Чернецький І.С.

Методика проведення демонстраційних експериментів та лабораторних робіт з фізики із застосуванням цифрового вимірювального комплексу

(частина 1)

Київ

2015 р.

УДК 372.8

ББК 74.26

Рецензенти:

Стрижак О. Є. - заступник директора з наукової роботи Національного центру «Мала академія наук України»,старший науковий співробітник, доктор технічних наук

Тименко В.П. - учений секретар Відділення професійної освіти і освіти дорослих НАПН України, доктор педагогічних наук, професор

Методика проведення демонстраційних експериментів та лабораторних робіт з фізики із застосуванням цифрового вимірювального комплексу (частина 1) .Навчально-методичний пос./ Чернецький І.С. – К.: 2015 – 77 с.

Навчально-методичний посібник призначений для учнів, учителів фізики й студентів фізичних спеціальностей вищих навчальних закладів. Посібник призначений для організації роботи із цифровим вимірювальним комплексом, під час проведення демонстрацій на уроці фізики й для виконання лабораторних робіт.

УДК 372.8

ББК 74.26

Зміст

Загальні положення 5

Визначення періоду та частоти обертання тіла. 7

Дослідження коливань нитяного маятника. 10

Дослідження пружних властивостей тіл. 15

Визначення коефіцієнта тертя ковзання. 19

Вивчення умови рівноваги важеля. 23

Визначення ККД простого механізму. 27

Вивчення теплового балансу за умов змішування води різної температури. 30

Визначення питомої теплоємності речовини. 33

Вимірювання опору провідника. 36

Дослідження електричного кола з послідовним з'єднанням провідників. 39

Дослідження електричного кола з паралельним з'єднанням провідників. 42

Спостереження явища електромагнітної індукції. 45

Визначення прискорення тіла під час рівноприскореного руху. 47

Вимірювання прискорення вільного падіння. 51

Вимірювання жорсткості пружного тіла. 54

Виготовлення маятника і визначення періоду його коливань. 57

Дослідження одного з ізопроцесів. 60

Вимірювання ЕРС і внутрішнього опору джерела струму. 63

Визначення температурного 66

коефіцієнта опору металу й дослідження залежності опору напівпровідника від температури

Дослідження напівпровідникового діода. 70

Дослідження магнітного поля Землі. 73

Вимірювання індуктивності котушки. 75

Загальні положення

Цифрові вимірювальні комплекси ввійшли в практику шкільного експерименту в більшості країн миру як невід'ємний компонент сучасного уроку. Цифрова інформаційна революція, що відбувається в суспільстві, привела до надлишку інформаційного потоку, який дуже сильно вплинув на якість процесу навчання. Виходячи із сучасних поглядів педагогіки на цілепокладання самого процесу навчання (компетентністний підхід до навчання), методика викладання предметів природничого циклу затребувала нові засоби навчання, які дозволили б прискорити процес одержання, обробки й аналізу інформації під час уроку. Технічним проривом виявилося створення спеціалізованих цифрових вимірювальних комплексів, адаптованих під якісно нові можливості навчання. Головною перевагою цього рішення стало розширення раніше вже отриманих учнем навичок роботи із цифровими приладами – комп'ютером, телефоном, фотоапаратом, відеокамерою і т.д. Оскільки основним завданням учителя сьогодні є навчити учня знаходити, обробляти інформацію й робити з неї висновки, застосування цифрових вимірювальних комплексів у педагогічному процесі дає всім суб'єктам навчальної діяльності можливість це робити з мінімальними витратами часу.

Апаратна частина цифрових вимірювальних комплексів має три складові: датчики на основі сенсорів або сенсорних груп, аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) і безпосередньо сам комп'ютер. З'єднувальними каналами для передачі імпульсів між складовими виступають або дротове з'єднання, або високошвидкісні радіоканали (wi-fi, bluetooth). Для даного посібника обраний цифровий вимірювальний комплекс від освітньої корпорації Fourier Edu - einstein^{tm}, як найбільш типовий з розроблених комплексів, що відповідає критеріям оптимізації часових витрат під час проведення уроку. У комплексі einstein^{tm} застосовується дротове підключення, і підключення по каналу bluetooth. АЦП у комплексі einstein^{tm} має 6 вбудованих датчиків з можливістю підключення 4 зовнішніх датчиків, і працює з максимальною частотою 100000 замірів на секунду. По каналу bluetooth дане АЦП може з'єднуватися із планшетами на основі операційних систем Android, а також iPad. Для усіх варіантів цифрового вимірювального комплексу einstein^{tm} застосовується програмне забезпечення MiLAB, розміщене на порталах мобільних додатків. Сенсори, об'єднані в первинне електричне коло, формують вимірювальний модуль – датчик. У сучасних цифрових вимірювальних комплексах налічується понад 60 різновиди датчиків. Датчики сконструйовані на основі сенсорів, що реагують на зміну зовнішніх факторів фізичної або хімічної природи. У багатьох датчиках застосовується комплекс сенсорів різної чутливості, або кілька різнорідних сенсорів, призначених для аналізу похідної величини. Сенсорна група часто присутня й у мобільних засобах зв'язку, що робить їх скороченою версією цифрових вимірювальних комплексів. Датчики групуються по застосуванню в шкільних (і не тільки шкільних) предметах. Традиційно, що найбільша кількість датчиків відноситься до фізичних датчиків, оскільки вимірюваних величин у цьому курсі найбільша кількість. Датчики, сформовані як самостійні вимірювальні інструменти,

забезпечують безперервний процес одержання інформації про вимірювану фізичну або хімічну величину, й можуть застосовуватися сукупно для одержання комплексної картини процесу, що відбувається. Діапазон вимірів залежить від якості самого сенсора, що вимірює, і первинної схеми обробки інформації. Для проведення фізичного експерименту у якості демонстрації або лабораторної роботи в середній загальноосвітній школі, сьогодні розроблено повний набір необхідних вимірювальних елементів.

Для цифрових вимірювальних комплексів, що застосовуються в освіті, сьогодні створена достатня кількість програмних засобів, які забезпечують візуалізацію отриманих даних. У більшості випадків, програмне забезпечення розробляється під конкретний комплекс, хоча є й універсальні програмні оболонки. Основним критерієм для цього ПЗ є: простота використання оболонки, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс програми й вбудовані математичні функції, достатні для повноформатного аналізу процесу. Інструменти, імплантовані в програмну оболонку, повинні максимально заощаджувати час користувача для одержання необхідного результату у вигляді математичної закономірності.

Етапи освоєння роботи із цифровим вимірювальним комплексом передбачають: оптимальний добір датчика для виміру необхідної величини, загальні установки (діапазон виміру), добір частоти одержання даних і тривалості запису даних. При правильному співвідношенні, користувач одержує чітку графічну картину досліджуваного процесу й масив даних у вигляді таблиці, яку можна експортувати в інші математичні оболонки.

В описі експериментів використовувалася програмна оболонка MiLAB, Методика експерименту може дуже просто бути перенесена на інші аналогічні комплекси з урахуванням їх апаратних і програмних особливостей, оскільки основні операційні кроки користувача для більшості комплексів залишаються однаковими. Добір найбільш раціональних параметрів, установок і є головним завданням, що вирішується для проведення експерименту.

Даний посібник розрахований на використання викладачем або студентом для організації роботи із цифровим вимірювальним комплексом, під час проведення демонстрацій на уроці фізики й для виконання лабораторних робіт учнями. У цілому він представляє збірник технологічних карт, кожна з яких може бути застосована безпосередньо з використання комплексу einstein^{tm} або після невеликої трансформації будь-яким іншим цифровим вимірювальним комплексом.

Ілюстрації в посібнику є авторськими, а всі експерименти відпрацьовані в лабораторії Національного центру Малої академії наук України «Манлаб».

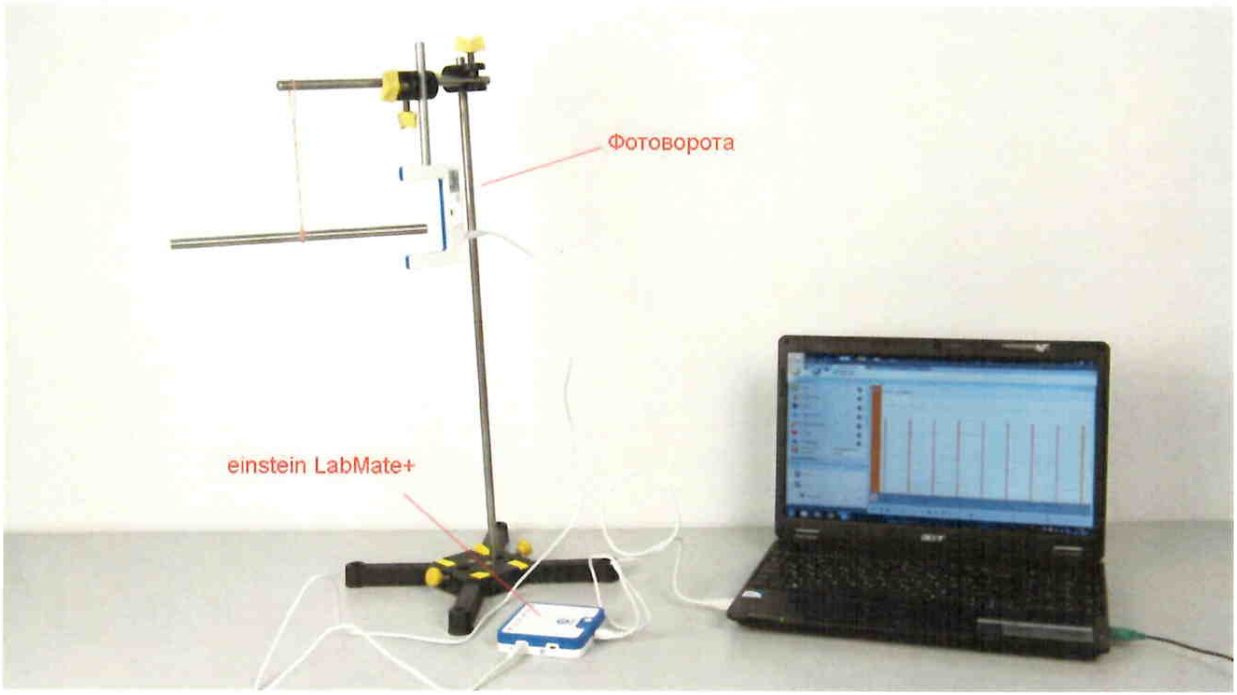
Тема роботи: **Визначення періоду та частоти обертання тіла**

Мета роботи: визначити період та частоту обертання тіла.

Обладнання: штатив, гумове кільце (гумка для банкнот), масивний короткий стрижень, фотоворота , АЦП (аналогово-цифровий перетворювач) einstein LabMate+, кабель для під'єднання датчика, ПК.

Програмне забезпечення: MiLAB.

Теоретична частина



Період обертання тіла – це фізична величина, що рівна проміжку часу за який тіло, що рівномірно рухається по колу, здійснює один повний оберт. У системі СІ одиниця виміру періоду обертання – 1 секунда, позначення періоду коливань - *T*.

Частота обертання тіла – фізична величина, рівна кількості повних обертів за одиницю часу. У системі СІ одиниця виміру частоти обертання – 1 об/с, позначення частоти обертання тіла - *n*.

У даній лабораторній роботі буде використано процес обертання стрижня, підвішеного на гумовій петлі. При закручуванні гумової петлі і подальшому її звільнені виникає обертовий рух. На коротких проміжках часу, в момент найбільшої частоти обертання, рух стрижня можна вважати наближено рівномірним.

Підготовка експерименту

- Встановіть на столі штатив та закріпіть на ньому горизонтальний стрижень.

- Приєднайте до гумової петлі другий стрижень і закріпивши петлю на першому стрижні збалансуйте його так, щоб він був розміщений горизонтально.
- Доберіть положення фотоворіт так, щоб стрижень на підвісі вільно обертався не перешкоджаючи воротам.

- З'єднаєте АЦП із USB входом вашого ПК (дочекайтеся моменту, коли світлодіод на АЦП змінить колір з червоного на жовтий або зелений).
- Підготуйте у зошиті або на ПК таблицю для занесення результатів.

Програмні установки

- Запустіть програму MiLAB, обравши іконку

.
- Натисніть кнопку на АЦП так, щоб світлодіод почав блимати.
- Після появи у лівому вікні програми переліку вбудованих датчиків, з'єднайте фотоворота з АЦП за допомогою кабелю, задіявши будь-який вхід.
- Після автоматичного розпізнання датчика оберіть у цьому вікні позицію *Фотоворота*.
- Оберіть внизу вікна *Повне налаштування.*
- Після появи вікна з назвою *Повне налаштування,* оберіть внизу *Частоту замірів* – 1000 замірів на секунду та *Кількість замірів* – 5000. При цьому тривалість запису буде – 5 с.
- Оберіть *Мінімальні налаштування.*

Налаштування експерименту

- Переконайтеся, що фотоворота налаштовані правильно, для чого натисніть на короткий час кнопку *Старт* і спробуйте перервати світловий промінь фотоворіт. У вікні *Графік* має з'явитися пік. Ще раз натисніть кнопку *Старт,* щоб зупинити запис.

Проведення експерименту

- Обертайте стрижень до моменту, коли гумова петля буде суттєво скручена. Відпустіть стрижень і дочекайтеся моменту, коли закручення петлі буде найменшим.

- Натисніть кнопку *Старт* .
- Дочекайтеся завершення запису даних.
- Повторіть вимірювання ще двічі.

Аналіз даних експерименту

- У верхньому меню оберіть вкладку *Робочий простір – Вікно графіка* .
- У вікні *Історія* оберіть дані першого вимірювання і перемістіть «перетягуванням» папку у новостворене вікно.
- У верхньому меню оберіть вкладку *Аналіз* та натисніть кнопку – *Фотоворота* .
- У вікні, що з'явиться, оберіть *Час*. Натисніть *Наступний*. Оберіть *Маятник*. Натисніть *Закінчити.*
- У вкладці, що з'явиться буде присутній ряд, що складається з виміряних періодів обертання тіла.
- Визначте середнє значення періоду *T,* округліть до сотих, та занесіть до Таблиці 1.
- Розрахуйте частоту коливань ν за формулою $\nu = \frac{1}{T}$ та занесіть до таблиці 1.
- Повторіть попередні кроки для двох інших вимірювань.

Узагальніть результати дослідження у висновку після звіту про роботу.

Таблиця результатів

Таблиця 1

№	*Період обертання тіла T(c)*	*Частота обертання тіла ν(Гц)*
1.		
2.		
3.		

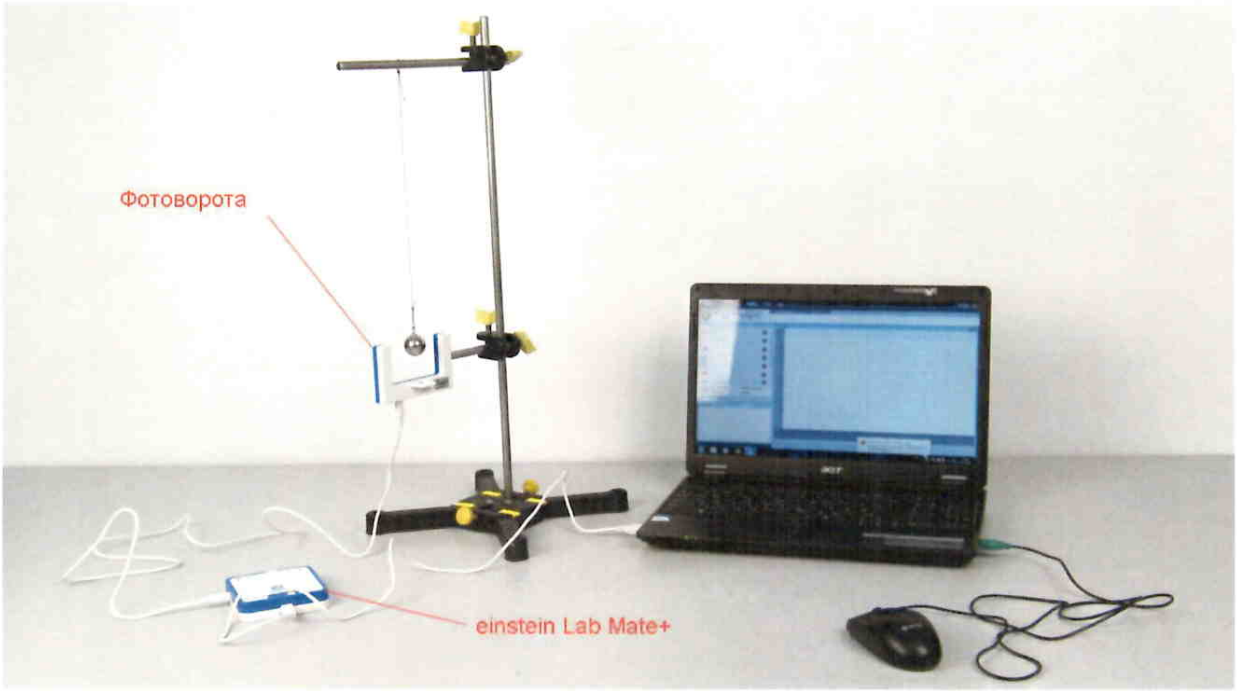
Тема роботи: **Дослідження коливань нитяного маятника**

Мета роботи: встановити залежність періоду та частоти коливань нитяного маятника від амплітуди коливань, маси вантажу та довжини нитки.

Обладнання: штатив, нитка, вантажі (кульки різної маси), лінійка, фотоворота , АЦП (аналогово-цифровий перетворювач) einstein LabMate+, кабель для під'єднання датчика, ПК.

Програмне забезпечення: MiLAB.

