

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Херсонський навчально-науковий інститут

М. Б. ЛІТВІНОВА, О. Д. ШТАНЬКО

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних робіт з дисципліни
«ФІЗИКА 2»
з використанням інтерактивних симуляцій

Рекомендовано Методичною радою НУК



2026

Автори:

М. Б. Літвінова, д-р пед. наук, канд. фіз.-мат. наук, професор;
О. Д. Штанько, канд. фіз.-мат. наук, доцент

Рецензент П. Й. Гучек, д-р техн. наук, доцент

Рекомендовано Методичною радою НУК імені адмірала Макарова

Літвінова М. Б.

Л64 Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Фізика 2» з використанням інтерактивних симуляцій / М. Б. Літвінова, О. Д. Штанько. – Миколаїв : НУК, 2026. – 48 с.

Методичні вказівки є електронним виданням, що містить інтерактивні посилання на онлайн-симуляції для виконання віртуальних лабораторних робіт з розділів фізики «Електрика» і «Магнетизм» з використанням безкоштовних інтернет-ресурсів. Вказівки містять інформацію про завдання лабораторних досліджень, докладні інструкції з їх виконання на основі інтерактивних симуляцій та вимоги до вмісту звітів.

Призначено для здобувачів усіх спеціальностей, навчальні плани яких передбачають вивчення курсу «Фізика 2», Херсонського навчально-наукового інституту НУК. Можуть бути корисні здобувачам інших закладів вищої освіти.

УДК 530(076)

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Лабораторна робота 21. Дослідження електростатичного поля	6
Лабораторна робота 22. Дослідження властивостей плоского конденсатора.....	9
Лабораторна робота 23. Дослідження електричного кола постійного струму.....	18
Лабораторна робота 24. Дослідження магнітної індукції постійного лінійного магніту та котушки циліндричної форми.....	26
Лабораторна робота 25. Дослідження зсуву фаз в електричному колі зі змінним струмом.....	35
Лабораторна робота 26. Дослідження параметрів кола змінного струму.....	40
Вимоги до вмісту звіту лабораторної роботи.....	46
Список рекомендованої літератури.....	47

ВСТУП

Дисципліна «Фізика 2» є частиною курсу «Загальна фізика», що вивчається здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за всіма технічними спеціальностями ХННІ НУК.

Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт призначені для допомоги студентам у набутті компетенції проведення фізичного експерименту, формуванні висновків за його результатами та оформленні звіту. Тематично лабораторні роботи відносяться до двох розділів курсу «Загальної фізики»: «Електрика» і «Магнетизм». Вони є другою частиною лабораторного практикуму з «Загальної фізики» і тому нумерація всіх лабораторних робіт починається з цифри 2.

Методичні вказівки є електронним виданням, що містить інтерактивні посилання на онлайн-симуляції для виконання віртуальних лабораторних робіт. Віртуальні лабораторні роботи виконуються в початковому процесі під час дистанційної і змішаної форм навчання, а також в інших умовах, коли неможливо забезпечити повноцінне проведення занять в лабораторіях університету. В усіх запропонованих роботах застосовуються інтерактивні комп'ютерні моделі безкоштовних інтернет-ресурсів.

Дані методичні вказівки містять інформацію про завдання лабораторних досліджень, докладні інструкції з їх виконання на основі інтерактивних симуляцій та вимоги щодо вмісту робочого звіту. Кількість індивідуальних варіантів виконання завдань окремої симуляції відповідає діапазону варіативності її даних. Віртуальні лабораторні роботи розраховані

на виконання студентами в дистанційному режимі та самостійно. Роботи є дещо полегшеними порівняно з тими, що виконуються в лабораторіях університету, оскільки викладач має обмеження в наданні допомоги і поясненні незрозумілого. Тим не менш, запропоновані лабораторні роботи повністю відповідають вимогам освітнього рівня «бакалавр» і призначені для застосування в навчальному процесі Херсонського навчально-наукового інституту НУК, а також в інших закладах вищої освіти.

Лабораторна робота 21

Дослідження електростатичного поля

Постановка задачі дослідження

Надано чотири електричних заряди q_1, q_2, q_3, q_4 , що мають рівний за величиною заряд, але відрізняються за знаками. Знак кожного заряду за варіантом надано в таблиці 21.1.

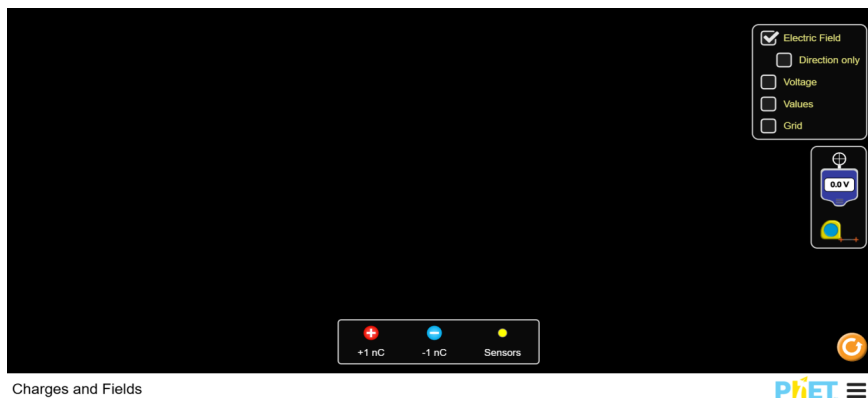
Таблиця 21.1. Дані роботи за варіантом

Варіант	Знак заряду			
	q_1	q_2	q_3	q_4
1, 11, 21	+	-	+	-
2, 12, 22	+	+	-	-
3, 13, 23	-	+	-	+
4, 14, 24	+	+	+	-
5, 15, 25	-	-	+	+
6, 16, 26	-	+	+	-
7, 17, 27	+	-	-	+
8, 18, 28	-	+	+	+
9, 19, 29	-	-	-	+
10, 20, 30	-	+	-	+

Завдання: використовуючи вебсимуляцію, дослідити електростатичне поле, що виникає для різних конфігурацій розташування цих зарядів.

Застосування вебсимуляції

Відкрийте в браузері (вебпереглядачі) комп'ютера сторінку з симуляцією за посиланням [Charges and Fields 1.0.58 \(colorado.edu\)](https://www.colorado.edu/physics/phys1120/phys1120lab/labs/lab01/charges_and_fields). Для цього підведіть курсор до посилання, натисніть клавішу Ctrl і одночасно клацніть на посиланні. Завантажиться вебсторінка, як показано на зображенні нижче.



Послідовність дій

Дослідження електростатичного поля трьох зарядів

1. Приберіть позначку опції «*Electric fld*» та позначте три останні опції у правому верхньому куті.

2. Розмістіть у полі **три** заряди q_1 , q_2 , q_3 у вершинах рівностороннього трикутника (використовуйте рулетку, що знаходиться в прямокутнику справа). Відстань між всіма зарядами складає $a = 2$ метри.

3. За допомогою пробного заряду (Sensors жовтого кольору) знайдіть точку поля з мінімальною напруженістю. Визначте її величину, запишіть та зробіть висновок стосовно положення цієї точки по відношенню до розташування всіх зарядів.

4. Натисніть першу опцію в правому куті «*Electric fld*» і отримайте розподіл силових ліній. Зробіть скріншот екрана № 1.

5. Приберіть позначку опції «*Electric fld*» та використайте вимірювач потенціалу, що знаходиться в прямокутнику справа. За його допомогою встановіть розподіл еквіпотенціальних ліній у декількох точках електричного поля: біля кожного із зарядів, у центрі трикутника та за його межами. Для цього розташуйте перехрестя у відповідній точці поля і натисніть знак олівця. Зробіть скріншот № 2.

6. Очистіть поле екрана.

Дослідження електростатичного поля чотирьох зарядів

7. Відновіть трикутник за пунктом 2 і добудуйте на його основі ромб з використанням четвертого заряду.

8. За допомогою пробного заряду (жовтий колір) знайдіть точку поля з мінімальною напруженістю. Визначте її величину, запишіть та зробіть висновок стосовно положення цієї точки по відношенню до розташування всіх зарядів.

