пошуку нових рішень та проблемного мислення.

Використання технологій.

- Впроваджуйте STEM-технології, такі як Arduino, Raspberry Pi, сенсори, лазери, камери для збору та аналізу та візуалізації даних, що може значно розширити можливості проведення фізичних експериментів.
- Надайте учням можливість використовувати програмування для керування та моніторингу експериментальних пристроїв.
- Використовуйте комп'ютерні програми та симуляції для моделювання фізичних процесів та сприяння розумінню концепцій.

Зв'язок із практикою.

- Спробуйте використовувати реальні та повсякденні приклади в контексті фізичних експериментів. Це допоможе учням бачити зв'язок між фізикою та повсякденним життям, що сприятиме покращенню їх зацікавленості та зрозуміння.

Аналіз та висновки.

- Розвивайте навички аналізу даних та висновків. Навчіть учнів використовувати статистичні методи для обробки та

інтерпретації отриманих результатів.

- Сприяйте критичному мисленню та рефлексії, закликайте учнів обговорювати та обґрунтовувати свої спостереження та висновки.

Залучайте командну роботу.

- Заохочуйте учнів до спільної роботи в командах для виконання складніших проектів або дослідів. Це сприятиме розвитку навичок співпраці, комунікації та лідерства, що є важливими в аспекті STEM-підходу.

Інтеграція з іншими науками та предметами.

- Співпрацюйте з вчителями інших наук та предметів для створення інтердисциплінарних проектів та експериментів.
- Розгляньте можливість використання реальних проблем та проектів з різних областей знань для застосування фізичних концепцій та STEM-технологій.

Постійна оцінка та зворотний зв'язок.

- Надайте учням зворотний зв'язок щодо їх виконання експериментів, аналізу даних та висновків.
- Заохочуйте учнів до самооцінки, надайте їм можливість презентувати свої результати та обговорювати свої відкриття з іншими.

Забезпечуйте безпеку.

- Пам'ятайте про важливість безпеки під час проведення експериментів. Підготуйте учнів до безпечної роботи з обладнанням та матеріалами, а також вкажіть їм на важливі аспекти безпеки.

Важливо також пам'ятати, що впровадження фізичних експериментів, орієнтованих на STEM-технології, потребує планування, розробки програми та адаптації до потреб та можливостей вашого класу. Проактивна підготовка та постійна підтримка учнів допоможуть досягнути успіху в цьому процесі.

Запропоновані методичні рекомендації допоможуть вчителям фізики ефективно впроваджувати фізичні експерименти, орієнтовані на STEM-технології, та стимулювати дослідницький підхід та розвиток ключових навичок учнів.

ВИСНОВКИ

У результаті наукового дослідження на тему "Упровадження елементів STEM-освіти у навчальний фізичний експеримент з механіки" можемо зробити висновки.

Вважаємо, що вчитель має приділяти особливу увагу навчальному фізичному експерименту, який є вагомим органічною частиною усіх видів шкільних курсів фізики і одночасно важливим методом навчання.

У зв'язку з цим особливого значення набувають експерименти, які дають можливість вимірювати, встановлювати кількісні співвідношення між величинами у вигляді функцій, рівнянь тощо. Такі експерименти – дієвий засіб розумової діяльності учнів на уроках.

На нашу думку, вчителі повинні приділяти значну увагу умовам креативного підходу до навчання, бо цей підхід передбачає перебування учнів в умовах роботи науково-дослідницької лабораторії. Реалізація цього принципу тісно пов'язана із сучасними освітніми технологіями, зокрема STEM-технологіями. Такий зв'язок сприяє вдосконаленню процесу навчання та розвитку учнів.

Фізичний експеримент надає можливість учням вивчати та розуміти фізичні принципи шляхом активного дослідження та виконання практичних завдань. STEM-технології, які можуть включати апаратне та програмне забезпечення, сенсори, мікроконтролери та інші пристрої, допомагають учням збирати, аналізувати та візуалізувати дані, автоматизувати процеси, моделювати та симулювати фізичні явища. Це розширює можливості досліджень, сприяє розвитку критичного та творчого мислення, розумінню зв'язку фізики з реальним світом, а також розвитку навичок STEM, таких як аналіз даних, програмування, інженерна грамотність та співпраця у команді. Таким чином, STEM-технології допомагають зробити фізичні експерименти більш ефективними, цікавими та актуальними для учнів, а також підтримують їх розвиток у сучасному технологічному світі.