Теоретична частина



Нитяним маятником називають систему, що складається з тіла підвішеного на довгій нерозтяжній нитці. Важливо, щоб розміри тіла були малі порівняно з довжиною нитки. Математична модель, що описує дану систему, називається **математичним маятником**.

Амплітуда коливань – це фізична величина, що рівна найбільшій відстані, на яку відхиляється маятник від положення рівноваги. У системі СІ одиниця виміру амплітуди коливань – 1 метр, позначення амплітуди коливань - *A*.

Період коливань – це фізична величина, що рівна проміжку часу за який тіло здійснює одне повне коливання. У системі СІ одиниця виміру періоду коливань – 1 секунда, позначення періоду коливань - *T*.

Частота коливань – це кількість коливань маятника за одиницю часу. У системі СІ одиниця виміру частоти – 1 Герц, позначення частоти коливань - ν.

Підготовка експерименту

- Встановіть на столі штатив та закріпіть на ньому горизонтальний стрижень.
- Приєднайте до вантажів (кульок) нитку. Доберіть довжину нитки по розміру вертикального стрижня так, щоб вантаж міг коливатися, не заважаючи фотоворотам.

- Підвісьте один вантаж на горизонтальний стрижень.
- Закріпіть на вертикальному стрижні штативу фотоворота так, щоб ватаж міг вільно проходити крізь них, перекриваючи світловий потік під час коливань.
- З'єднаєте АЦП із USB входом вашого ПК (дочекайтеся моменту, коли світлодіод на АЦП змінить колір з червоного на жовтий або зелений).
- Підготуйте у зошиті або на ПК таблиці для занесення результатів.

Програмні установки

- Запустіть програму MiLAB, обравши іконку

.
- Натисніть кнопку на АЦП так, щоб світлодіод почав блимати.
- Після появи у лівому вікні програми переліку вбудованих датчиків, з'єднайте фотоворота з АЦП за допомогою кабелю, задіявши будь-який вхід.
- Після автоматичного розпізнання датчика оберіть у цьому вікні позицію *Фотоворота*.
- Оберіть внизу вікна *Повне налаштування.*
- Після появи вікна з назвою *Повне налаштування,* оберіть внизу *Частоту замірів* – 1000 замірів на секунду та *Кількість замірів* – 10000. При цьому тривалість запису буде – 10 с.
- Оберіть *Мінімальні налаштування.*

Налаштування експерименту

- Переконайтеся, що фотоворота налаштовані правильно, для чого натисніть на короткий час кнопку *Старт* і спробуйте перервати світловий промінь фотоворіт. У вікні *Графік* має з'явитися пік. Ще раз натисніть кнопку *Старт,* щоб зупинити запис.

Проведення експерименту

Частина 1

- Виміряйте довжину нитки від точки підвісу до точки кріплення вантажу. Виміряйте розмір вантажу (оптимально кульки) і розділіть його навпіл.

Додайте отримані дані й запишіть у Таблицю 1 як довжину маятника *l*.

- Розташуйте на фотоворотах лінійку.
- Відхиліть вантаж від положення рівноваги на відстань 2 см (відстань визначайте за поділками лінійки, дивлячись на вантаж і шкалу зверху) і відпустіть.
- Натисніть кнопку *Старт* .
- Дочекайтеся завершення запису даних.
- Повторіть вимірювання при відхиленні вантажу на 4, 6, 8, 10 см.

Аналіз даних експерименту

- У верхньому меню оберіть вкладку *Робочий простір – Вікно графіка* .
- У вікні *Історія* оберіть дані першого вимірювання і перемістіть «перетягуванням» папку у новостворене вікно.
- У верхньому меню оберіть вкладку *Аналіз* та натисніть кнопку – *Фотоворота* .
- У вікні, що з'явиться, оберіть *Час*. Натисніть *Наступний*. Оберіть *Маятник*. Натисніть *Закінчити.*
- У вкладці, що з'явиться буде присутній ряд, що складається з виміряних періодів кожного повного коливання.
- Визначте середнє значення періоду *T,* округліть до сотих, та занесіть до Таблиці 1.
- Розрахуйте частоту коливань ν за формулою $\nu = \frac{1}{T}$ та занесіть до таблиці 1.
- Зробіть висновок про взаємозв'язок періоду та частоти коливань з амплітудою коливань.

Частина 2

- Зніміть перший вантаж (кульку) та закріпіть замість нього вантаж (кульку) іншої маси. Довжина нитки має бути такою ж, як і в першому експерименті.

- Перейдіть до вкладки *Базові інструменти* та оберіть *Новий експеримент*

.

- Відхиліть вантаж на 2 см та повторіть кроки запису даних.

Аналіз даних експерименту

- Перенесіть з першого рядка Таблиці 1 до Таблиці 2 значення довжини нитки l, періоду коливань *T* та частоти ν для першого вантажу.
- Виконуючи кроки аналогічні до попереднього аналізу даних експерименту, отримайте ряд значень періоду коливань.
- Визначте середнє значення періоду *T*, округліть до сотих, та занесіть до Таблиці 2.
- Розрахуйте частоту коливань ν за формулою $\nu = \frac{1}{T}$ та занесіть до таблиці 2.
- Зробіть висновок про взаємозв'язок періоду та частоти коливань з масою вантажу.

Частина 3

- Перенесіть з першого рядка Таблиці 1 до Таблиці 3 значення довжини нитки l, періоду коливань *T* та частоти ν для другого вантажу.
- Уменшіть довжину нитки маятника на 2-3 см. Відрегулюйте положення фотоворіт. Занесіть нове значення у наступний рядок Таблиці 3.
- Перейдіть до вкладки *Базові інструменти* та оберіть *Новий експеримент*

.

- Відхиліть вантаж на 2 см та повторіть кроки запису даних.
- Не обираючи нового експерименту, повторіть зменшення довжини нитки маятника ще 3 рази, щоразу записуючи довжину нитки до наступного рядка Таблиці 3 та проводячи вимірювання.

Аналіз даних експерименту

- Для кожної довжини нитки, виконуючи кроки аналогічні до попереднього аналізу даних експерименту, отримайте ряд значень періоду коливань.
- Визначте середнє значення періоду *T*, округліть до сотих, та занесіть до Таблиці 3.
- Розрахуйте частоту коливань ν за формулою $\nu = \frac{1}{T}$ та занесіть до таблиці 3.

- Зробіть висновок про взаємозв'язок періоду та частоти коливань з довжиною нитки.

Узагальніть результати дослідження у висновку після звіту про роботу.

Таблиці результатів

Таблиця 1

№	*Довжина нитки l(см)*	*Амплітуда коливань A(см)*	*Період коливань T(c)*	*Частота коливань ν(Гц)*
1.		*2*		
2.		*4*		
3.		*6*		
4.		*8*		
5.		*10*		

Таблиця 2

№	*Довжина нитки l(см)*	*Період коливань T(c)*	*Частота коливань ν(Гц)*
1.			
2.			

Таблиця 3

№	*Довжина нитки l(см)*	*Період коливань T(c)*	*Частота коливань ν(Гц)*
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

Тема роботи: **Дослідження пружних властивостей тіл**

Мета роботи: встановити зв'язок між силою пружності та видовженням пружини, розрахувати жорсткість пружини.

Обладнання: штатив, пружини різної жорсткості, набірний вантаж, датчик сили, датчик відстані, АЦП (аналогово-цифровий перетворювач) einstein LabMate+, кабелі для під'єднання датчиків, ПК.

Програмне забезпечення: MiLAB.

Теоретична частина

Деформацією називають зміну форми або розмірів тіла. Якщо після припинення дії на тіло зовнішніх сил деформації повністю зникають, то їх називають пружними деформаціями. Сила пружності — це сила, яка виникає під час деформації тіла і напрямлена протилежно напрямку зміщення частин цього тіла в процесі деформації. У разі малих пружних деформацій розтягнення та стиснення виконується закон Гука: сила пружності прямо пропорційна видовженню тіла і направлена в бік протилежний до деформації. Величина сили пружності при пружних деформаціях обчислюється за формулою:

$F_{\text{пр}} = -kx$, де k – жорсткість тіла, x – видовження тіла.

Підготовка експерименту

- Встановіть на столі штатив та закріпіть на ньому горизонтальний стрижень.
- Закріпіть на горизонтальному стрижні датчик сили та з'єднайте його з АЦП.

- Закріпіть на вертикальному стрижні датчик відстані та з'єднайте його з АЦП.
- Підвісьте до датчика сили пружину і основу набірного вантажу.
- З'єднаєте АЦП із USB входом вашого ПК (дочекайтеся моменту, коли світлодіод на АЦП змінить колір з червоного на жовтий або зелений).
- Підготуйте у зошиті або на ПК таблиці для занесення результатів.

Програмні установки

- Запустіть програму MiLAB, обравши іконку

.
- Натисніть кнопку на АЦП так, щоб світлодіод почав блимати.
- Оберіть внизу вікна *Повне налаштування.*
- Оберіть у цьому вікні датчик сили та відстані. Натисніть у стрічці назв датчиків кнопку *Встановити* для скидання значень на нуль.
- Оберіть дискретизацію *Вручну* та *Кількість замірів* – 10.
- Оберіть *Мінімальні налаштування.*
- Оберіть вкладку *Робочий простір – Вікно таблиці*
.

Проведення експерименту

- Натисніть кнопку *Замір*
.
- Додайте на основу набірного вантажу перший вантаж і знову натисніть кнопку Замір
.
- Повторіть попередні дії для усіх наявних вантажів, до тієї межі, коли відстань між вантажем і датчиком відстані буде не менше 20 см.
- Зупиніть експеримент, якщо кількість замірів менша 10.
- Перенесіть значення, зазначені у таблиці до Таблиці 1.
- Повторіть попередні кроки для інших пружин та перенесіть значення до Таблиці 2 та Таблиці 3.

Аналіз даних експерименту

- Розрахуйте значення жорсткості $k = \frac{F_{\text{пр}}}{x}$ для кожного вимірювання, виконаного для першої пружини, та занесіть значення у Таблицю 1.
- Розрахуйте середнє значення жорсткості для першої пружини і занесіть значення до Таблиці 1.
- Повторіть попередні кроки для другої та третьої таблиці.
- Зробіть висновок про взаємозв'язок сили пружності та жорсткості пружини.

Узагальніть результати дослідження у висновку після звіту про роботу.

Таблиці результатів

Таблиця 1

№	*Видовження пружини x(м)*	*Сила пружності $F_{пр}$(Н)*	*Жорсткість пружини k(Н/м)*	*Середнє значення жорскості пружини $K_{ср}$(Н/м)*
1.				
2.				
…				
…				

Таблиця 2

№	*Видовження пружини x(м)*	*Сила пружності $F_{пр}$(Н)*	*Жорсткість пружини k(Н/м)*	*Середнє значення жорскості пружини $K_{ср}$(Н/м)*
1.				
2.				
…				
…				

Таблиця 3

№	*Видовження пружини x(м)*	*Сила пружності* $F_{пр}(Н)$	*Жорсткість пружини k(Н/м)*	*Середнє значення жорскості пружини* $K_{ср}(Н/м)$
1.				
2.				
…				
…				

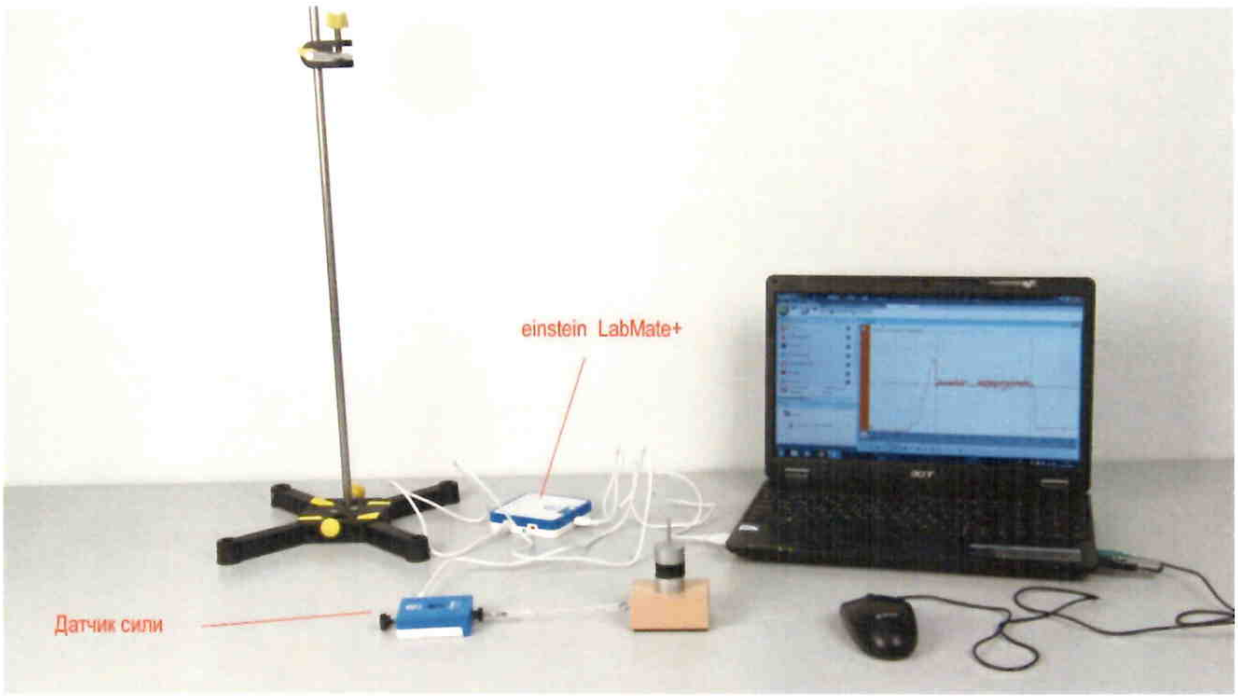
Тема роботи: **Визначення коефіцієнта тертя ковзання.**

Мета роботи: визначити максимальну силу тертя спокою та коефіцієнт сили тертя ковзання.

Обладнання: штатив, нитка, брусок, вантажі, датчик сили , АЦП (аналогово-цифровий перетворювач) einstein LabMate+, кабель для під'єднання датчика, ПК.

Програмне забезпечення: MiLAB.

Теоретична частина



Сила сухого тертя виникає між поверхнями твердих тіл. Розрізняють максимальну силу тертя спокою та силу тертя ковзання. Силу тертя ковзання описує закон Амонтона. Її модуль визначається за формулою:

$F_{\text{тр}} = \mu N$, де μ - коефіцієнт тертя, N – модуль сили нормального тиску.

Коефіцієнт тертя ковзання – безрозмірна фізична величина, яка визначається виключно родом дотичних поверхонь.

У даній лабораторній роботі пропонується визначити максимальне значення сили тертя спокою для різних значень сили нормального тиску та коефіцієнт тертя ковзання. У якості сили нормального тиску в експерименті виступає вага бруска разом з вагою вантажів. Для розрахунку коефіцієнту тертя ковзання будемо використовувати формулу:

$\mu = \frac{F_{\text{тр}}}{P}$, де P – вага бруска з вантажами.

Вага бруска разом з вантажами буде залежати від їх кількості.

Підготовка експерименту

- Встановіть на столі штатив та закріпіть на ньому горизонтальний стрижень.
- Закріпіть на горизонтальному стрижні датчик сили та з'єднайте його з АЦП.
- З'єднаєте АЦП із USB входом вашого ПК (дочекайтеся моменту, коли світлодіод на АЦП змінить колір з червоного на жовтий або зелений).
- Приєднайте до бруска нитку. Доберіть три вантажі однакової маси.
- Підготуйте у зошиті або на ПК таблицю для занесення результатів.

Програмні установки

- Запустіть програму MiLAB, обравши іконку

.
- Натисніть кнопку на АЦП так, щоб світлодіод почав блимати.
- Оберіть внизу вікна *Повне налаштування.*
- Оберіть у цьому вікні датчик сили. Натисніть у стрічці назви датчика кнопку *Встановити* для скидання значень на нуль.
- Оберіть дискретизацію *Авто, встановіть Частоту замірів – 25 замірів на секунду, Кількість замірів* – 500.
- Оберіть *Мінімальні налаштування.*

Проведення експерименту

- Підвісьте до датчика сили брусок на нитці та заспокойте його коливання.
- Натисніть кнопку *Старт* .
- Дочекайтеся завершення запису даних.
- Зніміть брусок, від'єднайте датчик сили від горизонтального стрижня.
- Розмістіть брусок на поверхні столу. Розмістіть поряд датчик сили. З'єднайте їх ниткою.
- «Онуліть» значення датчика сили у вікні *Повних налаштувань*.
- Натисніть кнопку *Старт* .

- Повільно потягніть брусок за допомогою датчика сили, намагаючись рухати брусок рівномірно.
- Дочекайтеся завершення запису даних.
- Довантажте брусок вантажем і повторіть кроки вимірювань, переміщуючи його по столу.
- Додавайте інші вантажі та повторіть експеримент.

Аналіз даних експерименту

- У верхньому меню оберіть вкладку *Робочий простір – Вікно графіка* .
- У вікні *Історія* оберіть дані першого вимірювання і перемістіть «перетягуванням» папку у новостворене вікно.
- Встановіть *Перший курсор* на графік.
- У верхньому меню оберіть вкладку *Аналіз – Статистика*.
- Зчитайте середнє значення ваги бруска P та занесіть його до таблиці у перший рядок.
- Створіть нове Вікно графіка та перетягніть в нього папку з даними другого вимірювання.
- Встановіть *Перший курсор* на графік.
- Перемістіть курсор на пік графіка, що відповідає початку руху і зчитайте значення максимальної сили тертя спокою $F_{тр\ спок.}$. Занесіть значення у першу стрічку таблиці.
- Перемістіть курсор на ділянку графіка, що відповідає початку руху бруска.
- Встановіть *Другий курсор* на ділянку графіка, що відповідає завершенню руху бруска.
- У верхньому меню оберіть вкладку *Аналіз – Статистика*.
- Зчитайте середнє значення сили тертя ковзання $F_{тр}$ та занесіть його до таблиці у перший рядок.
- Розрахуйте значення коефіцієнта тертя ковзання $\mu = \frac{F_{тр}}{P}$ та занесіть його значення у перший рядок таблиці.
- Запишіть у другий рядок таблиці значення ваги бруска P з одним вантажем.
- Повторіть попередні кроки для даного випадку, результати занесіть до другого рядка таблиці.