9. Натисніть першу опцію в правому куті й отримайте розподіл силових ліній. Зробіть скріншот екрана № 3.

10. Приберіть позначку опції «*Electric field*» та використайте вимірювач потенціалу, що знаходиться в прямокутнику справа. За його допомогою встановіть розподіл екіпотенціальних ліній у декількох точках електричного поля: біля кожного із зарядів, у центрі трикутника та за його межами. Для цього розташуйте перехрестя у відповідній точці поля і натисніть знак олівця. Зробіть скріншот № 4.

Отримані скріншоти № 1–4 прикріпіть до звіту лабораторної роботи (вимоги до вмісту звіту див. у кінці методичних вказівок).

Лабораторна робота 22

Дослідження властивостей плоского конденсатора

Постановка задачі дослідження

Конденсатор – це пристрій, що накопичує заряд. Електрична ємність конденсатора визначається виразом:

$$C = q / U, \quad (22.1)$$

де q – заряд на пластинах конденсатора; U – різниця потенціалів між ними.

Електрична ємність плоского конденсатора знаходиться як:

$$C = \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \frac{S}{d}, \quad (22.2)$$

де S – площа пластини конденсатора; d – відстань між пластинами.

Енергія зарядженого конденсатора визначається за формулою:

$$W = (qU) / 2. \quad (22.3)$$

При послідовному з'єднанні конденсаторів обернена ємність еквівалентного конденсатора визначається як:

$$\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{C_i}. \quad (22.4)$$

При паралельному з'єднанні конденсаторів ємність еквівалентного конденсатора можна знайти за виразом:

$$C = \sum_{i=1}^N C_i. \quad (22.5)$$

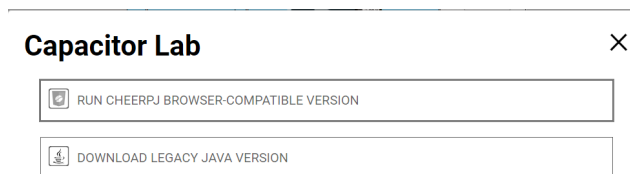
Завдання: з використанням вебсимуляції дослідити фундаментальні властивості плоского конденсатора з паралельними пластинами.

Застосування вебсимуляції

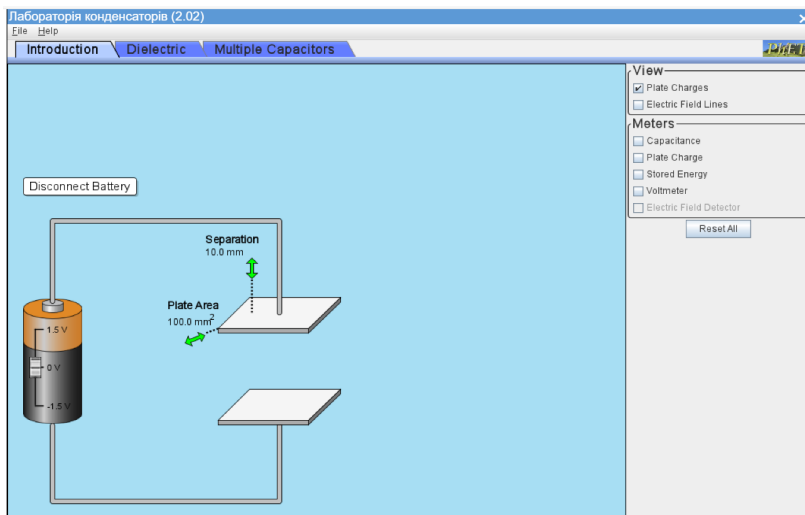
Відкрийте в браузері (вебпереглядачі) комп'ютера сторінку з симуляцією за посиланням <https://phet.colorado.edu/en/simulations/capacitor-lab>. Для цього підведіть курсор до посилання, натисніть клавішу Ctrl і одночасно клацніть на посиланні.

Після входу ви маєте запустити вікно, яке бачите на екрані.

Якщо при цьому виникає додаткове вікно, зображене нижче, то натисніть у ньому першу (виділену тут) позицію і зайдіть до симуляції.



У результаті ви отримаєте на екрані зображення:



Послідовність дій

1. Дослідження конденсатора без діелектричного наповнювача

А. Встановіть за допомогою стрілок на екрані площу пластин конденсатора та відстань між ними максимально близько до даних вашого варіанта в таблиці 22.1. Встановіть на батареї максимальну напругу 1.5 В. Під'єднайте клема вольтметра з обох боків конденсатора та переконайтесь, що напруга відповідає 1.5 В.

Натисніть усі позначки на симуляції відповідно позначкам на рисунку 22.1.

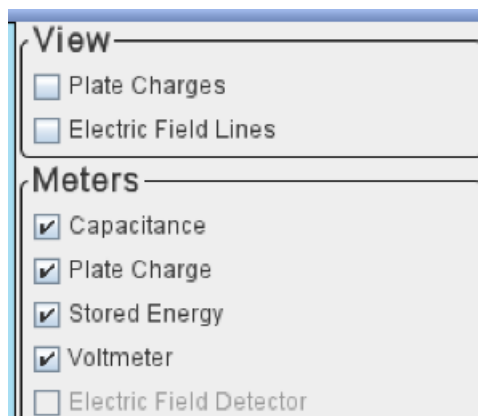


Рис. 22.1 Позначки першого етапу, які необхідно встановити в симуляції

Таблиця 22.1. Дані роботи за варіантом

Параметр	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_1 , мм	6	5	5	6	7	8	9	10	6	9
S , мм ²	150	140	120	130	135	155	173	184	193	200
C_1 , Ф										
q_1 , Кл										
W_1 , Дж										
C_2 , Ф										
q_2 , Кл										
W_2 , Дж										
ε										
$C_{\text{посл}}$, Ф										
$C_{\text{парал}}$, Ф										
$C_{\text{зміш}}$, Ф										
Параметр	Варіант									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
d_1 , мм	10	9	8	5	7	6	5	7	6	9
S , мм ²	200	150	140	134	116	123	120	165	1844	193
C_1 , Ф										
q_1 , Кл										
W_1 , Дж										
C_2 , Ф										
q_2 , Кл										
W_2 , Дж										
ε										
$C_{\text{посл}}$, Ф										
$C_{\text{парал}}$, Ф										
$C_{\text{зміш}}$, Ф										

Продовж. табл. 22.1

Параметр	Варіант									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
d_1 , мм	10	7	8	6	5	10	9	8	7	6
S , мм ²	175	140	152	160	130	185	134	148	165	120
C_1 , Ф										
q_1 , Кл										
W_1 , Дж										
C_2 , Ф										
q_2 , Кл										
W_2 , Дж										
ε										
$C_{\text{посл}}$, Ф										
$C_{\text{парал}}$, Ф										
$C_{\text{змін}}$, Ф										

В. Оберіть у таблиці 22.1 стовпчик вашого варіанта і створіть з нього окрему таблицю, в яку занесіть усі отримані на екрані дані з коефіцієнтом 1 (C_1, q_1, W_1): ємність конденсатора (зелений стовпчик); заряд конденсатора (червоний стовпчик); енергію конденсатора (жовтий стовпчик). Якщо показники в стовпчиках на екрані «зашкалюють», треба натиснути «мінус» біля відповідного стовпчика. **ЗРОБІТЬ СКРІНШОТ ЕКРАНА.**

Розрахуйте за отриманими даними ємність конденсатора та його енергію за формулами (22.1) і (22.3) та порівняйте результати з отриманими з екрана. Зробіть висновок. Усі розрахунки наведіть у звіті роботи.

2. Дослідження конденсатора з шаром діелектрика

Клацніть вкладку **Dielectric** зверху екрана, щоб перейти до іншого вікна. Вставте діелектрик між пластинами, перетягуючи маленьку подвійну стрілку вліво, і спостерігайте за змінами.

3. Виконайте повністю етапи **A** і **B** з попереднього пункту 1 (дослідження конденсатора без діелектричного наповнювача). Занесіть усі отримані дані з коефіцієнтом 2 (q_2 , W_2 , C_2) до побудованої вами таблиці.