Отже, STEM-освіта – це напрям освіти, метою якого є розвиток науково-технічних компетенцій учнів і розв’язання проблеми браку інженерних кадрів; один із головних трендів у світовій освіті; інтеграція чотирьох дисциплін (природничі науки, технологія, інжиніринг, математика) в єдину схему навчання, проектне та інтегроване навчання; освіта, яка закладає інтерес до дослідницької діяльності та готує дітей до життя у технологічно розвиненому житті; урок, побудований на реалізації конкретного проекту, застосуванні науково-технічних знань у реальному житті; набуття знань через гру та конструювання пристроїв і механізмів; не запам’ятовування фактів, а розуміння і формування практичних навичок і умінь; підготовка майбутніх фахівців у галузі високих технологій і комунікацій; основа економічного та інноваційного розвитку країни.

На вирішення завдань магістерської роботи нами було проаналізовано систему навчального фізичного експерименту з механіки і запропоновано варіант виконання лабораторної роботи "Визначення прискорення вільного падіння з використанням мікроконтролера Arduino Nano".

У роботі нами описано принцип дії установки, конструктивні елементи установки (за відсутності таких – описано варіант самостійного виготовлення із підручних засобів), програмний код (на мові програмування C++), хід виконання лабораторної роботи та один із варіантів її виконання.

Результати виконання лабораторної роботи "Визначення прискорення вільного падіння з використанням мікроконтролера Arduino Nano" дають можливість визначити за описаною методикою прискорення вільного падіння з похибкою 0,15%, що є досить точною для шкільного фізичного експеримента і підтверджує ефективність цієї методики.

Отже, упровадження STEM-елементів у фізичний навчальний процес з механіки може включати використання сучасних технологій, таких як сенсорні пристрої, IoT, програмування, віртуальна та доповнена реальність. Це допомагає зробити навчання більш захопливим, зрозумілим і актуальним для учнів. Використання Arduino у визначенні прискорення вільного

падіння дозволяє учням отримати точні та об'єктивні дані, а також розвиває навички роботи з сучасною технологією та обробки даних. Упровадження STEM-освіти у фізичний навчальний процес сприяє підвищенню мотивації учнів до вивчення фізики, розвитку їх творчих та дослідницьких навичок, а також формуванню критичного мислення та умінь розв'язувати складні проблеми.

Загалом, впровадження елементів STEM-освіти у навчальний фізичний експеримент з механіки є цікавим та ефективним підходом, який сприяє активному навчанню, розвитку технологічних навичок та поглибленню розуміння фізичних принципів учнями. Він допомагає створити стимулююче і цікаве навчальне середовище, де учні можуть вільно досліджувати та розвивати свої наукові та технічні здібності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бугаев А.И. Методика преподавания физики. Теоретические основы. М.: Просвещение, 1981. 288с.
2. Буров В. О. Практикум з фізики в середній школі. Дидактичний матеріал // Посібник для вчителя. – К.: Рад. шк., 1990. – 176 с.
3. Василяшко І., Булавська Л. STEM-школа: від ідеї до реалізації // Збірник матеріалів зимової дистанційної сесії «STEM-школа – 2020» / укладачі: І. П. Василяшко, Н. І. Гущина, О. В. Коршунова, О. О. Патрикеева. К. : Видавничий дім «Освіта», 2020. С. 4-10.
4. Гайдук С. Впровадження комп'ютерного експерименту при вивченні окремих питань фізики // Рідна школа, 2000, № 7, с. 46 – 48.
5. Гайдучок Г. М. , Нижник В. Г. Фронтальний експеримент з фізики в 7-11 класах середньої школи: Посібник для вчителя. К.: Рад. школа, 1989. 175 с.
6. Галатюк Ю., Тищук В. Організація лабораторних робіт з фізики в умовах диференційованого навчання // Фізика та астрономія в школі 1998. № 3. с. 38-41.
7. Гірний О. Тепер у нас «ВСЕ БУДЕ STEM»? 1 частина / О. Гірний // [Електронний ресурс]. URL: <http://www.osvitaua.com/2017/03/050945-p-005-2-2/>
8. Давиденко А., Коршак Є. Експериментальні дослідження учнів у процесі вивчення фізики // Фізика та астрономія в школі. 2001, № 5. С.8-9.
9. Жалдак М.І. Фізичний експеримент у навчально-виховному процесі. Київ: Навчальна книга. 2004. 240 с.
10. Іванницька Н. Диференційовані лабораторні роботи з фізики на першому ступені навчання // Фізика та астрономія в школі. 2004, С. 38-42.
11. Калапуша Л. Р., Муляр В.П. Основи методики і техніки навчального