- Повторіть дії для інших випадків, заповнюючи відповідні рядки таблиці.
- Розрахуйте середнє значення коефіцієнту тертя ковзання для усіх випадків.

Узагальніть результати дослідження у висновку після звіту про роботу.

Таблиця результатів

№	*Вага бруска P(H)*	*Максимальна сила тертя спокою* $F_{тр\ спок.}(H)$	*Середня сила тертя ковзання* $F_{тр}(H)$	*Коефіцієнт тертя* μ	*Середнє значення коефіцієнта тертя* $\mu_{ср}$
1.					
2.					
3.					
4.					

Тема роботи: **Вивчення умови рівноваги важеля**

Мета роботи: обчислити моменти сил, прикладених до важеля в стані рівноваги й порівняти їх між собою.

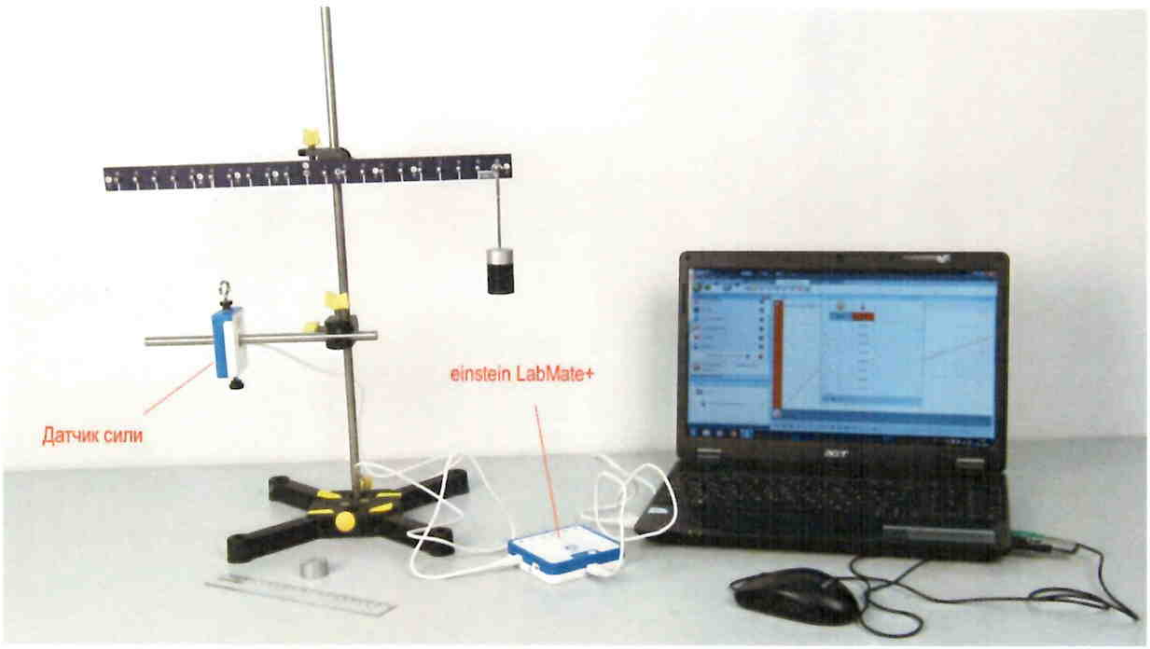
Обладнання: штатив, важіль, датчик сили, нитка, набірний вантаж, АЦП (аналогово-цифровий перетворювач) einstein LabMate+, кабель для під'єднання датчика, ПК.

Програмне забезпечення: MiLAB.

Теоретична частина

Важіль — простий механізм, що представляє собою тверде тіло (поперечину), яке обертається навколо точки опори. Найменша відстань від точки опори до прямої, вздовж якої діє сила називається **плечем дії сили**. Плече дії сили позначається *l*. Одиниця виміру у системі СІ – метр.

Важіль використовується для одержання більшого зусилля на короткому плечі за допомогою меншого зусилля на довгому плечі (або для одержання більшого переміщення на довгому плечі за допомогою меншого переміщення на короткому плечі). **Момент сили** – це фізична величина рівна добутку модуля сили та плеча дії сили. Момент сили вважається додатнім, у випадку, коли сила обертає важіль за годинниковою стрілкою і від'ємним у протилежному випадку. Момент сили позначається – *M*. Одиниця виміру в системі СІ - Н·м. Важіль перебуває в рівновазі, якщо сума моментів сил (з урахуванням знака), прикладених до нього, дорівнює нулю.



Підготовка експерименту

- Встановіть на столі штатив, закріпіть на ньому датчик сили й важіль.
- З'єднаєте ниткою датчик сили з важелем у точці, що відстоїть на 10 см від осі обертання, і відрегулюйте вертикальне положення нитки, переміщаючи датчик сили.
- Підвісьте на важіль основу набірного вантажу на мінімальній відстані від осі обертання.
- З'єднаєте АЦП із USB входом вашого ПК (дочекайтеся моменту, коли світлодіод на АЦП змінить колір з червоного на жовтий або зелений).
- Підготуйте у зошиті або на ПК таблиці для занесення результатів.

Програмні установки

- Запустіть програму MiLAB, обравши іконку

.
- Натисніть кнопку на АЦП так, щоб світлодіод почав блимати.
- Оберіть внизу вікна *Повне налаштування.*
- Оберіть у цьому вікні датчик сили. Натисніть у стрічці назви датчика кнопку *Встановити* для скидання значень на нуль.
- Оберіть дискретизацію *Вручну, Кількість замірів – 10.*
- Оберіть *Мінімальні налаштування.*
- Оберіть вкладку *Робочий простір – Вікно таблиці*
.

Проведення експерименту

- Встановіть на основу набірного вантажу додатковий вантаж.
- Натисніть кнопку *Замір*
.
- Переміщайте набірний вантаж до краю важеля на фіксовану відстань і натискайте щораз кнопку *Замір*
.

- Повторюйте цей крок до завершення запису даних.
- Оберіть вкладку *Робочий простір – Вікно таблиці* .
- Підвісьте основу набірного вантажу на відстані від осі обертання, рівній відстані до точки кріплення нитки, пов'язаної з датчиком.
- Проведіть обнуління датчика сили.
- Додайте на основу вантажу додатковий вантаж.
- Натисніть кнопку Пуск .
- Повторюйте цей крок до завершення запису даних.
- Збережете дані експерименту.

Аналіз даних експерименту

- Занесіть до Таблиці 1 значення ваги вантажу на основі, що рівна прикладеній силі F_1, яка обертає важіль за годинниковою стрілкою.
- Занесіть до Таблиці 1 значення плеча прикладеної сили l_1.
- Занесіть до Таблиці 1 значення сили F_2, що виникає на іншому плечі важеля та значення самого плеча l_2.
- Повторіть попередні кроки для інших положень вантажу.
- Обрахуйте значення моментів сили, що виникають на обох плечах важеля та занесіть їх до Таблиці 1 з урахуванням знаку.

  $M_1 = F_1 l_1 \ ; \ M_2 = F_2 l_2$
- Знайдіть суму відповідних моментів сил та зробіть висновок.
- Повторите ті ж дії з даними другого експерименту, заносячи їх у Таблицю 2.
- Після заповнення таблиці запишіть висновки по другому експерименту.

Узагальніть результати дослідження у висновку після звіту про роботу.

Таблиці результатів

Таблиця 1

№	F_1(Н)	l_1(м)	F_2(Н)	l_2(м)	M_1(Н·м)	M_2(Н·м)
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						

Таблиця 2

№	F_1(Н)	l_1(м)	F_2(Н)	l_2(м)	M_1(Н·м)	M_2(Н·м)
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						

Додаткові коментарі

При проведенні експерименту зверніть увагу на те, щоб вантаж не коливався.

Тема роботи: **Визначення ККД похилої площини**

Мета роботи: визначити коефіцієнт корисної дії похилої площини.

Обладнання: штатив, похила площина, брусок, нитка, вантажі, датчик сили, лінійка, АЦП (аналогово-цифровий перетворювач) einstein LabMate+, кабель для під'єднання датчика, ПК.

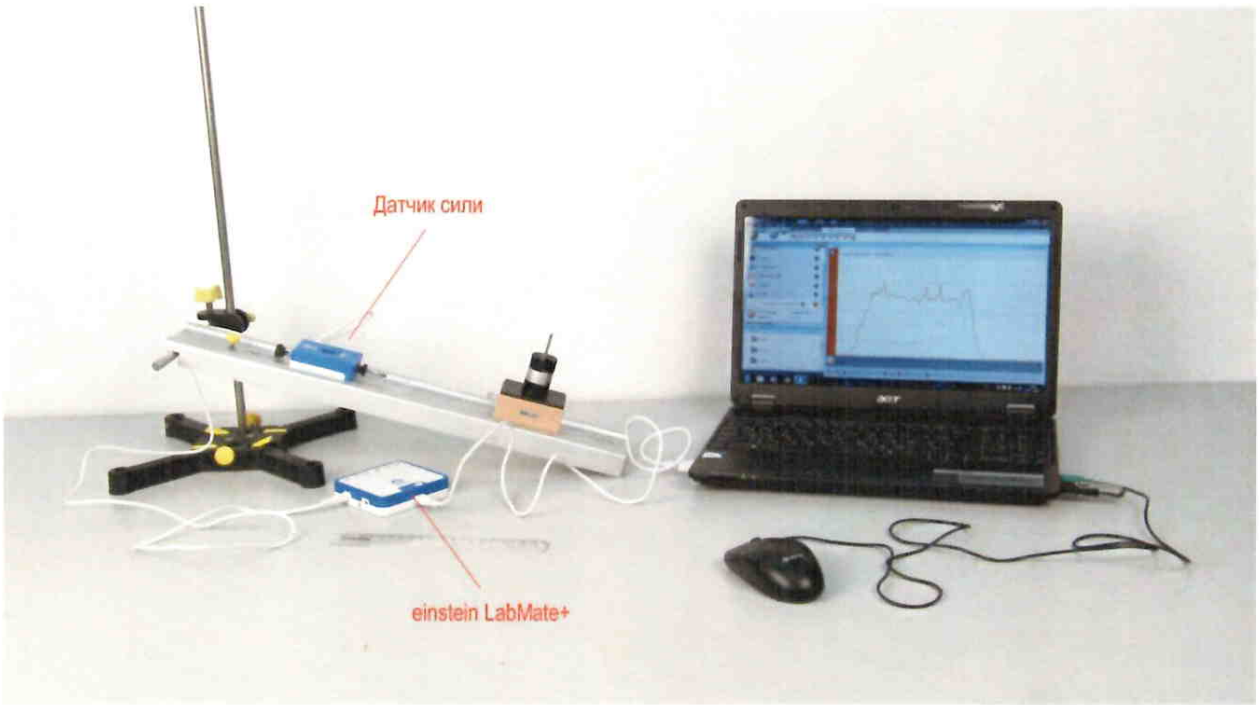
Програмне забезпечення: MiLAB.

Теоретична частина

Коефіцієнт корисної дії (ККД) — характеристика ефективності системи (обладнання, машини) відносно перетворення або передачі енергії. Визначається відношенням корисно використаної енергії (або корисної роботи) до енергії, отриманої системою (затраченої роботи). Позначається символом η («эта»). ККД є безрозмірною величиною й часто виміряється у відсотках. Математично визначення ККД може бути записане у вигляді:

$$\eta = \frac{A_к}{A_з} \cdot 100\%$$

де Ак — корисна робота (корисно використана енергія), а Аз — затрачена робота (енергія отримана системою).



Підготовка експерименту

- Встановіть на столі штатив, закріпіть на ньому похилу площину.

- Приєднаєте до датчика сили ниткою брусок.
- З'єднаєте АЦП із USB входом вашого ПК (дочекайтеся моменту, коли світлодіод на АЦП змінить колір з червоного на жовтий або зелений).
- Підготуйте у зошиті або на ПК таблицю для занесення результатів.
- З'єднаєте датчик сили з АЦП.

Програми установки

- Запустіть програму MiLAB, обравши іконку

.
- Натисніть кнопку на АЦП так, щоб світлодіод почав блимати.
- Оберіть внизу вікна *Повне налаштування.*
- Оберіть у цьому вікні датчик сили. Натисніть у стрічці назви датчика кнопку *Встановити* для скидання значень на нуль.
- Оберіть дискретизацію *Авто Частота вимірів – 25 замірів на секунду, Кількість замірів – 500.*
- Оберіть *Мінімальні налаштування.*

Проведення експерименту

- Встановіть брусок на похилу площину й розташуєте датчик сили паралельно площини.
- Натисніть кнопку *Пуск*
.
- Повільно переміщайте брусок вгору по похилій площині.
- Дочекайтеся завершення запису даних.
- Повторіть попередні дії, довантажуючи брусок.
- Від'єднаєте брусок від датчика сили.
- Закріпіть на штативі датчик сили у вертикальному положенні.
- «Обнуліть» датчик сили.

- Натисніть кнопку *Пуск* .
- Підвісьте до датчика брусок і заспокойте його коливання.
- Дочекайтеся завершення запису даних.
- Виміряйте лінійкою довжину похилої площини l і її висоту h, занесіть дані в таблицю.

Аналіз даних експерименту

- Встановіть *Перший курсор* на графік. Виберіть вкладку *Аналіз – Статистика* . Зчитайте середнє значення ваги бруска P і запишіть його в таблицю.
- Розрахуйте корисну роботу $A_к$ по підняттю бруска. $A_к = Ph$. Занесіть значення в таблицю.

- У верхньому меню оберіть вкладку *Робочий простір – Вікно графіка* .
- У вікні *Історія* оберіть дані першого вимірювання і перемістіть «перетягуванням» папку у новостворене вікно.
- Встановіть *Перший курсор* і *Другий курсор* на ділянку графіка, що відповідає руху бруска. Виберіть вкладку *Аналіз – Статистика*. Зчитайте середнє значення модуля прикладеної сили тяги $F_{тяг}$ і запишіть його в таблицю.
- Розрахуйте затрачену роботу $A_з$ по підняттю бруска. $A_з = F_{тяг} l$. Занесіть значення в таблицю.
- Розрахуйте значення коефіцієнта корисної дії площини η. Запишіть значення коефіцієнта корисної дії до таблиці.
- Повторіть попередні кроки до інших виміряних даних.

Узагальніть результати дослідження у висновку після звіту про роботу.

Таблиця результатів

№	h(м)	l(м)	P (Н)	$F_{тяг}$ (Н)	$A_к$ (Дж)	$A_з$ (Дж)	η (%)
1.							
2.							
3.							

Тема роботи: **Вивчення теплового балансу при умовах змішування води різної температури**

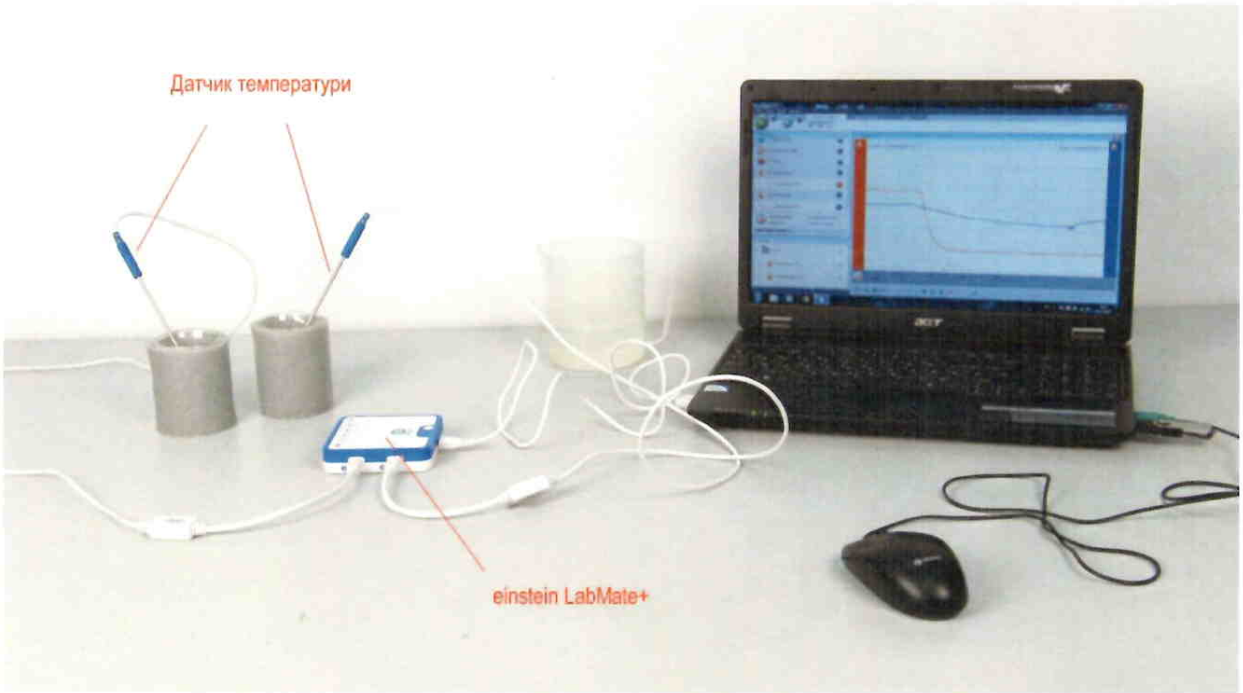
Мета роботи: визначити співвідношення кількостей теплоти отриманої і відданою водою при її змішуванні, визначити втрати тепла.