Порівняйте дані, отримані в пунктах 2 і 1. За допомогою співвідношення

$$\varepsilon = C_2 / C_1,$$

знайдіть діелектричну проникність ε діелектричного шару, введеного до конденсатора, та занесіть її до побудованої таблиці.

4. Дослідження з'єднань конденсаторів

Клацніть вкладку **Multiple Capacitors** зверху екрана, щоб перейти до іншого вікна.

4.1 Послідовне з'єднання

Натисніть позначки на симуляції, як показано на рисунку 22.2.

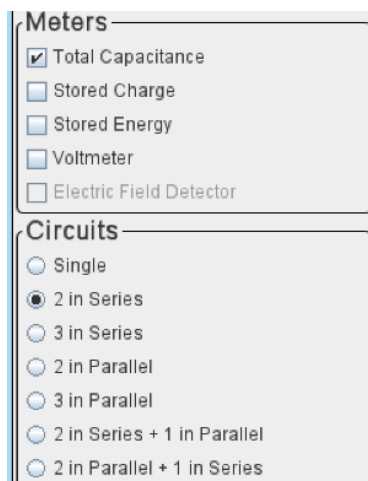


Рис. 22.2 Позначки другого етапу, які необхідно встановити в симуляції

Установіть ємність конденсаторів C_1 і C_2 за варіантом згідно зі значеннями в таблиці 22.2.

Таблиця 22.2. Дані ємностей конденсаторів

Варіант	Значення ємностей	
	C_1, Φ	C_2, Φ
1, 11, 21	$1,0 \cdot 10^{-13}$	$1,2 \cdot 10^{-13}$
2, 12, 22	$1,5 \cdot 10^{-13}$	$1,4 \cdot 10^{-13}$
3, 13, 23	$1,3 \cdot 10^{-13}$	$1,0 \cdot 10^{-13}$
4, 14, 24	$2,0 \cdot 10^{-13}$	$1,8 \cdot 10^{-13}$
5, 15, 25	$2,2 \cdot 10^{-13}$	$1,5 \cdot 10^{-13}$
6, 16, 26	$3,0 \cdot 10^{-13}$	$1,2 \cdot 10^{-13}$
7, 17, 27	$2,4 \cdot 10^{-13}$	$1,0 \cdot 10^{-13}$
8, 18, 28	$1,6 \cdot 10^{-13}$	$2,3 \cdot 10^{-13}$
9, 19, 29	$1,0 \cdot 10^{-13}$	$3,0 \cdot 10^{-13}$
10, 20, 30	$2,8 \cdot 10^{-13}$	$1,7 \cdot 10^{-13}$

Прорахуйте значення еквівалентної ємності $C_{\text{посл}}$ за формулою (22.4) для послідовного з'єднання конденсаторів і занесіть його до вашої таблиці. Порівняйте розрахункові значення із значенням, що надано у стовпчику на екрані. Зробіть висновок. ЗРОБІТЬ СКРІНШОТ ЕКРАНА.

4.2 Паралельне з'єднання

Натисніть позначки на симуляції, як показано на рисунку 22.3.

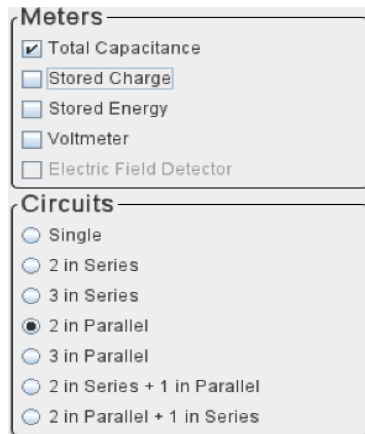


Рис. 22.3 Позначки третього етапу, які необхідно встановити в симуляції

Встановіть ємність конденсаторів C_1 і C_2 за варіантом згідно зі значеннями в таблиці 22.2.

Прорахуйте значення еквівалентної ємності $C_{\text{парал}}$ за формулою (22.5) для паралельного з'єднання конденсаторів і занесіть його до вашої таблиці. Порівняйте розрахункові значення зі значенням, що надано у стовпчику на екрані. Зробіть висновок. ЗРОБІТЬ СКРІНШОТ ЕКРАНА.

4.3 Змішане з'єднання

Натисніть позначки на симуляції відповідно позначкам з рисунка 22.4.

Встановіть ємність конденсаторів C_1 і C_2 за варіантом згідно зі значеннями в таблиці 22.2. Встановіть значення $C_3 = C_2$.

Прорахуйте за формулами для послідовного та паралельного з'єднання конденсаторів еквівалентну ємність змішаного з'єднання конденсаторів $C_{\text{зміш}}$ і занесіть його до вашої таблиці. ЗРОБІТЬ СКРІНШОТ ЕКРАНА.

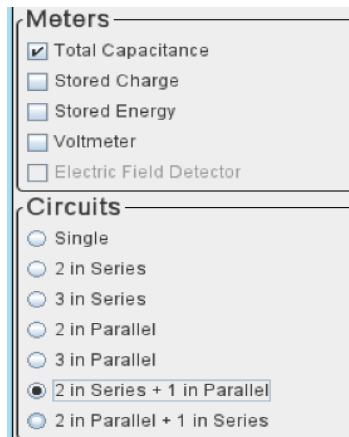


Рис. 22.4 Позначки четвертого етапу, які необхідно встановити в симуляції

Додайте до звіту із заповненою за вашим варіантом таблицею всі скріншоти: разом 5 штук (вимоги до вмісту звіту лабораторної роботи дивіться у кінці методичних вказівок).

Лабораторна робота 23

Дослідження електричного кола постійного струму

Постановка задачі дослідження

Перший закон Кірхгофа: алгебраїчна сума струмів, що сходяться у вузлі, дорівнює нулю:

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0. \quad (23.1)$$

Струми, що входять до вузла, вважаються додатними, а ті, що виходять з вузла – від’ємними.

Другий закон Кірхгофа: в замкненому контурі алгебраїчна сума спадів напруг на всіх ділянках контуру дорівнює алгебраїчній сумі ЕРС, що діють у цьому контурі:

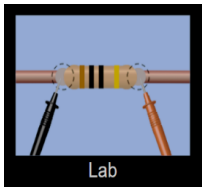
$$\sum_{i=1}^n I_i R_i = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i. \quad (23.2)$$

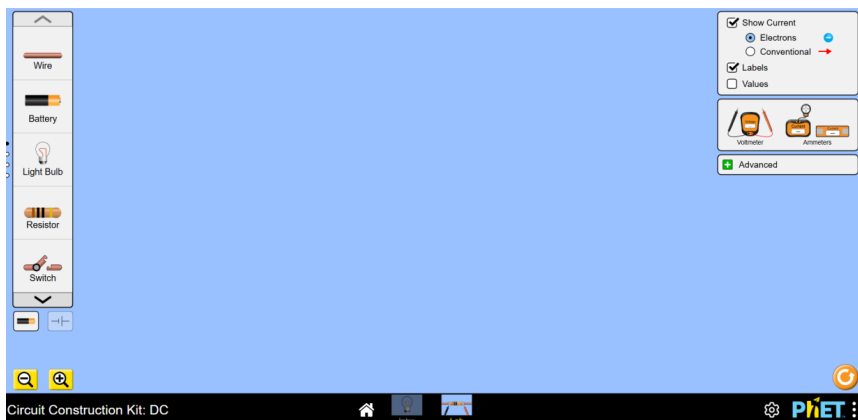
Завдання: перевірити перше та друге правила Кірхгофа за допомогою вебсимуляції.

Застосування вебсимуляції

Відкрийте в браузері (вебпереглядачі) комп’ютера сторінку з симуляцією за посиланням [Circuit Construction Kit: DC \(colorado.edu\)](http://CircuitConstructionKit.DC.colorado.edu). Для цього підведіть курсор до посилання, натисніть клавішу Ctrl і одночасно клацніть на посиланні.

Натисніть віконце, як на зображенні справа, з надписом Lab. Після входу відкриється симуляція, як на зображенні нижче.