- фізичного експерименту. Луцьк. 2009. 428 с.
12. Коршак Є.В., Миргородський Б.Ю. Методика і техніка шкільного фізичного експерименту: Практикум. К.; Вища школа, 1981. 280 с.
 13. Методика викладання фізики: Навчальні експерименти/ Уклад. Н.В.Пастернак, О.І.Конопельник, О.В.Радковська. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. 106 с.
 14. Миргородський Б. Ю., Шабаль В.К. Демонстраційний експеримент з фізики. Коливання і хвилі. К.1985. 168 с.
 15. Миргородський Б. Ю., Шабаль В.К. Демонстраційний експеримент з фізики. Електродинаміка. К.1983.176 с.
 16. Миргородський Б. Ю., Шабаль В.К. Демонстраційний експеримент з фізики. Механіка. К.1980. 144 с.
 17. Миргородський Б. Ю., Шабаль В.К. Демонстраційний експеримент з фізики. Молекулярна фізика. К.1982.140 с.
 18. Морзе Н. Презентація STEAM-освіта [Електронний ресурс]. URL: <https://www.slideshare.net/ippo-kubg/stem-65590054>.
 19. Осадчук Л.А. Методика преподавания физики. - К.: Вища школа, 1984. - 352 с.
 20. Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text>.
 21. Савченко В.Ф., Бойко М.П., Дідович М.М., Закалюжний В.М., Руденко М.П. Навчальний фізичний експеримент (методичний практикум) : навч. посібник для учнів / заг. ред. В.Ф. Савченка. Чернігів: ЧНПУ ім. Т.Г. Шевченка, 2010. 540 с.
 22. Струтинська О.В. Теоретико-методичні засади підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти: монографія. Київ. Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова. 2020. 505 с.
 23. Фізика. 7-9 класи. Навчальна програма для загальноосвітніх навчальних закладів. 2017. URL:

- <https://osvita.ua/doc/files/news/561/56124/7-fizika.doc/>
24. ФІЗИКА і АСТРОНОМІЯ/ Навчальні програми для 10-11 класів закладів загальної середньої освіти (рівень стандарту, профільний рівень) // О.І.Ляшенко. 2017. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/fizika-i-astronomiya-10-11-avtorskij-kolektiv-pid-kerivnicztvom-lyashenka-o-i.doc>
 25. ФІЗИКА. Навчальні програми для загальноосвітніх навчальних закладів (рівень "стандарт", рівень "профільний") // В.М.Локтев. 2017. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/fizika-10-11-avtorskij-kolektiv-pid-kerivnicztvom-lokteva-vm.pdf>
 26. A Simple Timer Based On Arduino Uno / P. Balasubramanian. URL: <https://www.electronicsforu.com/electronics-projects/simple-timer-kit-arduino-uno>.
 27. ARDUINO NANO. URL: <https://docs.arduino.cc/hardware/nano>.
 28. Caplan M. Scientists for tomorrow — A self-sustained initiative to promote STEM in out-of-school time frameworks in under-served community-based organizations: Evaluation and lessons learned / M. Caplan // ASEE Annual Conference and Exposition (24—28 June 2017). Columbus, Ohio, 2017.
 29. Chanthala Ch. Instructional designing the STEM education model for fostering creative thinking abilities in physics laboratory environment classes / Ch. Chanthala,331 T. Santiboon, K. Ponkham // Journal 5th International conference for science educators and teachers (ISET 2017). 2018.
 30. David P. Miller, Illah R. Nourbakhsh, Roland Siegwart. Robots for Education. Springer Handbook of Robotics. [Електронний ресурс]. URL: https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-3-540-%2030301-5_56.
 31. Roman P. Kukharchuk, Tetiana A. Vakaliuk, Oksana V. Zaika, Andrii

- V.Riabko, Mykhailo G. Medvediev. Implementation of STEM learning technology in the process of calibrating an NTC thermistor and developing an electronic thermometer based on it. Joint Proceedings of the 10th Illia O. Teplytskyi Workshop on Computer Simulation in Education, and Workshop on Cloud-based Smart Technologies for Open Education (CoSinEi and CSTOE 2022) co-located with ACNS Conference on Cloud and Immersive Technologies in Education (CITEd 2022), Kyiv, Ukraine, December 22, 2022. Edited by Stamatios Papadakis. CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org, ISSN 1613-0073). Vol. 3358, 2023. Pp. 39-52. <https://ceur-ws.org/Vol-3358/paper25.pdf>
32. Sabirova F. M. The creation of junior schoolchildren's interest in the experimental study of physical phenomena using the elements of the technology of problem-based / F. M. Sabirova, A. V. Deryagin // International Journal of Engineering & Technology. 2018. Vol. 7 (2.13). P. 150—154.
33. Segura W. A. The use of STEAM in higher education for high school teachers / W. A. Segura // Journal 21 World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics, Proceedings (WMSCI 2017). Orlando, Florida, USA, 2017. Vol. 1. P. 308-312.
34. STEM-освіта. [Електронний ресурс]. URL:<https://imzo.gov.ua/stem-osvita/>
35. The sound of STEAM : Acoustics as the bridge between the arts and STEM / C. B. Goates, J. K. Whiting, M. L. Berardi, K. L. Gee, T. B. Neilsen // Journal 172nd Meeting of the Acoustical Society of America. 2017.