Обладнання: 2 калориметра або 2 теплоізольовані посудини , 2 датчика температури, вода різної температури, мірний циліндр, АЦП (аналогово-цифровий перетворювач) einstein LabMate+, ПК.

Програмне забезпечення: MiLAB.

Теоретична частина

При контакті тіл з різною температурою відбувається вирівнювання температур за рахунок усереднення середньої кінетичної енергії руху часток цих тіл. Процес вирівнювання температур називають теплообміном. Згідно із законом збереження енергії кількість теплоти, віддана нагрітим, і отримана холодним тілом повинна бути рівною. На цій основі записують рівняння теплового балансу: $Q_1 = Q_2$, де Q1 – кількість теплоти, віддана нагрітим тілом Q2 – кількість теплоти, отримана холодним тілом.



Підготовка експерименту

- Встановіть на столі 2 калориметра. Краще використовувати калориметри з гарною теплоізоляцією.
- Налийте в один з калориметрів холодну воду в об'ємі 50 мл, відмірявши мірним циліндром. Занесіть у таблицю масу води m_2.
- Налийте в інший калориметр таку ж кількість гарячої води. Занесіть у таблицю масу води m_1.
- Закрийте кришки калориметрів і помістіть в них датчики температури.
- З'єднаєте АЦП із USB входом вашого ПК (дочекайтеся моменту, коли світлодіод на АЦП змінить колір з червоного на жовтий або зелений).

- З'єднаєте датчики температури з АЦП.
- Підготуйте у зошиті або на ПК таблицю для занесення результатів.

Програмні установки

- Запустіть програму MiLAB, обравши іконку

.
- Натисніть кнопку на АЦП так, щоб світлодіод почав блимати.
- Оберіть внизу вікна *Повне налаштування.*
- Оберіть у цьому вікні датчики температури.
- Оберіть дискретизацію *Авто, Частота вимірів – 10 замірів на секунду, Кількість замірів – 1000.*
- Оберіть *Мінімальні налаштування.*

Проведення експерименту

- Натисніть кнопку *Пуск*
.
- Через 20 секунд відкрийте кришки калориметрів і швидко перелийте гарячу воду в калориметр із холодною водою.

- Закрийте кришку калориметра зі змішаною водою й перемішуйте її збовтуванням.
- Дочекайтеся завершення запису даних.

Аналіз даних експерименту

- Встановіть *Перший курсор* на графік, що відповідає калориметру, заповненому гарячою водою на ділянку, коли вода в ньому була.
- Зчитайте значення температури гарячої води t_1 і занесіть його в таблицю.
- Перетягніть курсор на графік, що відповідає калориметри з холодною водою на ділянку до змішування.
- Зчитайте початкове значення температури холодної води t_2 і занесіть його в таблицю.
- Перетягніть курсор на ділянку стабілізації температури після змішування двох порцій води.
- Зчитайте значення температури суміші t_3 і занесіть його в таблицю.
- Розрахуйте кількість теплоти, відданої гарячою водою:
  $Q_1 = c_в m_1(t_1 - t_3)$, де $c_в$ = 4200 Дж/кг·К , m_1 – маса гарячої води.
  Занесіть значення в таблицю.
- Розрахуйте кількість теплоти, прийнятої холодною водою:
  $Q_2 = c_в m_2(t_3 - t_2)$, де $c_в$ = 4200 Дж/кг·К , m_2 – маса холодної води.
  Занесіть значення в таблицю.
- Розрахуйте втрати тепла $\Delta Q = Q_1 - Q_2$. Занесіть значення в таблицю.

Узагальніть результати дослідження у висновку після звіту про роботу.

Таблиця результатів

m_1(кг)	m_2(кг)	t_1(°C)	t_2(°C)	t_3(°C)	Q_1(Дж)	Q_2(Дж)	ΔQ(Дж)

Тема роботи: **Визначення питомої теплоємності речовини**

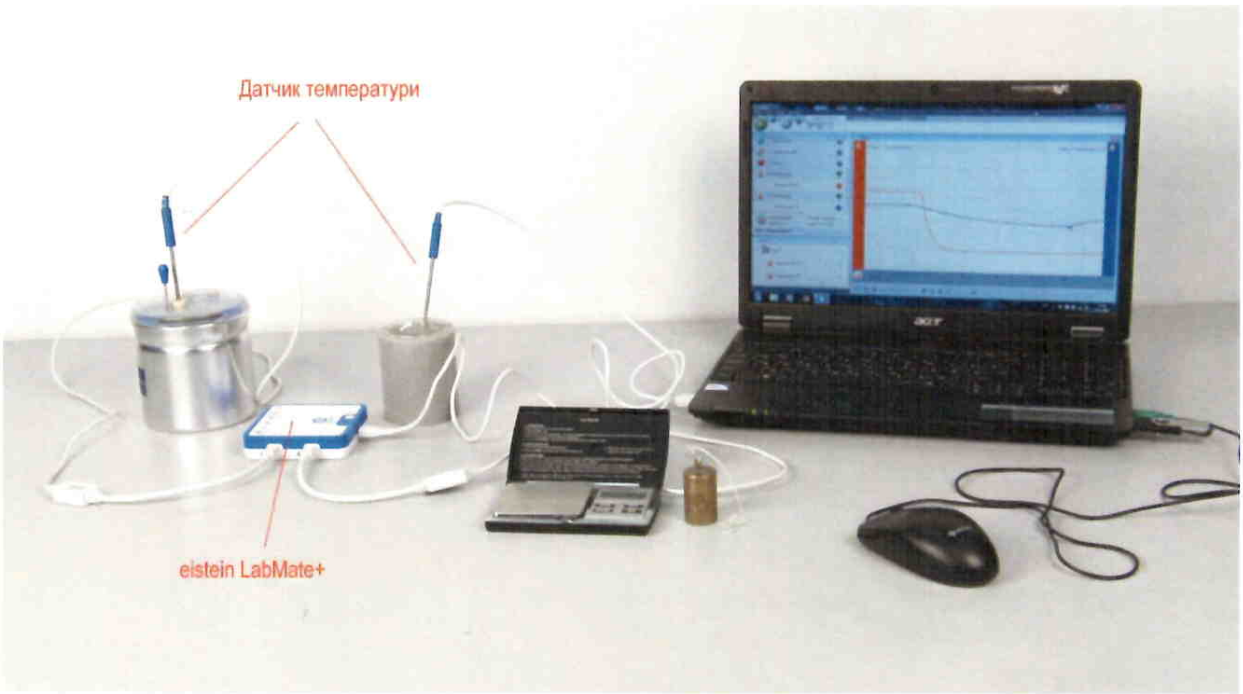
Мета роботи: визначити питому теплоємність речовини зразка.

Обладнання: 2 калориметра або 2 теплоізольовані посудини, досліджуваний зразок, цифрові терези, 2 датчика температури, вода різної температури, мірний циліндр, АЦП (аналогово-цифровий перетворювач) einstein LabMate+, ПК.

Програмне забезпечення: MiLAB.

Теоретична частина

Питома теплоємність — фізична величина, чисельно рівна кількості теплоти, яку необхідно надати одиничній масі даної речовини для того, щоб його температура змінилася на один Кельвін. У системі СІ питома теплоємність виміряється в джоулях на кілограм на Кельвин, Дж/(кг·К). Визначення питомої теплоємності твердого тіла можливе з використанням теплообміну цього тіла з середовищем для якого теплоємність відома. Для визначення питомої теплоємності тіла у цій роботі використовується теплообмін з водою.



Підготовка експерименту

- Встановіть на столі 2 калориметра. Краще використовувати калориметри з гарною теплоізоляцією.

- Налийте в один з калориметрів холодну воду в об'ємі 50 мл, відмірявши мірним циліндром. Занесіть у таблицю масу води m_1.
- Налийте в інший калориметр гарячу воду, у кількості достатньому для того щоб повністю покрити зразок.
- Визначите масу зразка m_2 за допомогою цифрових терезів. Занесіть значення в таблицю.
- Помістіть зразок у калориметр із гарячою водою.
- Закрийте кришки калориметрів і помістіть в них датчики температури.
- З'єднаєте АЦП із USB входом вашого ПК (дочекайтеся моменту, коли світлодіод на АЦП змінить колір з червоного на жовтий або зелений).

- З'єднаєте датчики температури з АЦП.
- Підготуйте у зошиті або на ПК таблицю для занесення результатів.

Програмні установки

- Запустіть програму MiLAB, обравши іконку

.
- Натисніть кнопку на АЦП так, щоб світлодіод почав блимати.
- Оберіть внизу вікна *Повне налаштування.*
- Оберіть у цьому вікні датчики температури.
- Оберіть дискретизацію *Авто, Частота вимірів – 10 замірів на секунду, Кількість замірів – 2000.*
- Оберіть *Мінімальні налаштування.*

Проведення експерименту

- Натисніть кнопку *Пуск* .
- Через 20 секунд відкрийте кришки калориметрів і швидко перенесіть нагрітий зразок у калориметр із холодною водою.

- Закрийте кришку калориметра зі зразком і перемішуйте воду її збовтуванням.
- Дочекайтеся завершення запису даних.

Аналіз даних експерименту

- Встановіть *Перший курсор* на графік, що відповідає калориметру, заповненому гарячою водою на ділянку, коли в ньому перебував зразок.
- Зчитайте значення температури нагрітого зразка t_2 і занесіть його в таблицю.
- Перетягніть курсор на графік, що відповідає калориметру з холодною водою на ділянку до внесення нагрітого зразка.
- Зчитайте початкове значення температури холодної води t_1 і занесіть його в таблицю.
- Перетягніть курсор на ділянку стабілізації температури після внесення нагрітого зразка.
- Зчитайте значення температури, що встановилася, t3 і занесіть його в таблицю.
- Розрахуйте кількість теплоти, прийнятої холодною водою:
  $Q_1 = c_в m_1 (t_3 - t_1)$, де $c_в$ = 4200 Дж/кг·К , m2 – маса холодної води.
- Занесіть значення в таблицю.
- Розрахуйте питому теплоємність зразка по формулі:
  $c_{зр} = \frac{Q_1}{m_2 (t_2 - t_3)}$.
- Занесіть значення в таблиці.

Узагальніть результати дослідження у висновку після звіту про роботу.

Таблиця результатів

m_1(кг)	m_2(кг)	t_1(°C)	t_2(°C)	t_3(°C)	Q_1(Дж)	$c_{зр}$(Дж/кг·К)

Тема роботи: **Визначення опору провідника**

Мета роботи: визначити опір провідника за значеннями струму та прикладеної напруги.

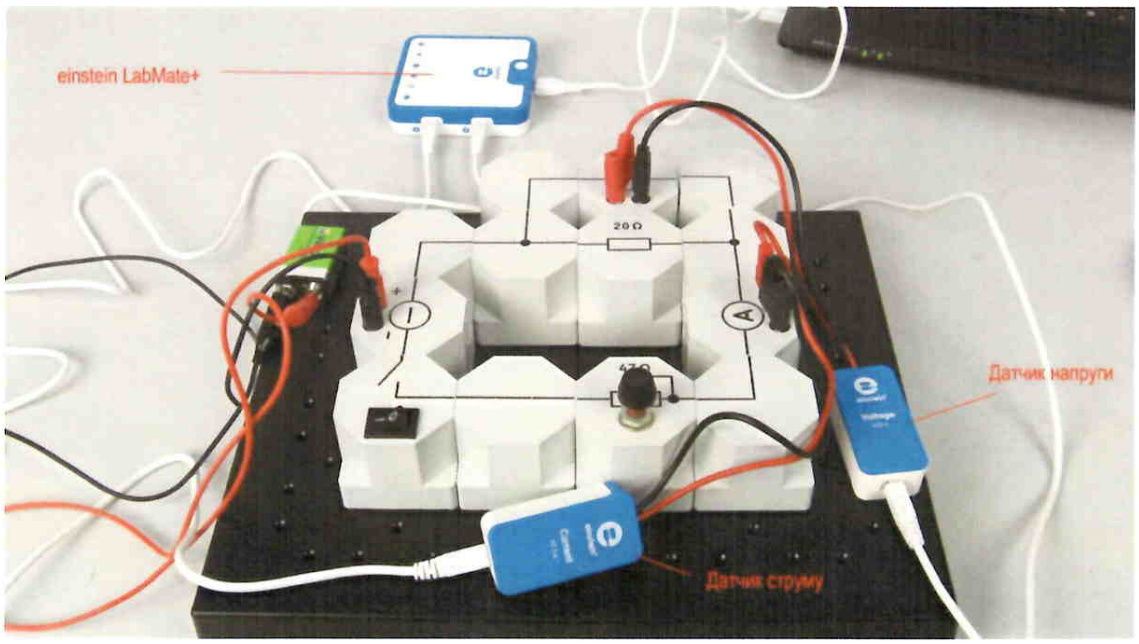
Обладнання: електричне коло; резистор, опором 20 Ом, резистор, опором 10 Ом; змінний резистор, максимальним опором 47 Ом; датчик напруги, датчик струму, з'єднувальні провідники, джерело струму (батарея акумуляторів), АЦП (аналогово-цифровий перетворювач) einstein LabMate+, кабелі для під'єднання датчиків, ПК.

Програмне забезпечення: MiLAB.

Теоретична частина

Електричний опір провідника – це фізична величина, що характеризує здатність провідника опиратися проходженню електричного струму. Опір провідника визначається з закону Ома для ділянки електричного кола. Закон Ома для ділянки електричного кола формулюється так: сила струму на ділянці кола прямо пропорційна прикладеній напрузі і обернено пропорційна опору самого провідника:

$I = \frac{U}{R}$, де U – прикладена напруга, R – опір провідника. Звідки $R = \frac{U}{I}$. В міжнародній системі СІ опір вимірюється в Омах. Позначення – R. Елементи електричних кіл, для яких виконується закон Ома називають лінійними елементами електричних кіл. У цій лабораторній роботі пропонується розрахувати опір резистора за значеннями прикладеної до його кінців напруги та сили струму, що проходить через нього.



Підготовка експерименту

- Зберіть електричне коло у відповідності до світлини.
- З'єднаєте датчик напруги із зазначеним резистором.
- З'єднаєте послідовно з резистором датчик струму.

- З'єднаєте АЦП із USB входом вашого ПК (дочекайтеся моменту, коли світлодіод на АЦП змінить колір з червоного на жовтий або зелений).
- З'єднайте датчики струму та напруги з АЦП.
- Підготуйте у зошиті або на ПК таблицю для занесення результатів.

Програмні установки

- Запустіть програму MiLAB, обравши іконку

.
- Натисніть кнопку на АЦП так, щоб світлодіод почав блимати.
- Оберіть внизу вікна *Повне налаштування.*
- Оберіть у цьому вікні датчики напруги та струму.
- Оберіть дискретизацію *Вручну, Кількість замірів – 10.*
- Оберіть *Мінімальні налаштування.*
- Оберіть вкладку *Робочий простір – Вікно таблиці*
.

Проведення експерименту

- Приєднайте джерело струму та замкніть ключ.
- Натисніть кнопку *Замір*
.
- Плавно повертайте рукоять змінного резистора, щоразу натискаючи кнопку *Замір*
.
- По завершення реєстрації даних розімкніть ключ.

Аналіз даних експерименту

- Перенесіть отримані дані до таблиці.
- Розрахуйте опір резистора *R для кожного заміру*. Результат занесіть до таблиці.
- Розрахуйте середнє значення опору резистора $R_{сер}$. Знесіть результат до таблиці.

Узагальніть результати дослідження у висновку після звіту про роботу.

Таблиця результатів

I(A)	*U(B)*	*R(Ом)*	*R сер(Ом)*

Додаткові коментарі

При виконанні експерименту зверніть увагу на те, що джерело струму повинно бути стабілізованим. У шкільних джерелах струму використовується пульсуюча напруга.

Тема роботи: **Дослідження електричному кола з послідовним з'єднанням провідників**

Мета роботи: дослідити закони послідовного з'єднання провідників.

Обладнання: електричне коло з послідовним з'єднанням елементів; резистор, опором 20 Ом, резистор, опором 10 Ом; змінний резистор, максимальним опором 47 Ом; датчик напруги, датчик струму, з'єднувальні провідники, джерело струму (батарея акумуляторів), АЦП (аналогово-цифровий перетворювач) einstein LabMate+, кабелі для під'єднання датчиків, ПК.

Програмне забезпечення: MiLAB.