Послідовність дій

1. За даними таблиці 23.1 для вашого варіанта визначіть кількість незалежних контурів у наданій схемі. Нанарисуйте на папірці схему, позначте кожен незалежний контур літерами і запишіть його дані. Наприклад, контур 1 – АВСД, контур 2 – СДЕК тощо.

Таблиця 23.1. Дані роботи за варіантом

Варіант	Дані	Електрична схема
1	2	3
1	ЕРС елементів $\varepsilon_1 = 2,1 \text{ В}$, $\varepsilon_2 = 1.9 \text{ В}$; опори резисторів $R_1 = 45 \text{ Ом}$, $R_2 = 10 \text{ Ом}$ і $R_3 = 10 \text{ Ом}$	
2	ЕРС елементів $\varepsilon_1 = 110 \text{ В}$ і $\varepsilon_2 = 220 \text{ В}$; опори резисторів $R_1 = R_2 = 100 \text{ Ом}$ і $R_3 = 500 \text{ Ом}$.	

Продовж. табл. 23.1

1	2	3
3	ЕРС елементів $\varepsilon_1 = 120 \text{ В}$, $\varepsilon_2 = 60 \text{ В}$; опори резисторів $R_1 = 25 \text{ Ом}$, $R_2 = R_3 = 100 \text{ Ом}$.	
4	ЕРС елементів $\varepsilon_1 = 2 \text{ В}$, $\varepsilon_2 = 6 \text{ В}$ і $\varepsilon_3 = 6 \text{ В}$; опори резисторів $R_1 = 4 \text{ Ом}$, $R_2 = 6 \text{ Ом}$ і $R_3 = 8 \text{ Ом}$.	
5	Опір резисторів $R_1 = 5 \text{ Ом}$, $R_2 = 10 \text{ Ом}$ і $R_3 = 3 \text{ Ом}$. ЕРС джерела $\varepsilon_1 = 14 \text{ В}$. Сила струму, який прохо- дить через резистор R_3 , $I_3 = 1 \text{ А}$.	
6	ЕРС елементів $\varepsilon_1 = 2 \text{ В}$, $\varepsilon_2 = 1 \text{ В}$; опір резисторів $R_1 = 1000 \text{ Ом}$, $R_2 = 500 \text{ Ом}$ і $R_3 = 200 \text{ Ом}$.	
7	ЕРС джерел струму $\varepsilon_1 = 2 \text{ В}$ і $\varepsilon_2 = 4 \text{ В}$; опори резисторів $R_1 = 0,5 \text{ Ом}$, $R_2 = 2 \text{ Ом}$ і $R_3 = 10 \text{ Ом}$.	
8	Опори резисторів $R_1 = R_3 = 400 \text{ Ом}$, $R_2 = 80 \text{ Ом}$ і $R_4 = 34 \text{ Ом}$. ЕРС дже- рела струму $\varepsilon_1 = 100 \text{ В}$.	
9	ЕРС елементів $\varepsilon_1 = 11 \text{ В}$, $\varepsilon_2 = 4 \text{ В}$ і $\varepsilon_3 = 6 \text{ В}$; опори резисторів $R_1 = 5 \text{ Ом}$, $R_2 = 10 \text{ Ом}$ і $R_3 = 2 \text{ Ом}$.	

Продовж. табл. 23.1

1	2	3
10	ЕРС елементів $\varepsilon_1 = 3$ В, $\varepsilon_2 = 2$ В, їх внутрішні опори $R_1 = R_2 = R_3 = 0,5$ Ом; опори резисторів $R_1 = 0,5$ Ом і $R_2 = 1,5$ Ом, $R_3 = 2$ Ом.	
11	Елементи кола, що зображено на рисунку, мають наступні значення: $R_1 = 1$ Ом, $R = 2$ Ом. Опір вольтметра 2 Ом, $\varepsilon_1 = 20$ В, $\varepsilon = 50$ В.	
12	Два джерела з ЕРС $\varepsilon_1 = 5$ В і $\varepsilon_2 = 6$ В та внутрішніми опорами $R_1 = 1$ Ом і $R_2 = 2$ Ом включено паралельно з опором $R = 10$ Ом.	
13	Дві батареї з $\varepsilon_1 = 10$ В, $R_1 = 1$ Ом та з $\varepsilon_2 = 8$ В, $R_2 = 2$ Ом і реостат з опором $R = 6$ Ом.	
14	Три опори $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 1$ Ом, $R_3 = 3$ Ом, а також джерело струму $\varepsilon_1 = 1,4$ В з'єднані, як показано на рисунку. Визначити ЕРС джерела струму, що треба підключити у коло між точками А і В, щоб через опір R_3 проходив струм силою 1 А у напрямі, вказаному стрілкою.	
15	Два джерела струму з $\varepsilon_1 = 8$ В, $R_1 = 2$ Ом і $\varepsilon_2 = 6$ В, $R_2 = 1,5$ Ом та реостат з $R = 10$ Ом.	

Продовж. табл. 23.1

1	2	3
16	У коло постійного струму з'єднані $\varepsilon = 10$ В, $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = R_3 = 1$ Ом, $R_4 = R_5 = 3$ Ом (див. рисунок). Знайти сили струмів у кожній гілці. Внутрішнім опором батареї знехтувати.	
17	Опори кола $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 2$ Ом, $R_3 = 3$ Ом, $R_4 = 6$ Ом. Значення ЕРС наведені на рисунку.	
18	$\varepsilon_1 = 10$ В, $\varepsilon_2 = 4$ В, $R_1 = R_2 = 2$ Ом. Опори $R_2 = R_3 = 4$ Ом.	
19	Три джерела струму з $\varepsilon_1 = 11$ В, $\varepsilon_2 = 4$ В, $\varepsilon_3 = 6$ В і три реостати з опором $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 10$ Ом, $R_3 = 2$ Ом.	
20	ЕРС елементів $\varepsilon_1 = 2.1$ В і $\varepsilon_2 = 1.9$ В; опори резисторів $R_1 = 45$ Ом, $R_2 = 10$ Ом і $R_3 = 10$ Ом.	
21	ЕРС елементів $\varepsilon_1 = 110$ В, $\varepsilon_1 = 220$ В; опори резисторів $R_1 = R_2 = 100$ Ом і $R_3 = 500$.	

Продовж. табл. 23.1

1	2	3
22	ЕРС елементів $\varepsilon_1 = 120 \text{ В}$; $\varepsilon_2 = 60 \text{ В}$. Їх внутрішні опори $R_1 = 25 \text{ Ом}$, $R_2 = 25 \text{ Ом}$. Опір реостата $R = 100 \text{ Ом}$.	
23	ЕРС елементів $\varepsilon_1 = 2 \text{ В}$, $\varepsilon_2 = 6 \text{ В}$ і $\varepsilon_3 = 6 \text{ В}$. Опори резисторів $R_1 = 4 \text{ Ом}$, $R_2 = 6 \text{ Ом}$ і $R_3 = 8 \text{ Ом}$.	
24	Опір резисторів $R_1 = 5 \text{ Ом}$, $R_2 = 10 \text{ Ом}$ і $R_3 = 3 \text{ Ом}$ і ЕРС джерела $\varepsilon_1 = 14 \text{ В}$. Сила струму, що проходить через резистор R_3 , $I_3 = 1 \text{ А}$.	
25	ЕРС елементів $\varepsilon_1 = 2 \text{ В}$, $\varepsilon_2 = 1 \text{ В}$; опір резисторів $R_1 = 1000 \text{ Ом}$, $R_2 = 500 \text{ Ом}$ і $R_3 = 200 \text{ Ом}$.	
26	ЕРС джерел струму $\varepsilon_1 = 2 \text{ В}$ і $\varepsilon_2 = 4 \text{ В}$; опори резисторів $R_1 = 0,5 \text{ Ом}$, $R_2 = 2 \text{ Ом}$ і $R_3 = 10 \text{ Ом}$ (див. рисунок). Знайти покази амперметра. Внутрішнім опором елементів і амперметра знехтувати.	
27	Опори резисторів $R_1 = R_3 = 400 \text{ Ом}$, $R_2 = 80 \text{ Ом}$ і $R_4 = 34 \text{ Ом}$. ЕРС джерела струму $\varepsilon_1 = 100 \text{ В}$.	

Продовж. табл. 23.1

1	2	3
28	Три опори $R_1 = 5 \text{ Ом}$, $R_2 = 1 \text{ Ом}$, $R_3 = 3 \text{ Ом}$, а також джерело струму $\varepsilon_1 = 1,4 \text{ В}$ з'єднані, як показано на рисунку. Визначити ЕРС джерела струму, який треба підключити у коло між точками A і B , щоб через опір R_3 проходив струм силою 1 А у напрямі, вказаному стрілкою.	
29	Два джерела струму з $\varepsilon_1 = 8 \text{ В}$, $R_1 = 2 \text{ Ом}$ і $\varepsilon_2 = 6 \text{ В}$, $R_2 = 1,5 \text{ Ом}$ та реостат з $R = 10 \text{ Ом}$.	
30	Опори кола $R_1 = 3 \text{ Ом}$, $R_2 = 6 \text{ Ом}$, $R_3 = 1 \text{ Ом}$, $R_4 = 2 \text{ Ом}$. Значення ЕРС наведені на рисунку.	

2. Встановіть, чи вистачає параметрів цих контурів для того, щоб побудувати повну схему за допомогою вебсимуляції (опори джерел струму, амперметрів і вольтметрів, якщо вони не надані окремо або не згадуються в умові, можна вважати рівними нулю). Якщо даних не вистачає, то за вихідними даними розв'яжіть задачу та знайдіть усі необхідні параметри. У звіті до лабораторної роботи обов'язково наведіть ці розрахунки.

3. У правому куті вебсимуляції поставте позначки, як показано на рисунку 23.1

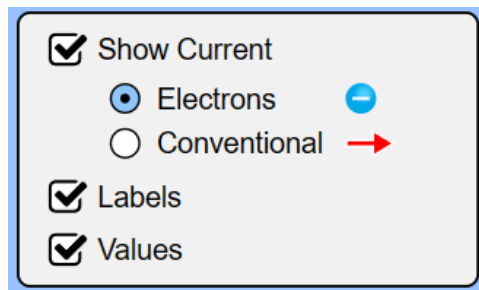


Рис. 23.1 Позначки в симуляції

4. З використанням елементів лівого стовпчика зображень вебсимуляції побудуйте електричну схему за вашим варіантом. Обов'язково забезпечте відповідність величин ЕРС, опорів резисторів та інших показників вихідним даним задачі та знайденим вами параметрам.

Увага! Батарейка (джерело ЕРС) має «+» з боку, що позначений жовтим кольором.

5. Після побудови схеми за допомогою приладів, що знаходяться справа на екрані, виміряйте значення електричного струму для всіх гілок схеми та значення напруги на всіх елементах кола. Отримані дані занесіть до звіту роботи. Під час вимірювань зробіть СКРІНШОТ екрана.

6. На основі отриманих даних перевірте перший закон Кірхгофа для кожного з позначених вами незалежних контурів.

7. На основі отриманих даних перевірте другий закон Кірхгофа для всіх незалежних контурів схеми.

8. Прикріпіть усі отримані результати, розрахунки та скріншоти до звіту (вимоги до вмісту звіту лабораторної роботи див. у кінці методичних вказівок).

Лабораторна робота 24

Дослідження магнітної індукції постійного лінійного магніту та котушки циліндричної форми

Постановка задачі дослідження

Розрахувати точну магнітну індукцію поля постійного магніту складно, оскільки це залежить від форми магніту, відстані та точки вимірювання. Найпростіше використати експериментальний метод (вимірювання магнітної індукції за допомогою приладів).

Котушка циліндричної форми при протіканні електричного струму створює магнітне поле і може використовуватися як електромагніт. Величина магнітної індукції у центрі котушки розраховується за формулою:

$$B = \frac{\mu_0 I n}{2R}, \quad (24.1)$$

де I – сила струму, n – кількість витків на одиниці довжини (густина намотки), R – радіус витка, μ_0 – магнітна стала, що дорівнює $1,26 \times 10^{-6}$ Н/А².

Магнітна індукція на осі такої котушки зазвичай зменшується з відстанню r приблизно за законом оберненого квадрата або швидше, залежно від геометрії котушки. Для наближених моделей, наприклад, моделі магнітного диполя, магнітна індукція B зменшується з відстанню за кубічним законом:

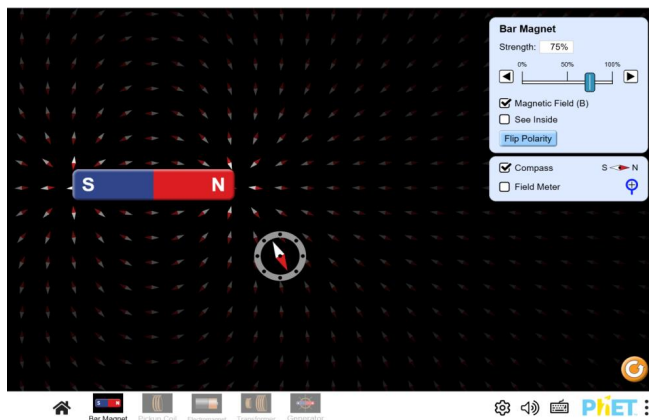
$$B \sim \frac{1}{R^3}. \quad (24.2)$$

Завдання: використовуючи вебсимуляцію, встановити та порівняти між собою закони, за якими відбувається зміна величини магнітної індукції B_1 вздовж осі, перпендикулярної постійному магніту, та величини магнітної індукції B_2 вздовж осі циліндричної котушки зі струмом. З'ясувати, які фактори впливають на індукційний струм котушки, що знаходиться в змінному магнітному полі.

Застосування вебсимуляції

Відкрийте в браузері (вебпереглядачі) комп'ютера сторінку з симуляцією за посиланням [Faraday's Electromagnetic Lab](#). Для цього підведіть курсор до посилання, натисніть клавішу Ctrl і одночасно клацніть на посиланні.

Натисніть віконце, як на зображенні справа, з надписом Bar Magnet. Після входу відкриється симуляція, як на зображенні нижче.



Послідовність дій

Встановлення закону, за яким відбувається зміна величини магнітної індукції вздовж осі, перпендикулярної постійному магніту лінійної форми

1. Справа внизу поставте позначки, як показано на рисунку 24.1.

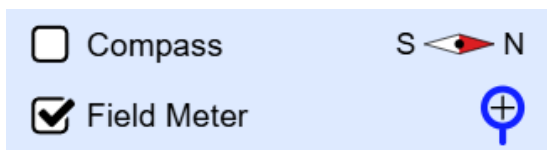
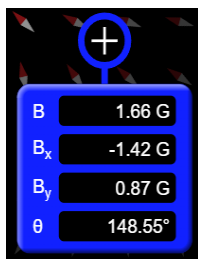


Рис. 24.1 Позначки в симуляції



У результаті ви отримаєте прилад для вимірювання величини магнітного поля, який показано на зображенні зліва. Одиниця вимірювання магнітної індукції, що позначається буквою G, називається гаус (Гс). Це одиниця в системі CGS (сантиметр-грама-секунда). Один гаус дорівнює 10^{-4} тесла (Тл).

2. Постійний магніт розташуйте у верхній частині симуляції так, щоб його горизонтальна вісь співпадала з рядком розташування стрілок компасів, як показано на рисунку 24.2.

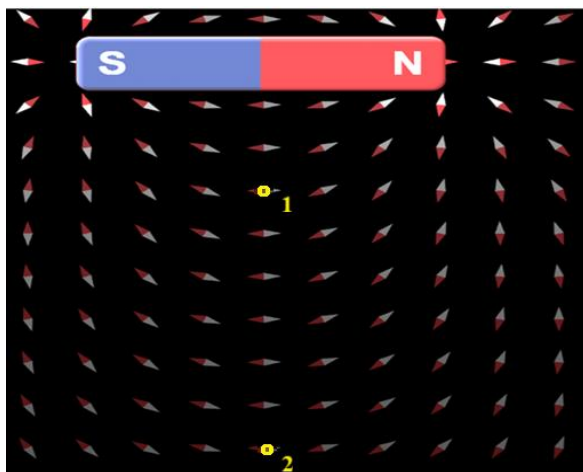


Рис. 24.2 Розташування постійного магніту

Роль вертикальної осі відіграватиме лінія поділу магніту на північну (синя) та південну (червона) частини.