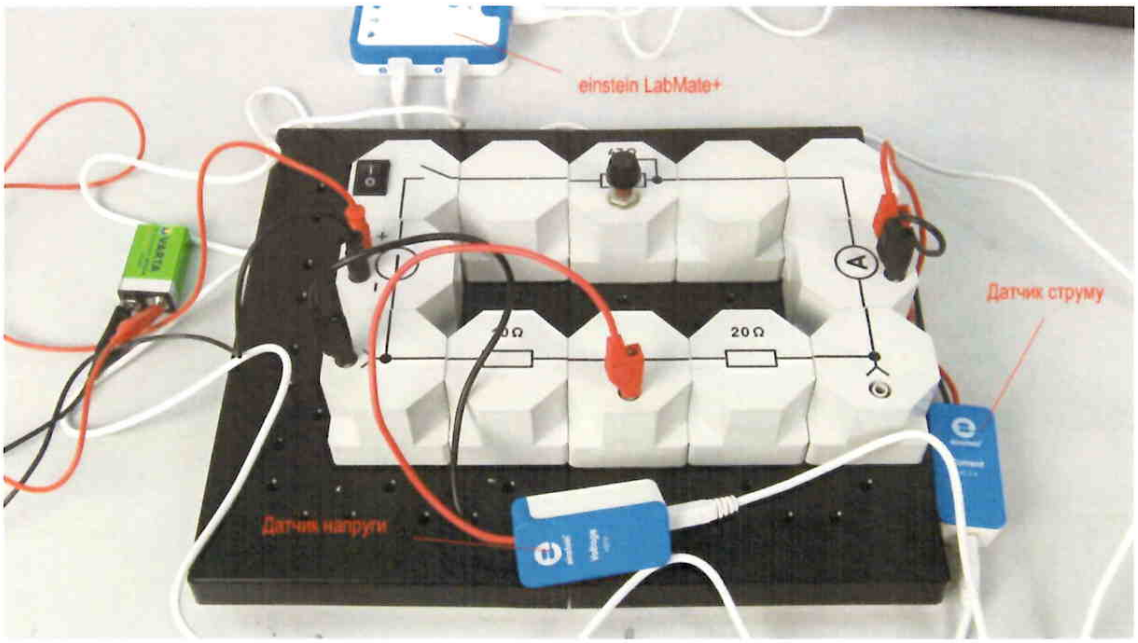
Теоретична частина

Електричні кола можна розкласти на деякі елементарні ділянки, для яких спостерігається характерне з'єднання провідників. При з'єднанні кінцевої точки елемента ланцюга з початковою точкою наступного елемента з'єднання називають послідовним. Закони, що описують співвідношення струмів, напруг і опорів для послідовного з'єднання мають наступний вигляд:

$$I_1 = I_2 = I_3$$

$$U_3 = U_1 + U_2$$

$$R_3 = R_1 + R_2$$



Підготовка експерименту

- Зберіть електричне коло з послідовно з'єднаними резисторами у відповідності до світлини.
- З'єднаєте датчик напруги із зазначеним резистором.
- З'єднаєте послідовно з резисторами датчик струму.

- З'єднаєте АЦП із USB входом вашого ПК (дочекайтеся моменту, коли світлодіод на АЦП змінить колір з червоного на жовтий або зелений).
- З'єднайте датчики струму та напруги з АЦП.
- Підготуйте у зошиті або на ПК таблицю для занесення результатів.

Програмні установки

- Запустіть програму MiLAB, обравши іконку

.
- Натисніть кнопку на АЦП так, щоб світлодіод почав блимати.
- Оберіть внизу вікна *Повне налаштування.*
- Оберіть у цьому вікні датчики напруги та струму.
- Оберіть дискретизацію *Вручну, Кількість замірів – 10.*
- Оберіть *Мінімальні налаштування.*
- Оберіть вкладку *Робочий простір – Вікно таблиці* .

Проведення експерименту

- Приєднайте джерело струму та замкніть ключ.
- Натисніть кнопку *Замір* .
- Розімкніть ключ. Під'єднайте датчик напруги до іншого резистора.
- Натисніть кнопку *Замір* .

- Розімкніть ключ. Під'єднайте датчик напруги до початку першого і кінця другого резистора.
- Натисніть кнопку *Замір* .
- Закінчіть реєстрацію даних.

Аналіз даних експерименту

- Перенесіть отримані дані до таблиці.
- Розрахуйте опір кожного резистора R_1, R_2 та їх з'єднання R_3. Результат занесіть до таблиці.
- Розрахуйте сумарний опір резисторів $R_{роз}$ на основі виміряних значень. Знесіть результат до таблиці.
- Порівняйте розрахункове $R_{роз}$ та виміряне значення R_3.
- Порівняйте значення струмів та напруг на резисторах.

Узагальніть результати дослідження у висновку після звіту про роботу.

Таблиця результатів

I(A)	*U(B)*	R_1*(Ом)*	R_2*(Ом)*	R_3*(Ом)*	$R_{3\ роз}$*(Ом)*
			-	-	-
		-		-	-
		-	-		

Додаткові коментарі

При виконанні експерименту зверніть увагу на те, що джерело струму повинно бути стабілізованим. У шкільних джерелах струму використовується пульсуюча напруга.

Тема роботи: **Дослідження електричному кола з паралельним з'єднанням провідників**

Мета роботи: дослідити закони паралельного з'єднання провідників.

Обладнання: електричне коло з послідовним з'єднанням елементів; резистор, опором 20 Ом; резистор, опором 10 Ом; змінний резистор, максимальним опором 47 Ом; датчик струму, датчик напруги, з'єднувальні провідники, джерело струму, АЦП (аналогово-цифровий перетворювач) einstein LabMate+, ПК.

Програмне забезпечення: MiLAB.

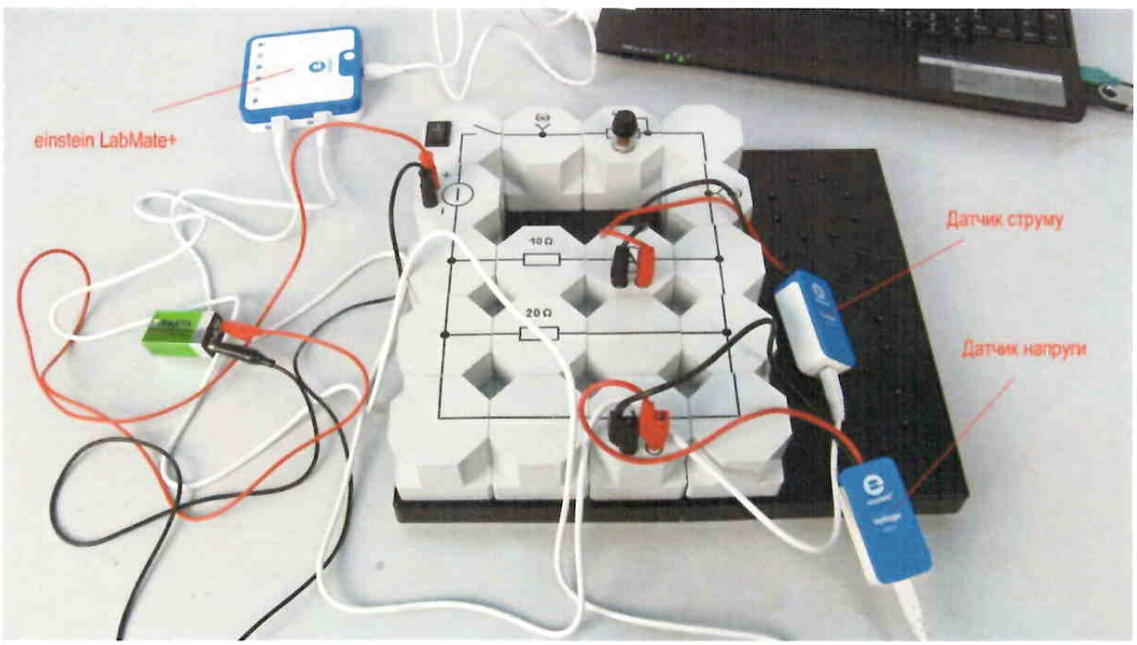
Теоретична частина

Електричні кола можна розкласти на деякі елементарні ділянки, для яких спостерігається характерне з'єднання провідників. При з'єднанні початкових і кінцевих точок елементів ланцюга, з'єднання називають паралельним. Закони, що описують співвідношення струмів, напруг і опорів для паралельного з'єднання мають наступний вигляд:

$$I_3 = I_1 + I_2$$

$$U_3 = U_1 = U_2$$

$$\frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$



Підготовка експерименту

- Зберіть електричне коло з паралельно з'єднаними резисторами у відповідності до світлини.

- З'єднаєте датчики струму послідовно із зазначеним резистором.
- З'єднаєте паралельно з резисторами датчик напруги.
- З'єднаєте АЦП із USB входом вашого ПК (дочекайтеся моменту, коли світлодіод на АЦП змінить колір з червоного на жовтий або зелений).
- З'єднайте датчики струму та напруги з АЦП.
- Підготуйте у зошиті або на ПК таблицю для занесення результатів.

Програмні установки

- Запустіть програму MiLAB, обравши іконку

.
- Натисніть кнопку на АЦП так, щоб світлодіод почав блимати.
- Оберіть внизу вікна *Повне налаштування.*
- Оберіть у цьому вікні датчики напруги та струму.
- Оберіть дискретизацію *Вручну, Кількість замірів – 10.*
- Оберіть *Мінімальні налаштування.*
- Оберіть вкладку *Робочий простір – Вікно таблиці* .

Проведення експерименту

- Приєднайте джерело струму та замкніть ключ.
- Натисніть кнопку *Замір* .
- Розімкніть ключ. Під'єднайте датчик струму в розрив кола іншого резистора.
- Натисніть кнопку *Замір* .

- Розімкніть ключ. Під'єднайте датчик струму в розрив кола обох резисторів.
- Натисніть кнопку *Замір* .
- Закінчіть реєстрацію даних.

Аналіз даних експерименту

- Перенесіть отримані дані до таблиці.
- Розрахуйте опір кожного резистора R_1, R_2 та їх з'єднання R_3. Результат занесіть до таблиці.
- Розрахуйте сумарний опір резисторів $R_{роз}$ на основі виміряних значень. Знесіть результат до таблиці.
- Порівняйте розрахункове $R_{роз}$ та виміряне значення R_3.
- Порівняйте значення струмів та напруг на резисторах.

Узагальніть результати дослідження у висновку після звіту про роботу.

Таблиця результатів

$I(A)$	$U(B)$	$R_1(Ом)$	$R_2(Ом)$	$R_3(Ом)$	$R_{3\,роз}(Ом)$
			-	-	-
		-		-	-
		-	-		

Додаткові коментарі

При виконанні експерименту зверніть увагу на те, що джерело струму повинно бути стабілізованим. У шкільних джерелах струму використовується пульсуюча напруга.

Тема роботи: **Спостереження явища електромагнітної індукції**

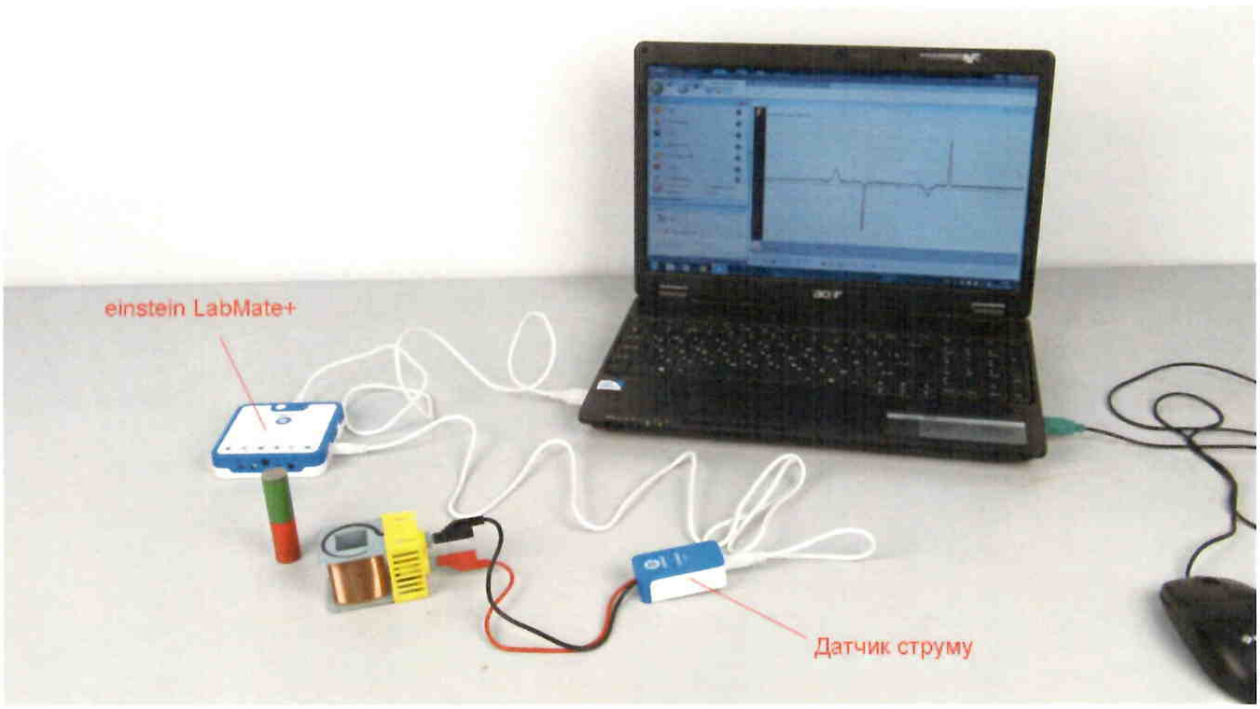
Мета роботи: на основі спостережень, дослідити особливості явища електромагнітної індукції.

Обладнання: котушка, постійний штабовий магніт, датчик струму, АЦП (аналогово-цифровий перетворювач) einstein LabMate+, кабель для під'єднання датчика, ПК.

Програмне забезпечення: MiLAB.

Теоретична частина

Явище електромагнітної індукції – це виникнення струму у замкнутому електричному контурі, вміщеному у змінне магнітне поле. У якості замкнутого електричного контуру використовується у цій лабораторній роботі котушка, кінці якої замкнені датчик струму. Для створення змінного магнітного поля використовується постійний штабовий магніт. Напрямок та величина електричного струму в котушці буде залежати від того, який полюс магніту ми будемо наближати або віддаляти від котушки та з якою швидкістю це відбуватиметься.



Підготовка експерименту

- З'єднаєте датчик струму з котушкою.
- З'єднаєте АЦП із USB входом вашого ПК (дочекайтеся моменту, коли світлодіод на АЦП змінить колір з червоного на жовтий або зелений).

- З’єднайте датчик струму з АЦП.

Програмні установки

- Запустіть програму MiLAB, обравши іконку

.
- Натисніть кнопку на АЦП так, щоб світлодіод почав блимати.

- Оберіть внизу вікна *Повне налаштування.*
- Оберіть у цьому вікні датчик струму.
- Оберіть дискретизацію *Авто, Частота замірів – 100 замірів на секунду, Кількість замірів – 1000.*
- Оберіть *Мінімальні налаштування.*

Проведення експерименту

- Натисніть кнопку *Старт* .
- Плавно внесіть магніт у котушку, повернувши його північним полюсом і плавно витягніть його.
- Змініть полярність магніту і повторіть дії.
- Швидко внесіть і витягніть магніт у котушку.
- Дочекайтеся завершення запису даних.

Аналіз даних експерименту

- Проаналізуйте, як змінюватимуться напрямок та величина сили струму, в залежності від проведених дій.

Узагальніть результати дослідження у висновку після звіту про роботу.

Тема роботи: **Визначення прискорення тіла під час рівноприскореного руху**

Мета роботи: визначити прискорення руху м'яча по жолобу.

Обладнання: штатив, жолоб, м'яч, датчик відстані, АЦП (аналогово-цифровий перетворювач) einstein LabMate+, кабель для під'єднання датчика, ПК.

Програмне забезпечення: MiLAB.

Теоретична частина

Прискорення — це векторна фізична величина, рівна відношенню приросту миттєвої швидкості руху тіла до проміжку часу, протягом якого відбувся цей приріст.

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}.$$

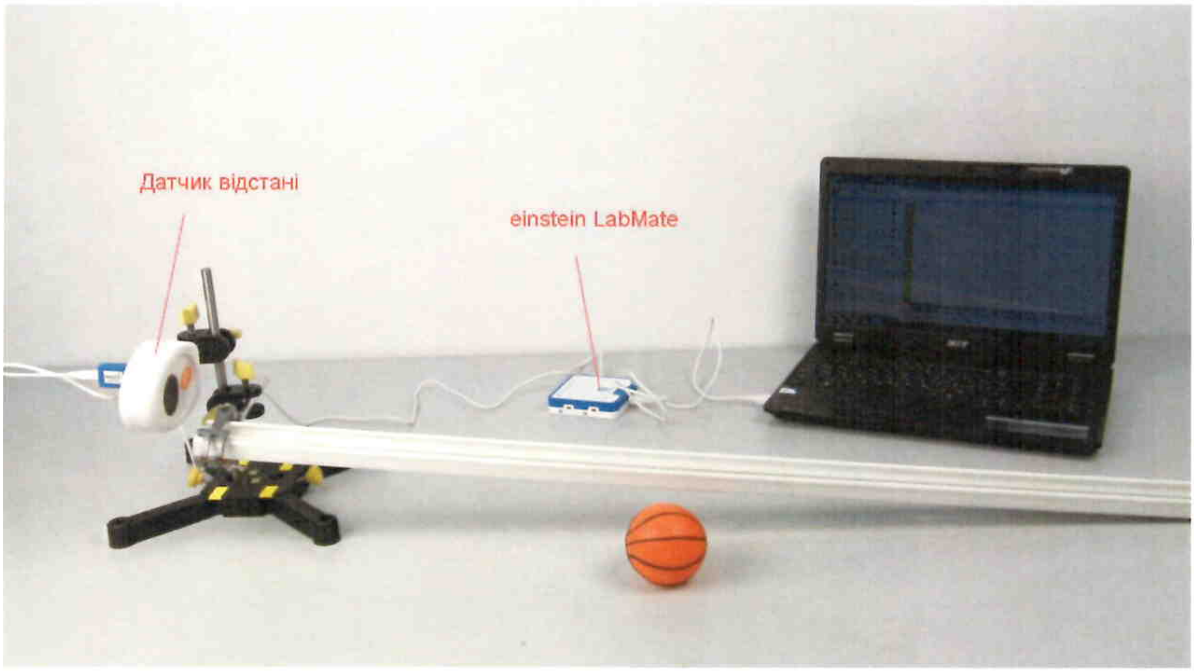
Рівноприскорений рух — рух, при якому вектор прискорення залишається незмінним за модулем та напрямком.

При рівноприскореному русі по прямій, модуль швидкості тіла визначається за формулою:

$$v = v_0 + at.$$

Рівняння руху тіла має вигляд:

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$$



Підготовка експерименту

- Встановіть на столі штатив.

- Закріпіть на штативі похилий жолоб і датчик відстані, направивши його випромінювачем уздовж жолоба.
- З'єднаєте АЦП із USB входом вашого ПК (дочекайтеся моменту, коли світлодіод на АЦП змінить колір з червоного на жовтий або зелений).
- З'єднаєте датчик відстані з АЦП.
- Підготуйте у зошиті або на ПК таблицю для занесення результатів.

Програмні установки

- Запустіть програму MiLAB, обравши іконку

.
- Натисніть кнопку на АЦП так, щоб світлодіод почав блимати.
- Оберіть внизу вікна *Повне налаштування.*
- Оберіть у цьому вікні датчик відстані.
- Натисніть у цьому вікні в стрічці датчика відстані кнопку *Встановити*, щоб скинути поточне значення відстані на нуль.
- Оберіть дискретизацію *Авто, Частота замірів – 25 замірів на секунду, Кількість замірів – 200.*
- Оберіть *Мінімальні налаштування.*

Налаштування експерименту

- Переконаєтеся, що датчик настроєний правильно, для чого встановіть м'яч на жолоб на відстані не менше 20 см від випромінювача, натисніть на короткий час кнопку *Старт* , Графік відстані повинен бути горизонтальним і збігатися з віссю часу. У випадку розбіжності повторно «онуліть» датчик відстані.

Проведення експерименту

- Виберіть кнопку *Новий експеримент* .
- Встановіть м'яч на точку відліку координат, яку використовували при налаштуванні експерименту.
- Натисніть *Старт* і відпустіть м'яч.
- Дочекайтеся завершення запису даних.
- Повторіть попередні дії кілька разів.

Аналіз даних експерименту

- На графіку останнього експерименту встановіть *Перший курсор* та Другий курсор в точках що відповідають руху м'яча.
- У верхньому меню оберіть вкладку *Аналіз – Апроксимація кривою* .
- У вікні, що з'явиться оберіть поліном 2 степеня. У стрічці поряд з курсором з'явиться рівняння кривої.
- Запишіть у зошит рівняння зміни координати м'яча, з урахуванням того що f(x) – це координата, x – час.
- Модуль множника біля змінної у квадраті відповідає модулю прискорення руху м'яча, діленому на 2. Запишіть це прискорення, *a* в таблицю.
- У верхньому меню оберіть вкладку *Робочий простір – Вікно графіка* .
- У вікні *Історія* оберіть дані попереднього вимірювання і перемістіть «перетягуванням» папку у новостворене вікно.
- Проведіть аналіз, аналогічно до попередніх кроків і занесіть значення прискорень до таблиці.
- Визначите середнє арифметичне значення модуля прискорення a_c й запишіть його у відповідне поле таблиці з точністю до другого знака після коми.

Узагальніть результати дослідження у висновку після звіту про роботу.

Таблиця результатів

№	$a(м/с^2)$	$a_c(м/с^2)$
1.		
2.		
3.		

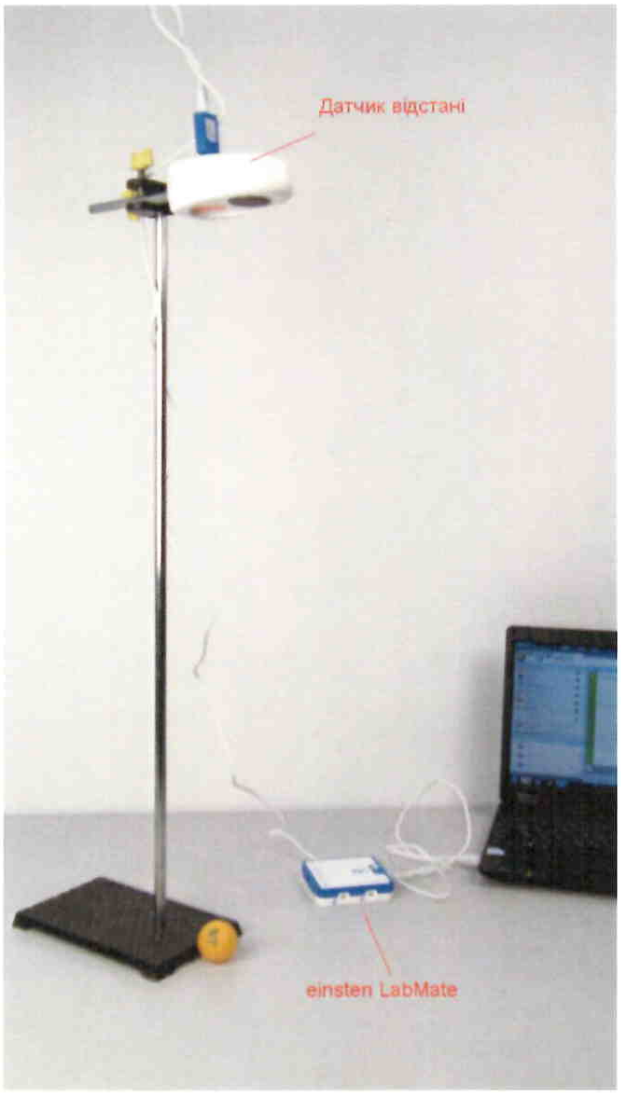
Тема роботи: **Дослідження вільного падіння тіл**

Мета роботи: визначити прискорення вільного падіння кульки.

Обладнання: штатив, гумовий м'яч або тенісна кулька, датчик відстані, АЦП (аналогово-цифровий перетворювач) einstein LabMate+, кабель для під'єднання датчика, ПК.

Програмне забезпечення: MiLAB.

Теоретична частина



Прискорення вільного падіння — це прискорення, що надається тілу силою земного тяжіння за умови виключення з розгляду інших сил. Прискорення вільного падіння на поверхні Землі g варіюється від 9,780 м/с^2 на екваторі до 9,832 м/с^2 на полюсах. Стандартне значення, прийняте при побудові системи одиниць g = 9,80665 м/с^2. Стандартне значення g було визначено як «середнє» по усій земній кулі. Воно приблизно дорівнює прискоренню вільного падіння на широті 45,5° над рівнем моря. У наближених розрахунках його звичайно обирають рівним 9,81; 9,8 або 10 м/с^2.

Підготовка експерименту

- Встановіть на горизонтальному столі штатив. Якщо штатив має коротку стійку, установите його на краю стола, закріпивши основу.
- Закріпіть на штативі датчик відстані так, щоб його випромінювач був спрямований у напрямку горизонтальної поверхні. Відстань до стола або підлоги повинна бути від 60 см до 150 см.
- З'єднаєте АЦП із USB входом вашого ПК (дочекайтеся моменту, коли світлодіод на АЦП змінить колір з червоного на жовтий або зелений).
- З'єднаєте датчик відстані з АЦП.

- Підготуйте у зошиті або на ПК таблиці для занесення результатів.

Програмні установки

- Запустіть програму MiLAB, обравши іконку

.
- Натисніть кнопку на АЦП так, щоб світлодіод почав блимати.
- Оберіть внизу вікна *Повне налаштування.*
- Оберіть у цьому вікні датчик відстані.
- Натисніть у цьому вікні в стрічці датчика відстані кнопку *Встановити*, щоб скинути поточне значення відстані на нуль.
- Оберіть дискретизацію *Авто, Частота замірів – 25 замірів на секунду, Кількість замірів – 200.*
- Оберіть *Мінімальні налаштування.*

Налаштування експерименту

- Переконаєтеся, що датчик настроєний правильно, для чого встановіть м'яч на жолоб на відстані не менше 20 см від випромінювача, натисніть на короткий час кнопку *Старт* , Графік відстані повинен бути горизонтальним і збігатися з віссю часу. У випадку розбіжності повторно «онуліть» датчик відстані.

Проведення експерименту

- Натисніть кнопку *Старт* .
- Помістіть кульку або м'яч під випромінювачем датчика на відстані трохи більшою за 20 см і відпустіть. Добийтеся того, щоб кулька стрибала в межах конуса ультразвуку, який іде від випромінювача і має кут при вершині 15°.
- Дочекайтеся зупинки запису даних.

- У разі необхідності повторіть експеримент до отримання найкращого набору даних.

Аналіз даних експерименту

- Виділите *Першим курсором* момент початку руху тіла після відскоку.
- Виділите *Другим курсором* момент другого зіткнення тіла з поверхнею.
- У верхньому меню оберіть вкладку *Аналіз – Апроксимація кривою* .
- У вікні, що з'явиться оберіть поліном 2 степеня. На графіку з'явиться парабола, уписана в графік руху тіла.
- У стрічці поряд з курсором з'явиться рівняння кривої.
- Запишіть рівняння руху тіла $x(t)$ з використанням позначень координати й часу.
- Множник, що стоїть перед t^2, дорівнює модулю проекції прискорення руху тіла, діленому на 2.
- Запишіть це значення в таблицю. Повторите попередні дії для інших ділянок графіка.
- Визначите середнє арифметичне значення модуля прискорення g_c й запишіть його у відповідне поле таблиці з точністю до другого знака після коми.

Узагальніть результати дослідження у висновку після звіту про роботу.

Таблиця результатів

№	g (м/с^2)	g_c (м/с^2)
1		
2		
3		

Тема роботи: **Вимірювання жорсткості пружного тіла**

Мета роботи: визначити жорсткість пружини за частотою коливання вантажу, закріпленого на ній.

Обладнання: штатив, пружина, датчик сили, АЦП (аналогово-цифровий перетворювач) einstein LabMate+, кабель для під'єднання датчика, ПК.

Програмне забезпечення: MiLAB.

Теоретична частина

Пружинний маятник — механічна система, що складається з пружини, один кінець якої жорстко закріплений, а до другого приєднано вантаж маси m.

Коли на масивне тіло діє сила пружності, що повертає його в положення рівноваги, воно коливається близько цього положення. Частота коливань маятника – це кількість коливань маятника за одиницю часу. У системі СІ одиниця виміру частоти – 1 Герц, позначення ν. Для пружинного маятника частота розраховується за формулою:

$\nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$, де k – жорсткість пружини, m – маса вантажу.

Виходячи з цієї формули, жорсткість пружини визначається за формулою:

$k = 4\pi^2 m\nu^2$

Підготовка експерименту

- Встановіть на столі штатив, закріпіть на ньому датчик сили.

- Приєднаєте до датчика сили пружину.

- З'єднаєте АЦП із USB входом вашого ПК (дочекайтеся моменту, коли світлодіод на АЦП змінить колір з червоного на жовтий або зелений).
- Приєднайте до АЦП датчик сили.
- Підготуйте у зошиті або на ПК таблицю для занесення результатів.

Програмні установки

- Запустіть програму MiLAB, обравши іконку

.
- Натисніть кнопку на АЦП так, щоб світлодіод почав блимати.
- Оберіть внизу вікна *Повне налаштування.*
- Оберіть у цьому вікні датчик сили.
- Натисніть у цьому вікні в стрічці датчика відстані кнопку *Встановити*, щоб скинути поточне значення відстані на нуль.
- Оберіть дискретизацію *Авто, Частота замірів – 50 замірів на секунду, Кількість замірів – 200.*
- Оберіть *Мінімальні налаштування.*

Проведення експерименту

- Підвісьте на пружину основу набірного вантажу і встановіть вантаж 50 г.
- Запишіть значення маси вантажу *m* у таблицю.
- Виведіть маятник з положення рівноваги.
- Натисніть кнопку *Старт*
.
- Дочекайтеся завершення запису даних.
- Додайте вантаж на основу набірного вантажу й запишіть значення маси в таблицю.
- Натисніть кнопку *Старт*
.
- Дочекайтеся завершення запису даних.

- Повторите попередні кроки кілька разів.

Аналіз даних експерименту

- Встановіть *Перший курсор* на графік.
- Виберіть у верхньому меню Аналіз - *Математичні функції* .
- Виберіть вкладку *Перетворення – Перетворення Фур'є*. Натисніть *Ок.*
- Оберіть на графіку нижню вісь та вкладку *Частота.*
- Встановіть *Перший курсор* на пік отриманого графіка частоти. Прочитайте поряд з курсором значення частоти ν і запишіть його в таблицю.
- У верхньому меню оберіть вкладку *Робочий простір – Вікно графіка* .
- У вікні *Історія* оберіть дані попередніх вимірювань і перемістіть «перетягуванням» папку у новостворене вікно.
- Проведіть аналіз, аналогічно до попередніх кроків і занесіть значення частот до таблиці.
- Розрахуйте жорсткість пружини k_i для кожного випадку й запишіть значення в таблицю.
- Розрахуйте середнє значення твердості k_c і запишіть у таблицю.

Узагальніть результати дослідження у висновку після звіту про роботу.

Таблиця результатів

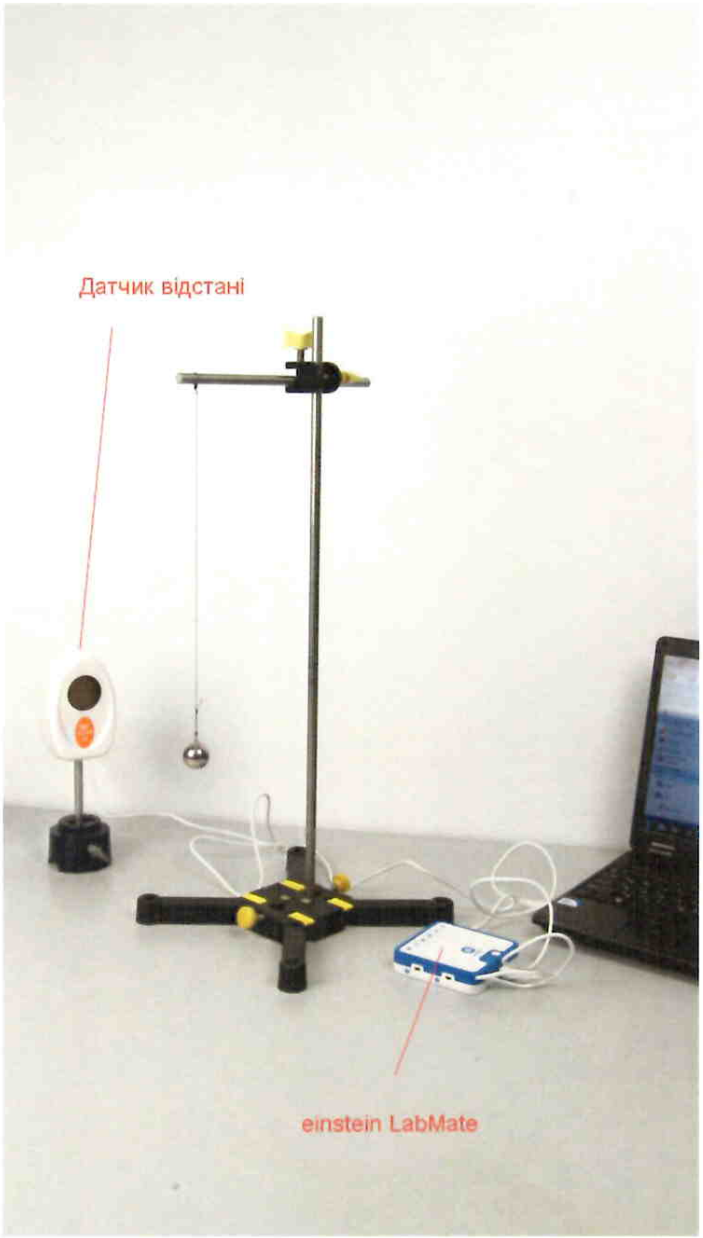
№	*m(кг)*	*ν (Гц)*	k_i *(Н/м)*
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

Тема роботи: **Виготовлення нитяного маятника і визначення періоду його коливань.**

Мета роботи: визначити період коливань нитяного маятника і прискорення вільного падіння.

Обладнання: штатив, нитка, вантаж, датчик відстані, штатив для датчика відстані, лінійка, АЦП (аналогово-цифровий перетворювач) einstein LabMate+, кабель для під'єднання датчика, ПК.

Програмне забезпечення: MiLAB.



Теоретична частина

Нитяним маятником називають систему, що складається з тіла підвішеного на довгій нерозтяжній нитці. Важливо, щоб розміри тіла були малі порівняно з довжиною нитки. Математична модель, що описує дану систему, називається **математичним маятником**.

Період коливань – це фізична величина, що рівна проміжку часу за який тіло здійснює одне повне коливання. У системі СІ одиниця виміру періоду коливань – 1 секунда, позначення періоду коливань - T.

Для математичного маятника період коливань розраховується за формулою: $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$, де g – прискорення вільного падіння, l – довжина маятника з урахуванням розміру вантажу. Виходячи із цієї формули, прискорення вільного падіння визначається за формулою:

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$$

Підготовка експерименту

- Встановіть на столі штатив, закріпіть на ньому нитяний маятник.
- Установите на відстані 30 см від вантажу датчик відстані.

- З'єднаєте АЦП із USB входом вашого ПК (дочекайтеся моменту, коли світлодіод на АЦП змінить колір з червоного на жовтий або зелений).
- Приєднайте до АЦП датчик відстані .
- Підготуйте у зошиті або на ПК таблицю для занесення результатів.

Програмні установки

- Запустіть програму MiLAB, обравши іконку

.
- Натисніть кнопку на АЦП так, щоб світлодіод почав блимати.
- Оберіть внизу вікна *Повне налаштування.*
- Оберіть у цьому вікні датчик відстані.
- Натисніть у цьому вікні в стрічці датчика відстані кнопку *Встановити*, щоб скинути поточне значення відстані на нуль.
- Оберіть дискретизацію *Авто, Частота замірів – 25 замірів на секунду, Кількість замірів – 500.*
- Оберіть *Мінімальні налаштування.*

Проведення експерименту

- Виміряйте довжину нитки від точки підвісу до точки кріплення вантажу. Виміряйте розмір вантажу (оптимально кулі) і розділите його навпіл. Складіть отримані дані й запишіть у таблицю як довжину маятника *l*.
- Відхиліть вантаж від положення рівноваги таким чином, щоб максимальний кут відхилення не перевищував 5-10°.
- Натисніть кнопку *Старт* .
- Дочекайтеся завершення запису даних.
- Повторите попередні кроки кілька разів для різної довжини маятника.