3. Вдоль цієї осі на відстані R_1 на третій лінії магнітних стрілок по відношенню до горизонтальної лінії-осі (точка 1 на рисунку 24.2) розмістіть перехрестя приладу і зафіксуйте значення B_{11} . При цьому воно має мало відрізнятися від значення B_x (горизонтальна складова магнітного

поля), а значення B_y (вертикальна складова поля) має наближатися до нуля. ЗРОБІТЬ СКРІНШОТ ЕКРАНА.

4. Збільшіть відстань до магніту точки вимірювання в 3 рази. Для цього розмістіть перехрестя приладу на дев'ятій лінії магнітних стрілок по відношенню до горизонтальної лінії-осі на відстані R_2 (точка 2 на рисунку 24.2) і зафіксуйте значення B_{12} . ЗРОБІТЬ СКРІНШОТ ЕКРАНА.

5. Якщо магнітна індукція B зменшується з відстанню за законом:

$$B \sim \frac{1}{R^x}, \quad (24.3)$$

то для встановлення невідомого параметра x_1 можна скористатися співвідношенням $B_{12} / B_{11} = (R_1 / R_2)^{x_1}$, з якого

$$x_1 = \frac{\ln(B_{12} / B_{11})}{\ln(R_1 / R_2)}. \quad (24.4)$$

З виразу (24.4) встановіть значення x_1 та запишіть усі отримані результати до таблиці 24.1.

Таблиця 24.1. Результати дослідження магнітного поля

Постійний лінійний магніт			Магнітна котушка зі змінним струмом		
B_{11}, G	B_{12}, G	x_1	B_{21}, G	B_{22}, G	x_2

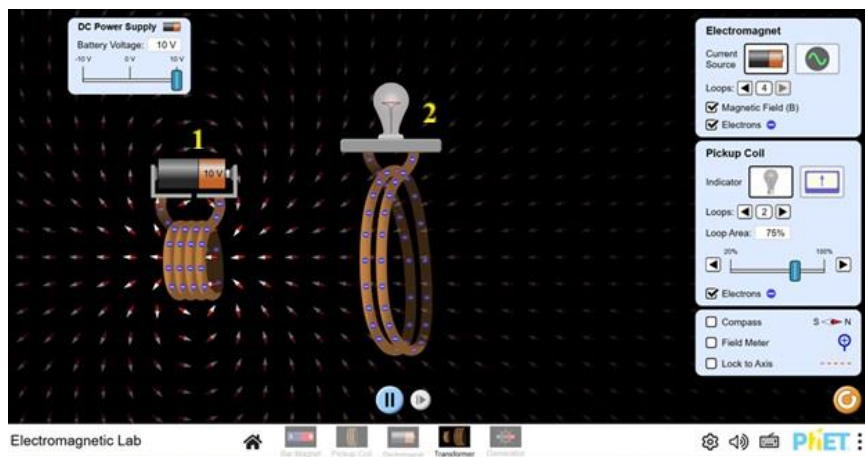
6. Зробіть висновок про характер закону, що описує зменшення величини магнітної індукції вздовж вертикальної осі симетрії постійного лінійного магніту (отримана залежність є близькою до лінійної, квадратної, кубічної тощо).

Встановлення закону, за яким відбувається зміна величини магнітної індукції вздовж осі циліндричної котушки із струмом

1. Натисніть віконце, як на зображенні справа, з надписом

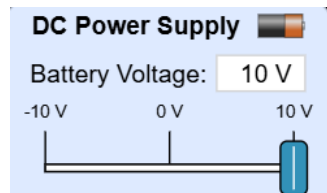


Transformer, що знаходиться в самому нижньому рядку вже відкритої симуляції. Відкриється нова симуляція, як на зображенні нижче.



2. Відсуньте котушку 1 максимально вліво так, щоб лінія магнітних стрілок залишалася її віссю. Поставте позначку, як на рисунку 24.1, і отримайте прилад для вимірювання величини магнітного поля.

3. За допомогою перемикача **Loops:** **4** встановіть кількість витків котушки n згідно з даними вашого варіанта



(див. таблицю 24.2). Також за допомогою шкали, що показана на ілюстрації справа, встановіть за варіантом величину напруги V на джерелі живлення.

Розташуйте катушку 1 таким чином, щоб серединна лінія її витків співпадала з лінією вертикального розташування магнітних стрілок, як показано на рисунку 24.3 (жовта лінія).

4. Розмістіть перехрестя вимірювального приладу на третій лінії стрілок на відстані R_1 по відношенню до серединної вертикалі (точка 1 на рисунку 24.3) і зафіксуйте значення B_{21} . ЗРОБІТЬ СКРІНШОТ ЕКРАНА.

5. Збільшіть відстань точки вимірювання до катушки в 3 рази. Для цього розмістіть перехрестя приладу на дев'ятій лінії магнітних стрілок R_2 (точка 2 на рисунку 24.3) і зафіксуйте значення B_{22} . ЗРОБІТЬ СКРІНШОТ ЕКРАНА.

Таблиця 24.2. Дані роботи за варіантом

Варіант	n	$I, \text{В}$
1, 11, 21	1	10
2, 12, 22	2	9
3, 13, 23	3	8
4, 14, 24	4	7
5, 15, 25	1	6
6, 16, 26	2	5
7, 17, 27	3	10
8, 18, 28	4	9
9, 19, 29	1	8
10, 20, 30	2	7

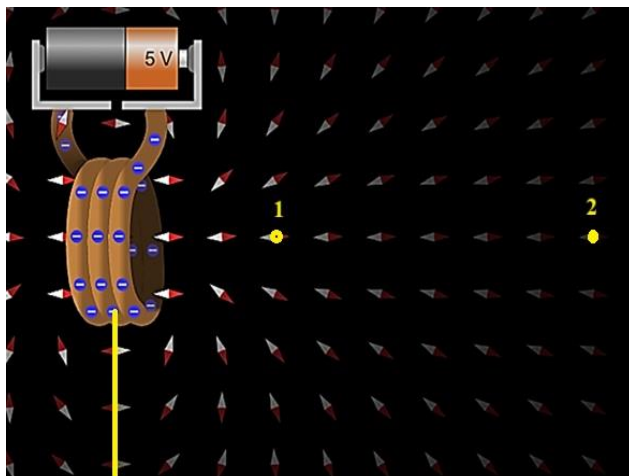


Рис. 24.3 Розташування магнітної котушки

Для встановлення невідомого параметра x_2 з виразу (24.3) можна скористатися співвідношенням $B_{22} / B_{21} = (R_1 / R_2)^{x_2}$, з якого

$$x_2 = \frac{\ln(B_{22} / B_{21})}{\ln(R_1 / R_2)}. \quad (24.4)$$

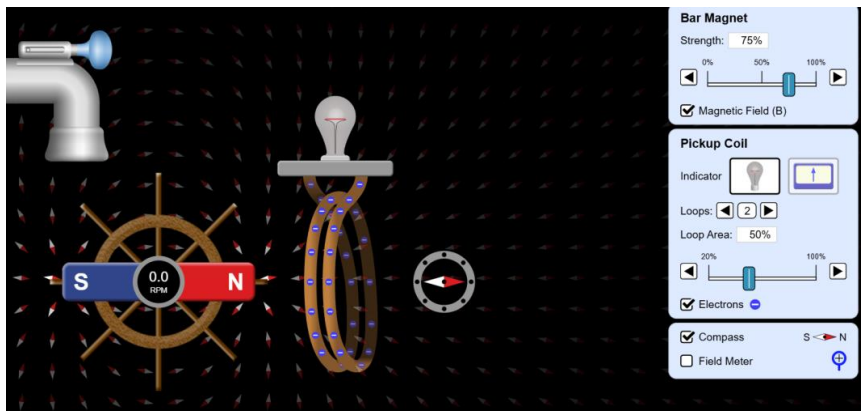
З виразу (24.4) знайдіть значення x_2 та запишіть всі отримані результати до таблиці 24.1.