- Встановіть *Перший курсор* та Другий курсор на графік у точках, що відповідають одному повному коливанню.
- Зчитайте в стрічці біля курсору та занесіть до таблиці значення періоду коливання *T*.

- У верхньому меню оберіть вкладку *Робочий простір – Вікно графіка* .
- У вікні *Історія* оберіть дані попередніх вимірювань і перемістіть «перетягуванням» папку у новостворене вікно.
- Повторите ці дії з іншими записаними графіками.
- Розрахуйте прискорення вільного падіння g_i для кожного випадку й запишіть значення в таблицю.
- Розрахуйте середнє значення прискорення вільного падіння g_c і запишіть у таблицю.

Узагальніть результати дослідження у висновку після звіту про роботу.

Таблиця результатів

№	l(м)	T(c)	g_i (м/с²)	g_c (м/с²)
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

Тема роботи: **Дослідження одного із ізопроцесів**

Мета роботи: дослідити залежність тиску повітря від об'єму при ізотермічному стисненні, оцінити відхилення від закономірності.

Обладнання: шприц, датчик тиску, АЦП (аналогово-цифровий перетворювач) einstein LabMate+, кабель для під'єднання датчика, ПК.

Програмне забезпечення: MiLAB.

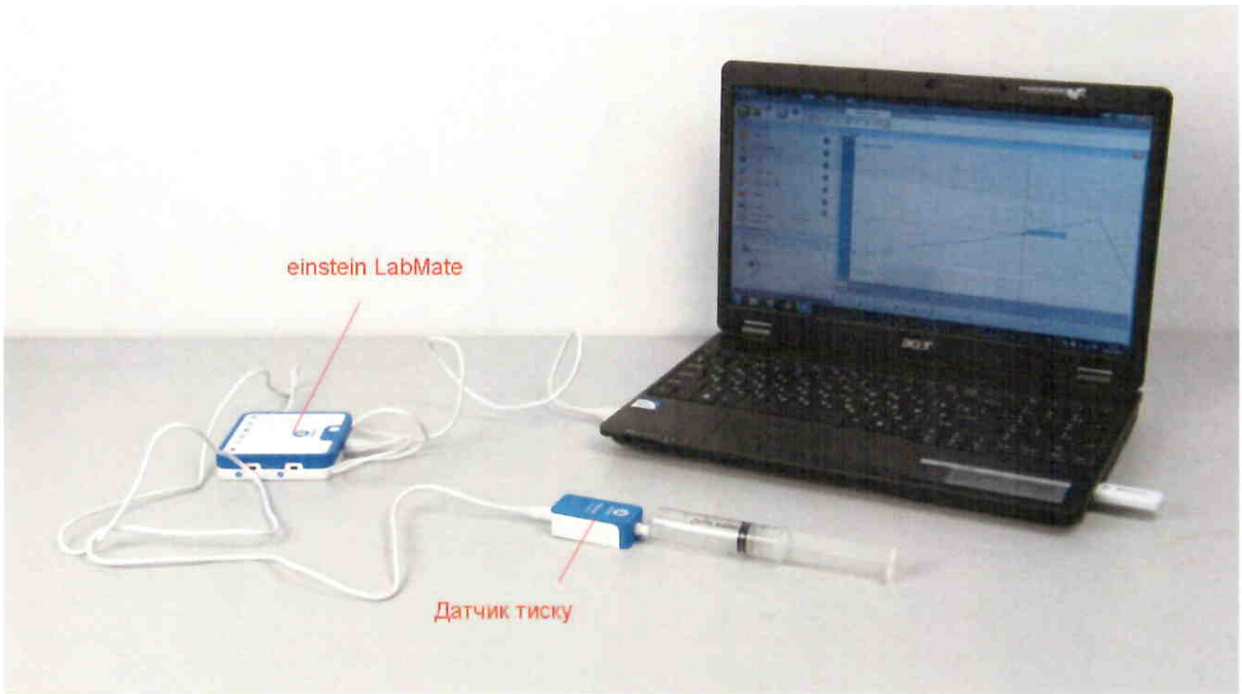
Теоретична частина

Ізотермічний процес — процес зміни стану термодинамічної системи при постійній температурі . Ізотермічний процес описується законом Бойля — Маріотта:

При постійній температурі й незмінних значеннях маси газу і його молярної маси, добуток об'єму газу на його тиск залишається постійним.

T=const, PV=const.

Реальний газ, у нашому випадку повітря, при стиску буде поводитися подібно теоретичної моделі ідеального газу, але відхилення в експерименті можливі.



Підготовка експерименту

- Наберіть у шприц повітря.
- З'єднаєте шприц із датчиком тиску.

- З'єднаєте АЦП із USB входом вашого ПК (дочекайтеся моменту, коли світлодіод на АЦП змінить колір з червоного на жовтий або зелений).
- Приєднайте до АЦП датчик тиску .
- Підготуйте у зошиті таблицю для занесення результатів.

Програмні установки

- Запустіть програму MiLAB, обравши іконку

.
- Натисніть кнопку на АЦП так, щоб світлодіод почав блимати.
- Оберіть внизу вікна *Повне налаштування.*
- Оберіть у цьому вікні датчик тиску.
- Оберіть дискретизацію *Вручну, Кількість замірів – 10.*
- Оберіть *Мінімальні налаштування.*
- Оберіть вкладку *Робочий простір – Вікно таблиці* .

Проведення експерименту

- Натисніть кнопку *Замір* .
- Змінюйте покроково об'єм повітряна однакову величину, щораз натискаючи кнопку *Замір* .
- Повторюйте ці кроки до завершення реєстрації даних.

Аналіз даних експерименту

- Виберіть у вікні *Графік* кнопку експорту даних експерименту в таблиці *Excel* .
- Поряд зі значеннями тиску *p* введіть значення відповідного об'єму газу *V* за даними на шкалі шприца.

- Задайте добуток значень у колонках даних. Зрівняєте отриманий результат для точок виміру.
- Перенесіть дані таблиці Excel у звіт роботи.

Узагальніть результати дослідження у висновку після звіту про роботу.

Таблиця результатів

№	*p(Па)*	*V(м³)*	*pV (Па·м³)*
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

Тема роботи: **Вимірювання ЕРС і внутрішнього опору джерела струму**

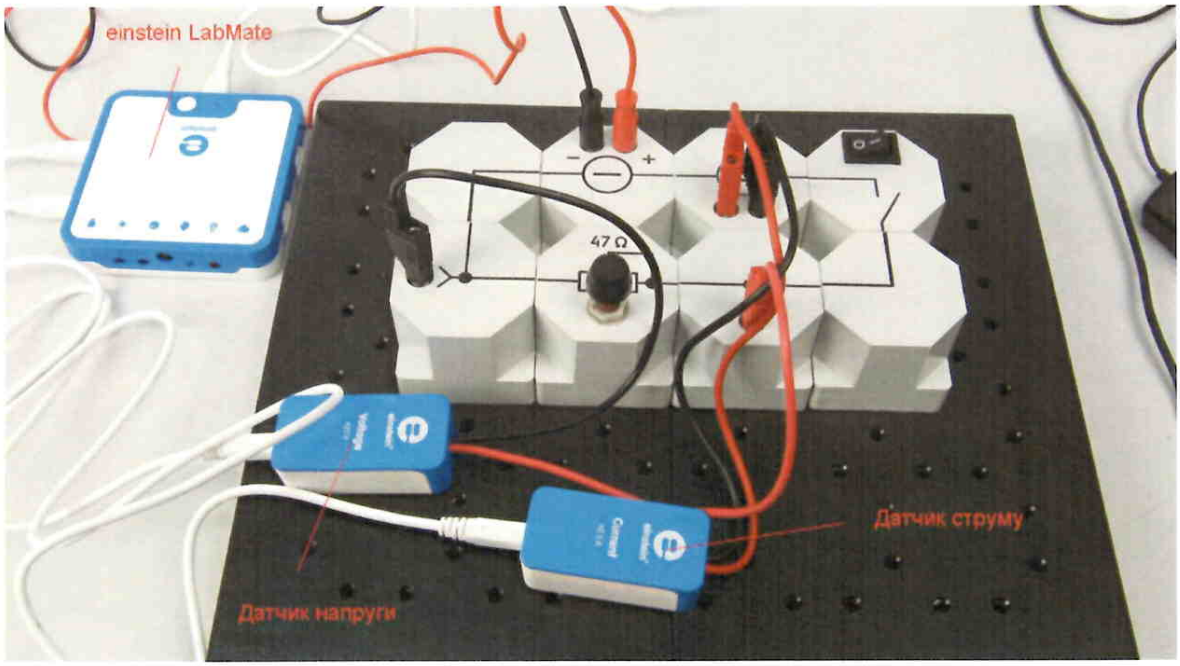
Мета роботи: визначити ЕРС і внутрішній опір джерела струму.

Обладнання: електричне коло, змінний резистор, максимальним опором 47 Ом, датчик напруги, датчик струму, з'єднувальні провідники, джерело струму, АЦП (аналогово-цифровий перетворювач) einstein LabMate+, кабель для під'єднання датчика, ПК.

Програмне забезпечення: MiLAB.

Теоретична частина

Електрорушійна сила (ЕРС) — скалярна фізична величина, що характеризує роботу сторонніх сил, які діють у колах постійного або змінного струму. У замкненому провідному контурі ЕРС дорівнює роботе цих сил по переміщенню одиничного позитивного заряду вздовж усього контуру. Джерело струму також характеризується внутрішнім опором, що залежать від провідних якостей самого джерела. ЕРС і внутрішній опір джерела струму входять у закон Ома для замкненого кола. Застосування цього закону до електричного кола зі змінним зовнішнім опором дозволяє розрахувати обидва значення.



Підготовка експерименту

- Зберіть електричне коло з послідовно з'єднаним змінним резистором у відповідності зі світлиною.

- Приєднайте датчик напруги паралельно змінному опору.

- З'єднаєте послідовно з резистором датчик струму.
- З'єднаєте АЦП із USB входом вашого ПК (дочекайтеся моменту, коли світлодіод на АЦП змінить колір з червоного на жовтий або зелений).
- З'єднайте з АЦП датчики струму та напруги .
- Підготуйте у зошиті таблицю для занесення результатів.

Програмні установки

- Запустіть програму MiLAB, обравши іконку

.
- Натисніть кнопку на АЦП так, щоб світлодіод почав блимати.
- Оберіть внизу вікна *Повне налаштування.*
- Оберіть у цьому вікні датчик струму та напруги.
- Оберіть дискретизацію *Вручну, Кількість замірів – 10.*
- Оберіть *Мінімальні налаштування.*
- Оберіть вкладку *Робочий простір – Вікно таблиці* .

Проведення експерименту

- Приєднайте джерело струму і замкніть ключ на схемі.
- Натисніть кнопку *Замір*
- Плавно змінюйте опір змінного резистора і щоразу натискайте кнопку *Замір* .
- Дочекайтеся завершення реєстрації даних.

Аналіз даних експерименту

- Оберіть у таблиці пари значень напруги U та сили струму I та перенесіть їх до таблиці в зошиті.
- Розрахуйте внутрішній опір джерела струму, користуючись формулою: $r = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1}$
- Розрахуйте ЕРС джерела струму, користуючись формулою: $\varepsilon = U_1 + I_1 r$

Узагальніть результати дослідження у висновку після звіту про роботу.

Таблиця результатів

№	*I(A)*	*U(B)*	*r(Ом)*	*E(B)*
1.				
2.				

Тема роботи: **Визначення температурного коефіцієнта опору металу й дослідження залежності опору напівпровідника від температури**

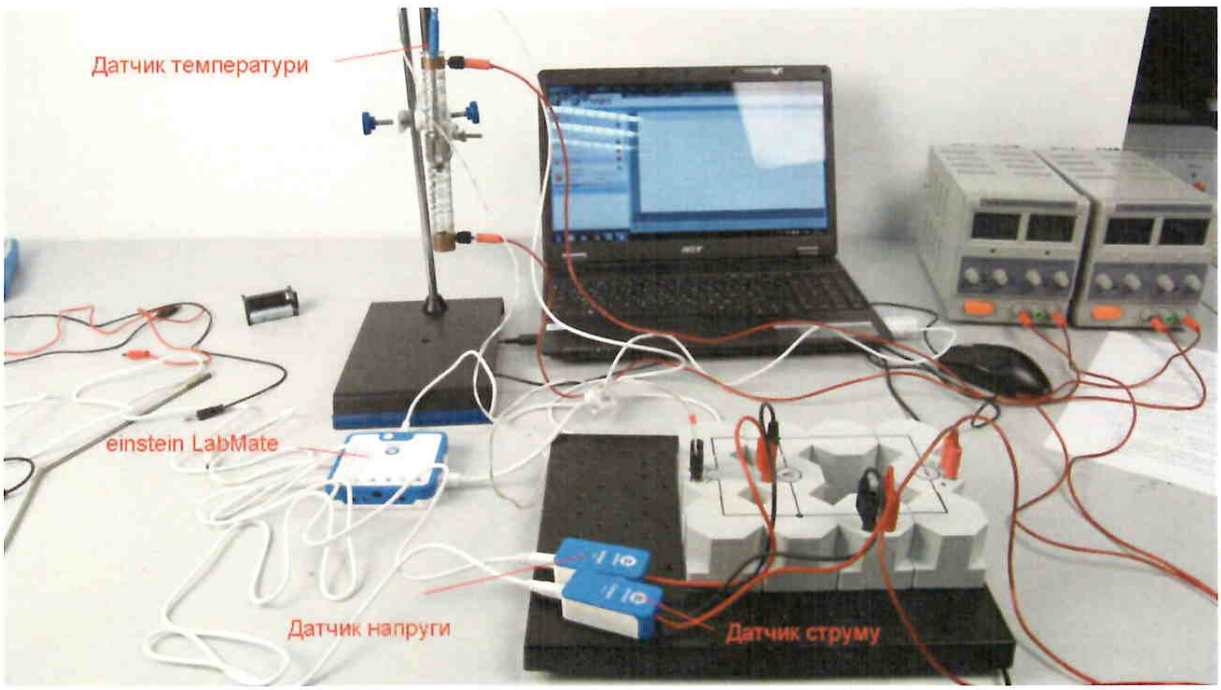
Мета роботи: визначити температурний коефіцієнт опору металу й одержати графічну залежність опору терморезистора від температури.

Обладнання: електричне коло, трубчастий нагрівач, досліджуваний зразок металу (нагрівальна спіраль), терморезистор, датчик напруги, датчик струму, датчик температури, з'єднувальні провідники, джерело струму, АЦП (аналогово-цифровий перетворювач) einstein LabMate+, кабель для під'єднання датчика, ПК.

Програмне забезпечення: MiLAB.

Теоретична частина

Проходження електричного струму в металах забезпечується вільними електронами, які можуть переміщатися незалежно від валентних зон. Середовище проходження струму в металах може створювати опір подібному руху. Це проявляється в наявності в провідника опору, який залежить від температури. Дослідження цієї залежності дозволило для більшості металів одержати наступний закон:



$R = R_0(1 + \alpha t)$, де R – опір провідника при даній температурі, R_0 – опір провідника при 0°C, t – температура по шкалі Цельсия, α – температурний коефіцієнт опору.

В напівпровідниках проходження струму забезпечують два роди носіїв – електрони й вакансії, що утворювалися на валентних зонах. Кількість вакансій, а рівно й кількість електронів прямо залежить від умов, у яких перебуває напівпровідник - температури й освітленості. Підвищення температури або збільшення освітленості приводить до різкого зростання розірваних зв'язків електронів з атомами. Переходячи в область провідності, вони фактично збільшують концентрацію носіїв заряду, і відповідно, зменшується опір середовища. На цій основі створені напівпровідникові нелінійні елементи – термо- і фоторезистори.

Підготовка експерименту

- Встановіть на столі штатив, закріпивши в ньому трубчастий нагрівач і помістивши в нього досліджуваний зразок.
- Зберіть електричне коло з досліджуваним зразком.
- З'єднаєте датчик струму послідовно з досліджуваним зразком, датчик напруги паралельно йому.
- Під'єднайте електричне коло і трубчастий нагрівач до джерела струму (12 В для нагрівача й регульована постійна напруга для зразка приблизно 6 В).
- Помістіть в трубчастий нагрівач датчик температури.
- З'єднаєте АЦП із USB входом вашого ПК (дочекайтеся моменту, коли світлодіод на АЦП змінить колір з червоного на жовтий або зелений).

- З'єднайте з АЦП датчики струму, напруги і температури .
- Підготуйте у зошиті таблицю для занесення результатів.

Програмні установки

- Запустіть програму MiLAB, обравши іконку

.
- Натисніть кнопку на АЦП так, щоб світлодіод почав блимати.
- Оберіть внизу вікна Повне налаштування.
- Оберіть дискретизацію *Авто,Частота замірів – 10 замірів на секунду, Кількість замірів – 5000.*
- Оберіть *Мінімальні налаштування.*

Проведення експерименту

- Увімкніть джерело струму.
- Натисніть кнопку *Старт*
- Дочекайтеся завершення реєстрації даних.
- Вимкніть джерело струму.
- Замініть у нагрівачі досліджуваний металевий зразок на терморезистор.
- Увімкніть джерело струму.
- Натисніть кнопку *Старт*
- Дочекайтеся завершення реєстрації даних.