6. Зробіть висновок про характер закону, що описує зменшення величини магнітної індукції вздовж осі симетрії магнітної котушки (отримана залежність є близькою до лінійної, квадратної, кубічної тощо). Порівняйте з результатом, отриманим для постійного магніту лінійної форми.

Вивчення факторів, що впливають на індукційний струм котушки, яка знаходиться в зовнішньому магнітному полі

1. Натисніть віконце, як на зображенні справа, з надписом Generator, що знаходиться в самому нижньому рядку вже

відкритої РИС024 симуляції. Відкриється нова симуляція, як на зображенні нижче.



2. Натисніть на позначку РИС026 на вебсимуляції справа. Тим самим ви забезпечите індикацію струму, що виникає в котушці.

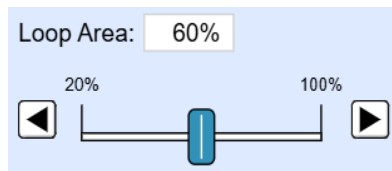
3. За допомогою крану РИС027 змінійте частоту обертання магніту і дивіться, що відбувається із силою струму в котушці при збільшенні частоти. Висновок запишіть у таблицю 24.3.

Таблиця 24.3. Результати дослідження індукційного струму

Вплив частоти магнітного поля ν на силу струму	Вплив кількості витків котушки N на силу струму	Вплив площі витків котушки S на силу струму

4. За допомогою перемикача змінійте кількість витків котушки і дивіться, що відбувається із силою струму

в котушці при збільшенні їх кількості. Висновок запишіть у таблицю 24.2.



5. За допомогою шкали, яку показано на ілюстрації справа, змінійте площу витків котушки і дивіться, що відбувається із силою струму в котушці при

збільшенні площі. Висновок запишіть у таблицю 24.2. ЗРОБІТЬ СКРІНШОТ ЕКРАНА.

6. Формула, що описує амплітуду сили індукційного струму в котушці за наявності змінного магнітного поля з частотою ν :

$$I_{max} = \frac{NB_0 S 2\pi\nu}{R}.$$

Ця формула відображає залежність індукційного струму від усіх досліджених параметрів. Перевірте, чи відповідають результати вашого дослідження в таблиці 24.3 цій формулі. Зробіть висновок.

Прикріпіть усі отримані результати, розрахунки та скріншоти до звіту (вимоги до вмісту звіту лабораторної роботи див. у кінці методичних вказівок).

Лабораторна робота 25

Дослідження зсуву фаз в електричному колі зі змінним струмом

Постановка задачі дослідження

Зсув фаз – це різниця фаз між напругою та струмом (або між різними коливаннями), що виникає через наявність у колі зі змінним струмом (рис. 24.1) на елементах індуктивності та/або ємності.

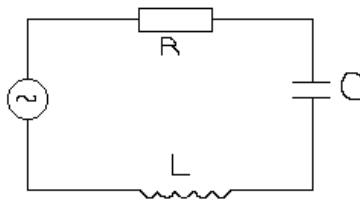


Рис. 24.1 Коливальний контур зі змінним струмом

Зсув фаз є алгебричною величиною, яка залежить від співвідношення між індуктивним опором (X_L) та ємнісним опором (X_C), а також від опору резистора. Зсув фаз визначає, наскільки одне коливання відстає або випереджає інше в часі.

Характер зсуву фаз на різних елементах кола:

- *Резистор*: в резисторі фаза струму (синя хвиля на рис. 24.2) та напруги збігаються.
- *Ємність*: конденсатор випереджає напругу за фазою (червона хвиля на рис. 24.2).
- *Індуктивність*: котушка індуктивності випереджає струм за фазою (зелена хвиля на рис. 24.2).

Завдання: перевірити наявність зсуву фаз між елементами коливального контуру за допомогою вебсимуляції.

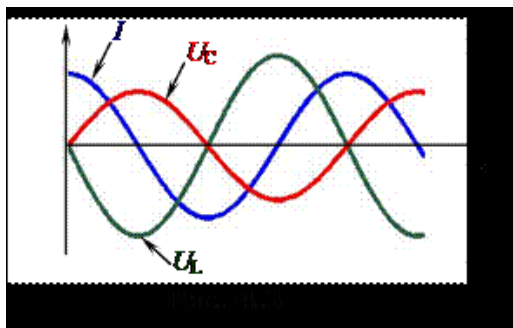
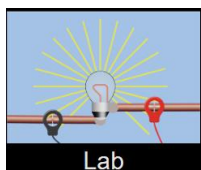


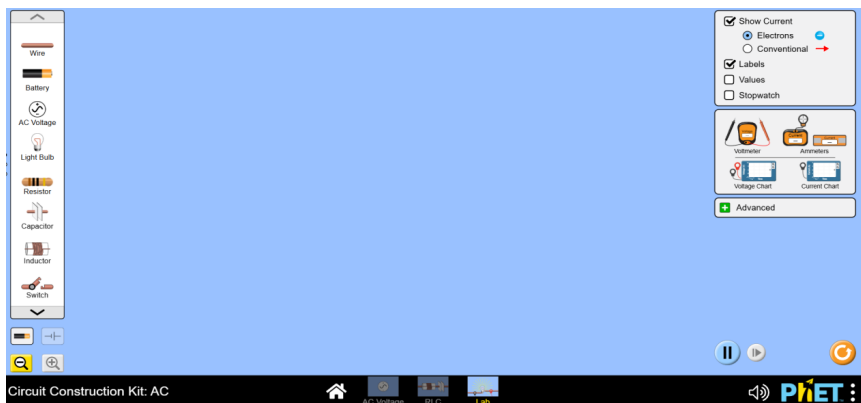
Рис. 24.2 Ілюстрація зсуву фаз між силою струму і напругою на елементах електричного кола

Застосування вебсимуляції

Відкрийте в браузері (вебпереглядачі) комп'ютера сторінку з симуляцією за посиланням [Circuit Construction Kit: AC \(colorado.edu\)](http://CircuitConstructionKit.AC(colorado.edu)). Для цього підведіть курсор до посилання, натисніть клавішу Ctrl і одночасно клацніть на посиланні.



Натисніть віконце, як на зображенні справа, з надписом Lab. Після входу відкриється симуляція, як на зображенні нижче.



Послідовність дій

1. У правому куті поставте позначки, як показано на рисунку 24.3.

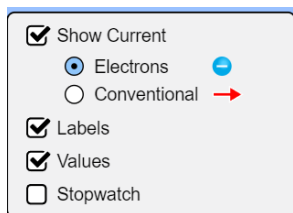


Рис. 24.3 Позначки в симуляції

2. З використанням елементів лівого стовпчика вебсимуляції за параметрами компонентів вашого варіанта (параметри надані в таблиці 24.1) побудуйте електричну схему, зображену на рисунку 24.1, із змінним джерелом струму.