Аналіз даних експерименту

- У верхньому меню оберіть вкладку *Робочий простір – Вікно графіка* .
- У вікні *Історія* оберіть дані попереднього вимірювання і перемістіть «перетягуванням» папку у новостворене вікно.
- Оберіть вкладку *Аналіз.*
- Встановіть *Перший курсор* на графіку струму й виберіть *Лінійну апроксимацію* .
- У верхньому меню виберіть кнопку *Математичні функції* . Виберіть вкладку *Перетворення – Ділення*.
- Виберіть дані *Напруга* й *Лінійна апроксимація сили струму*.
- Натисніть *Ок.*
- Виберіть вісь x – температура, y – результат ділення напруги на силу струму.
- Установите *Перший курсор* на отриманий графік і виконайте лінійну апроксимацію.
- Зчитайте рівняння біля курсору. Доданок зі змінною множник, який чисельно рівний $R_0\alpha$, де R_0 – опір зразка при 0°C. Другий доданок – це і є R_0. Занесіть значення R_0 у таблицю.
- Розрахуйте й занесіть у таблицю температурний коефіцієнт опору α.

- Відкрийте графік другого виміру для терморезистора.
- У верхньому меню виберіть кнопку Математичні функції . Виберіть вкладку *Перетворення – Ділення*.
- Виберіть дані *Напруга* й *Сила струму*.
- Натисніть *Ок.*
- Виберіть вісь x – температура, y – результат ділення напруги на силу струму.

Узагальніть результати дослідження у висновку після звіту про роботу.

Таблиця результатів

R_0(Ом)	α(Ом/ ДО)

Додаткові коментарі

При виконанні експерименту зверніть увагу на те, що джерело струму повинно бути стабілізованим. У шкільних джерелах струму використовується пульсуюча напруга.

Тема роботи: **Дослідження електричного кола з напівпровідниковим діодом**

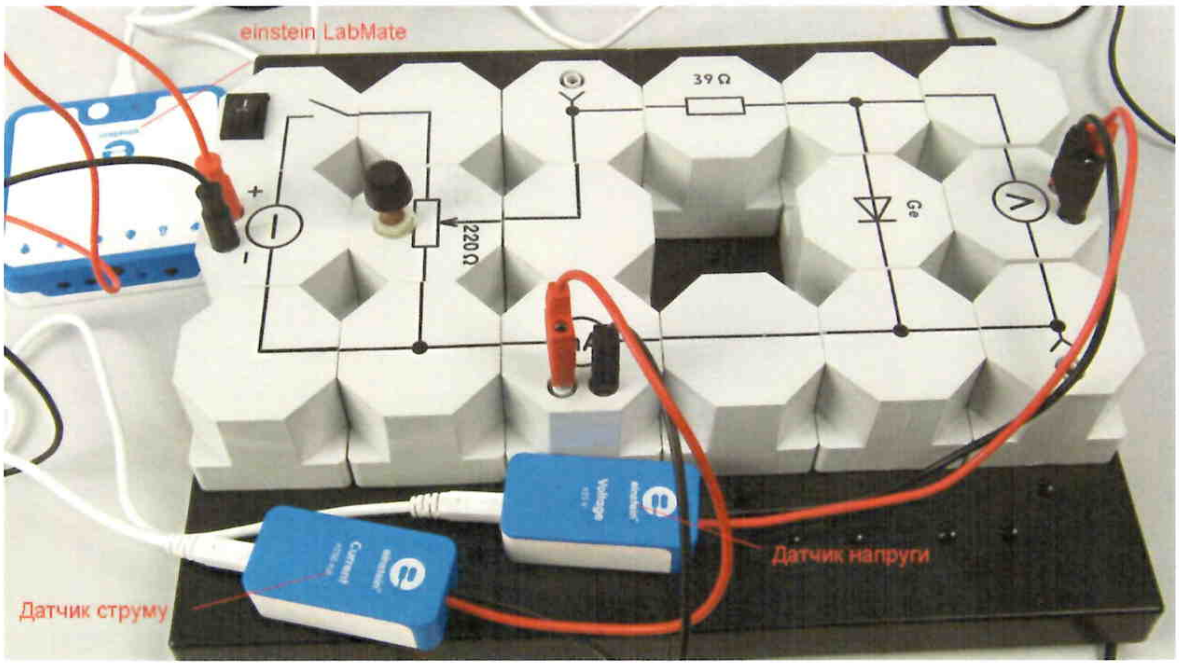
Мета роботи: дослідити провідні властивості напівпровідникового діода.

Обладнання: електричне коло, резистор, опором 39 Ом, змінний резистор, максимальним опором 220 Ом, германієвий діод, датчик напруги, датчик струму, з'єднувальні провідники, джерело струму, АЦП (аналогово-цифровий перетворювач) einstein LabMate+, кабель для під'єднання датчика, ПК.

Програмне забезпечення: MiLAB.

Теоретична частина

Напівпровідниковий діод — прилад с одним електричним переходом і двома електродами. Принцип дії напівпровідникового діода ґрунтується на властивостях p-n-переходу. Площинні p-n-переходи для напівпровідникових діодів одержують шляхом плавлення, дифузії та епітаксії. Вольт-амперна характеристика (ВАХ) — залежність струму через провідний елемент від напруги на елементі. Характерні приклади елементів, що володіють суттєво нелінійної ВАХ: діод, тиристор, стабілітрон.



Підготовка експерименту

- Зберіть електричне коло з напівпровідниковим діодом у відповідність зі світлиною.
- Приєднайте датчик напруги паралельно діоду.

- З'єднаєте послідовно з діодом датчик струму.
- З'єднаєте АЦП із USB входом вашого ПК (дочекайтеся моменту, коли світлодіод на АЦП змінить колір з червоного на жовтий або зелений).
- З'єднайте з АЦП датчики струму та напруги.

Програмні установки

- Запустіть програму MiLAB, обравши іконку

.
- Натисніть кнопку на АЦП так, щоб світлодіод почав блимати.
- Оберіть внизу вікна *Повне налаштування.*
- Оберіть дискретизацію *Вручну, Кількість замірів – 20.*

Проведення експерименту

- Увімкніть джерело струму й виставте напругу 4 В.
- Натисніть кнопку *Замір*
- Плавно змінюйте опір змінного резистора, щоразу натискаючи кнопку *Замір*
.
- Дочекайтеся завершення реєстрації даних.

Аналіз даних експерименту

- Виконаєте обрізання графіка, залишивши тільки ділянку, що відповідає зміні напруги й сили струму.
- Виберіть вісь x- напруга, y – сила струму.

Узагальніть результати дослідження у висновку після звіту про роботу.

Додаткові коментарі

При виконанні експерименту зверніть увагу на те, що джерело струму повинно бути стабілізованим. У шкільних джерелах струму використовується пульсуюча напруга.

Тема роботи: **Дослідження магнітного поля Землі**

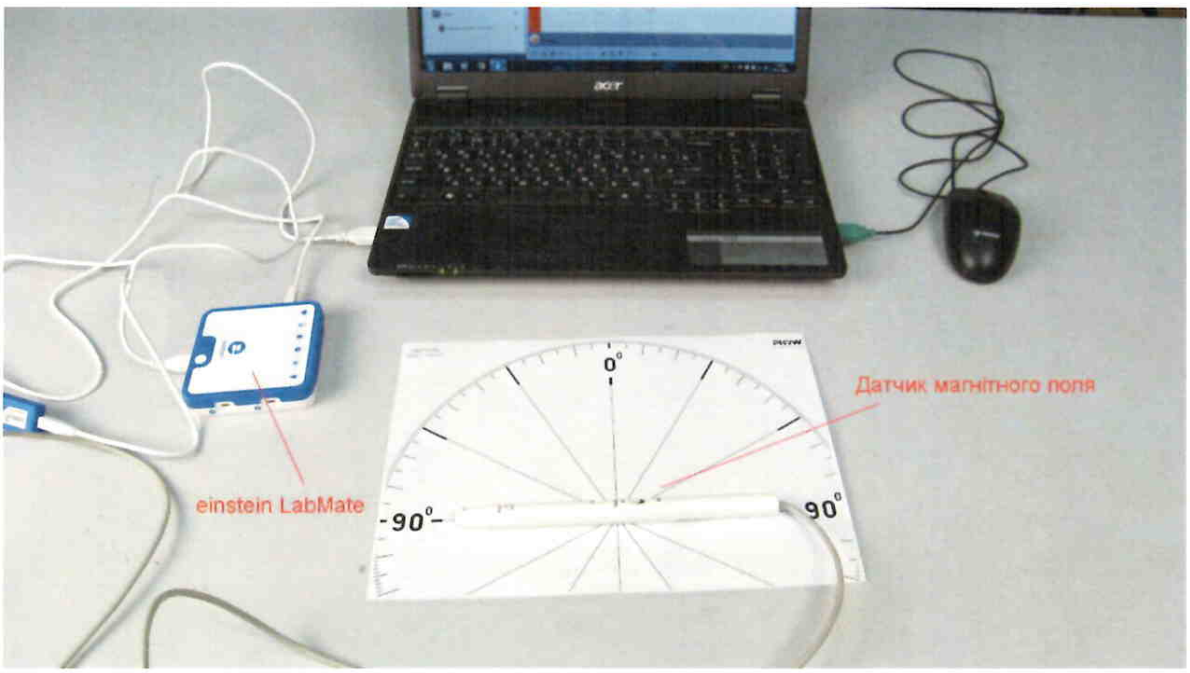
Мета роботи: дослідити магнітне поле Землі, визначити модуль горизонтальної складової вектора магнітної індукції поля Землі.

Обладнання: паперовий транспортир, датчик магнітного поля, АЦП (аналогово-цифровий перетворювач) einstein LabMate+, кабель для під'єднання датчика, ПК.

Програмне забезпечення: MiLAB.

Теоретична частина

Магнітне поле Землі або геомагнітне поле — це магнітне поле, що генерується внутрішньо земними джерелами. Середня індукція поля на поверхні Землі становить близько $5 \cdot 10^{-5}$ Тл і сильно залежить від географічного положення. Індукція магнітного поля на магнітному екваторі — близько $3{,}4 \cdot 10^{-5}$ Тл, поблизу магнітних полюсів — близько $6{,}6 \cdot 10^{-5}$ Тл. Останнім часом одержала розвиток гіпотеза, що зв'язує виникнення магнітного поля Землі із протіканням струмів у рідкому металевому ядрі. Підраховано, що зона, у якій діє механізм «магнітного динамо», перебуває на відстані 0,25—0,3 радіуса Землі. Крім можливих струмів у рідкому металевому ядрі, науці давно відомі телурічні струми, які течуть по поверхні земної кори.



Підготовка експерименту

- Розмістіть на поверхні столу, якомога далі від металевих деталей паперовий транспортир та датчик магнітного поля.

- З'єднаєте АЦП із USB входом вашого ПК (дочекайтеся моменту, коли світлодіод на АЦП змінить колір з червоного на жовтий або зелений).

- З'єднайте з АЦП датчик магнітного поля.
- Підготуйте у зошиті таблицю для занесення результатів.

Програмні установки

- Запустіть програму MiLAB, обравши іконку

.
- Натисніть кнопку на АЦП так, щоб світлодіод почав блимати.
- Оберіть внизу вікна *Повне налаштування.*
- Оберіть дискретизацію *Вручну, Кількість замірів – 20.*
- Оберіть *Мінімальні налаштування.*

Проведення експерименту

- Натисніть кнопку *Замір*
.
- Повільно поверніть датчик магнітного поля на 10° так, щоб його центр залишився на місці і натисніть *Замір*
.
- Повторюйте цей крок до завершення реєстрації даних.

Аналіз даних експерименту

- Встановіть *Перший курсор* на максимум графіка й зчитайте максимальне значення модуля горизонтальної складовій вектора магнітної індукції поля Землі.

Узагальніть результати дослідження у висновку після звіту про роботу.

Тема роботи: **Вимірювання індуктивності котушки**

Мета роботи: визначити індуктивність котушки, включеної в ланцюг змінного струму.

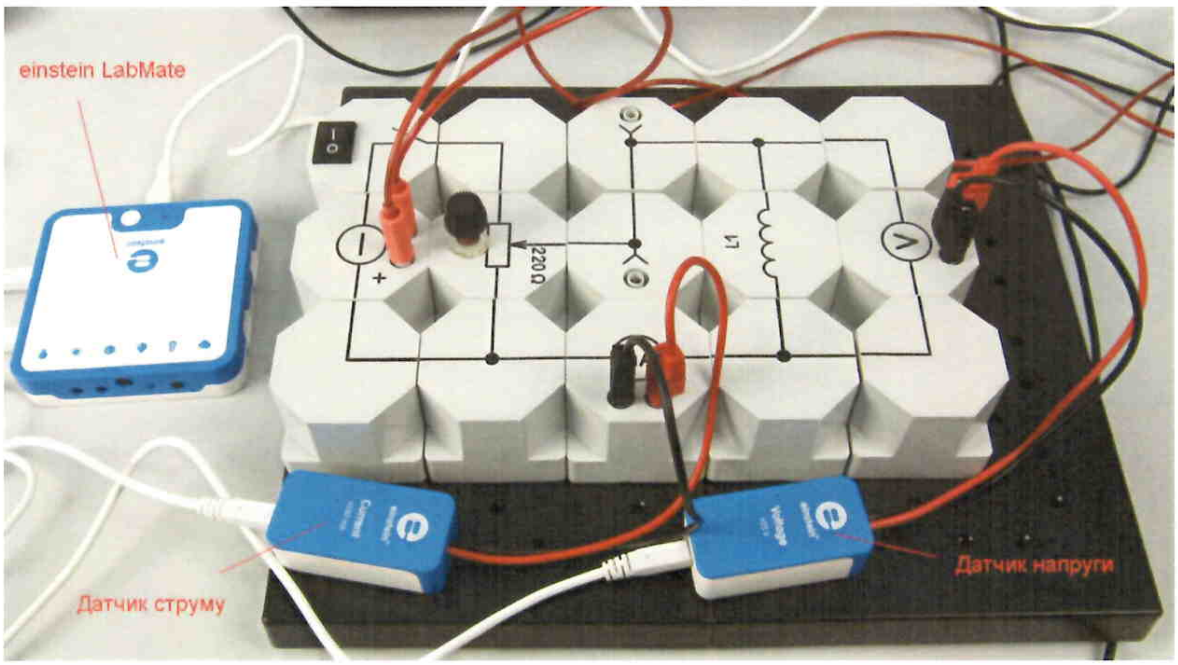
Обладнання: електричне коло, котушка індуктивності, змінний резистор, максимальним опором 220 Ом, датчик напруги, датчик струму, з'єднувальні провідники, джерело постійного та змінного струму, АЦП (аналогово-цифровий перетворювач) einstein LabMate+, кабель для під'єднання датчика, ПК.

Програмне забезпечення: MiLAB.

Теоретична частина

Котушка індуктивності в колі змінного струму має не тільки власний омічний опір, але має реактивний опір змінному, що зростає при збільшенні частоти, оскільки при зміні струму в котушці виникає ЕРС самоіндукції, яка перешкоджає цій зміні.

Реактивний опір котушки індуктивності визначається за формулою: $\chi_L = \omega L$, де L — індуктивність котушки, ω — циклічна частота змінного струму.



Підготовка експерименту

- Зберіть електричне коло з котушкою індуктивності у відповідності до світлини.
- Приєднайте датчик напруги паралельно котушці.
- З'єднаєте послідовно з котушкою датчик струму.

- Підключіть коло спочатку до виходу джерела постійного струму.

- З'єднаєте АЦП із USB входом вашого ПК (дочекайтеся моменту, коли світлодіод на АЦП змінить колір з червоного на жовтий або зелений).
- З'єднайте з АЦП датчики струму та напруги.
- Підготуйте у зошиті таблицю для занесення результатів.

Програмні установки

- Запустіть програму MiLAB, обравши іконку

.
- Натисніть кнопку на АЦП так, щоб світлодіод почав блимати.
- Оберіть внизу вікна *Повне налаштування*.
- Оберіть дискретизацію *Авто,Частота замірів – 10 замірів на секунду, Кількість замірів – 50.*

Проведення експерименту

- Увімкніть джерело струму і виставте напругу 4 В.
- Натисніть кнопку *Старт*
- Плавно змінюйте опір змінного резистора.
- Дочекайтеся завершення реєстрації даних.
- Оберіть внизу вікна *Повне налаштування*.
- Оберіть дискретизацію *Авто,Частота замірів – 1000 замірів на секунду, Кількість замірів – 100.*
- Приєднайте коло до джерела змінного струму.
- Натисніть кнопку *Старт*
- Дочекайтеся завершення реєстрації даних.
- Вимкніть джерело струму.

- За допомогою установки *Першого* і *Другого курсору* , визначте подвоєну амплітуду напруги, а за цим значенням – саму амплітуду U_{max}.
- Занесіть значення до таблиці.
- Проробіть ці ж кроки із графіком сили струму. Занесіть у таблицю амплітудне значення сили струму I_{max}.
- Розрахуйте значення повного опору Z котушки й занесіть значення в таблицю.

- У верхньому меню оберіть вкладку *Робочий простір – Вікно графіка* .
- У вікні *Історія* оберіть дані попереднього вимірювання і перемістіть «перетягуванням» папку у новостворене вікно.
- Виконайте обрізання графіка, залишивши тільки ділянку, що відповідає зміні напруги й сили струму.
- Виберіть вісь x- сила струму, y – напруга.
- Установіть на отриманому графіку *Перший курсор* і виберіть лінійну апроксимацію графіка, натиснувши кнопку у вкладці *Аналіз*.
- Зчитайте рівняння прямої біля курсору. Множник біля змінної відповідає омічному опору котушки індуктивності R. Занесіть значення в таблицю.
- Розрахуйте індуктивність котушки, використовуючи формулу: $L = \frac{\sqrt{Z^2 - R^2}}{2\pi\nu}$, де ν – частота змінного струму (50 Гц). Занесіть значення до таблиці.

Узагальніть результати дослідження у висновку після звіту про роботу.

Таблиця результатів

R(Ом)	U_{max}(В)	I_{max}(А)	Z(Ом)	L(Гн)