Таблиця 24.1. Дані роботи за варіантом

Параметр	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R , Ом	10	20	40	39	50	15	25	30	60	22
L , Гн	2	5	3	5,5	6,5	8	9,5	6,6	2,4	6,4
C , Ф	0,12	0,09	0,08	0,14	0,13	0,11	0,13	0,03	0,15	0,16
U , В	40	120	50	60	100	55	35	70	110	90
f , Гц	0,1	0,14	0,13	1,4	0,12	1,8	1,5	1,3	1,7	1,25
Параметр	Варіант									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
R , Ом	1	7	4	3	5	1	5	3	4	2
L , Гн	2,5	10	4	5,7	5	8	9	6	2	6
C , Ф	0,16	0,12	0,09	0,13	0,06	0,15	0,11	0,12	0,19	0,14
U , В	20	25	50	60	10	50	35	27	10	32
f , Гц	0,44	0,2	1,3	0,14	1,2	0,18	0,15	1,6	1,9	1,5

Продовж. табл. 24.1

Параметр	Варіант									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
R , Ом	56	47	26	74	78	23	57	32	64	76
L , Гн	3,4	7,6	4,5	2,5	7,4	4,2	6,3	6,8	3,5	4,3
C , Ф	0,06	0,07	0,17	0,19	0,16	0,17	0,12	0,18	0,17	0,16
U , В	80	20	50	60	110	52	55	74	105	90
f , Гц	1,35	1,46	1,35	1,04	1,02	1,08	1,05	1,03	1,23	1,15

3. З правого стовпчика взяти два осцилографи Voltage Chart (рис. 24.4) і порівняти графіки зміни напруги на наступних елементах схеми:

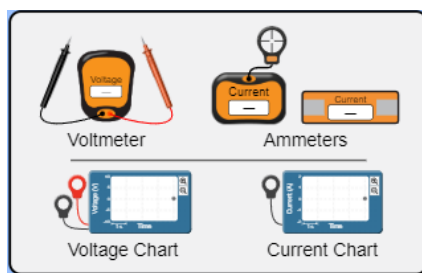


Рис. 24.4 Вимірювальні прилади вебсимуляції

1) джерело струму та конденсатор (зробити скріншот), зробити висновок про наявність зсуву фаз;

2) джерело струму та котушка індуктивності (зробити скріншот), зробити висновок про наявність зсуву фаз;

3) конденсатор та котушка індуктивності (зробити скріншот), зробити висновок про наявність зсуву фаз.

Увага! Під час визначення зсуву фаз необхідно розташувати осцилографи один під одним (рис. 24.5, *a*). Якщо амплітуда коливань не відповідає масштабу екрана осцилографа, то необхідно відрегулювати її за допомогою позначок «+» та «-»

і зупинити рух синусоїд за допомогою кнопки внизу екрана (рис. 24.5, б).



Рис. 24.5 Ілюстрація до розташування осцилографів (а) та зображення кнопки зупинки (б)

6. З правого стовпчика взяти осцилографи Voltage Chart і Current Chart і порівняти графіки зміни напруги та сили струму на резисторі R. Зробити скріншот. Зробити висновок про наявність зсуву фаз між отриманими графіками.

7. Прикріпіть усі отримані результати, висновки та скріншоти до звіту роботи (вимоги до вмісту звіту лабораторної роботи див. у кінці методичних вказівок).

Лабораторна робота 26

Дослідження параметрів кола змінного струму

Постановка задачі дослідження

Для розрахунку електричних кіл, наведених у таблиці 26.1, необхідно використовувати певні співвідношення. Так, величина напруги на елементах кола змінного струму визначається із формул:

$$\begin{aligned}U_R &= I \cdot R; \\U_L &= I \cdot \omega L = I \cdot X_L; \\U_C &= I \cdot \frac{1}{\omega C} = I \cdot X_C,\end{aligned}\tag{26.1}$$

де ω – кутова частота; X_L, X_C – відповідно індуктивний і ємнісний опори.

В електричному колі з послідовним з'єднанням R, L, C величина струму визначається за законом Ома:

$$I = \frac{U}{Z_{\text{екв}}} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}.\tag{26.2}$$

При цьому повний опір $Z_{\text{екв}}$ знаходиться як:

$$Z_{\text{екв}} = \sqrt{R_{\text{екв}}^2 + X_{\text{екв}}^2} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2},\tag{26.3}$$

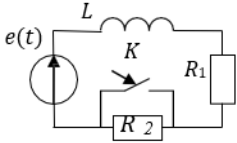
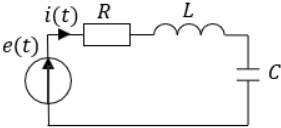
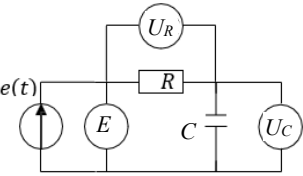
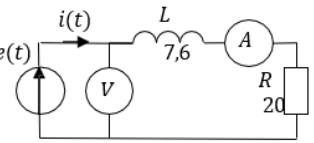
де $R_{\text{екв}} = R$; $X_{\text{екв}} = X_L - X_C$.

При рівних значеннях опорів реактивних елементів ($X_L = X_C$) величина еквівалентного реактивного опору електричного кола стає рівною нулю: $X_{\text{екв}} = X_L - X_C = 0$.

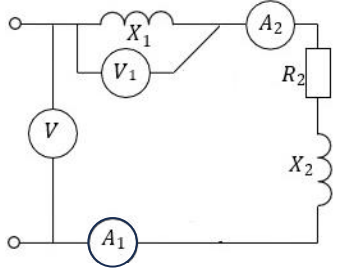
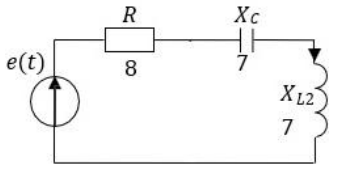
Таблиця 26.1. Дані роботи за варіантом

Номер варіанта	Електричне коло	
1	2	
1, 11, 21	Коло на рисунку працює в усталеному гармонічному режимі на частоті $\omega = 1,2$ рад/с. На цій частоті $X_{L_2} = X_{C_2} = 3$ кОМ. Показання вольтметрів $V_1 = 4$ В, $V_2 = 2$ В, $V_3 = 6$ В, $R = 10$ Ом. Визначити показання вольтметра V.	
2, 12, 22	У колі знайти струм $i(t)$ – показання амперметра. Діюча напруга на вході кола на частоті $\omega = 4$ рад/с складає 32 В. Числові значення елементів кіл задані на схемі: опори в Ом, індуктивності в Гн.	
3, 13, 23	У колі визначити струм $i(t)$ на частоті $\omega = 10$ рад/с. Відомо, що джерело має діючу напругу $e(t) = 24$ В. Числові значення задані: опори в Ом, індуктивності в Гн, ємності $C_1 = 0,13$ Ф, $C_3 = 0,16$ Ф.	
4, 14, 24	За показаннями трьох вольтметрів, що ввімкнені у коло визначити значення повного опору та частоти коливань в контурі. Відомо, що показання вольтметрів є: $U = 12$ В, $U_1 = 6$ В, $U_2 = 8$ В. Опір $R_1 = 2$ Ом, індуктивність $L = 4$ Гн.	

Продовж. табл. 26.1

1	2	
5, 15, 25	У колі визначити Z_L та R_2. При замкненому ключі K активний опір $R_1 = 50$ Ом, а сила струму $I = 2$ А. При розімкненому ключі сила струму $I = 0,5$ А. Діюче значення напруги джерела $E = 50$ В.	
6, 16, 26	У колі визначити діючу напругу джерела $e(t)$. Відомо, що $i(t) = 10\sqrt{2} \cos(4,5t - 35^\circ)$ А. Якісно побудувати суміщену векторну діаграму струмів та напруг кола. Числові значення елементів кола: $R = 3$ Ом, $X_L = 7$ Ом, $X_C = 4$ Ом.	
7, 17, 27	У колі знайти значення ємності C та показання третього вольтметра E. Показання інших двох вольтметрів: $U_R = 24$ В, $U_C = 16$ В. Числові значення $R = 6$ Ом, $f = 50$ Гц.	
8, 18, 28	У колі знайти струм $i(t)$ – показання амперметра. Діюча напруга на вході кола на частоті $\omega = 6,5$ рад/с складає 42 В. Числові значення елементів кіл задані на схемі: опори в Ом, індуктивності в Гн.	

Продовж. табл. 26.1

1	2
9, 19, 29	У колі знайти показники приладів. Числові значення елементів $X_1 = 10 \text{ Ом}$, $X_2 = 6 \text{ Ом}$, $R_2 = 8 \text{ Ом}$, $R_3 = 2 \text{ Ом}$. Амперметр A_1 показує 1 А. 
10, 20, 30	У колі визначити струм I. Відомо, що напруга джерела є $e(t) = 62 \cos(3,1t - 25^\circ) \text{ В}$. Числові значення активних та реактивних опорів наведені на схемі в Ом. 

При необхідності слід також враховувати вирази, що описують залежність від часу величини напруги та сили струму.

Залежність струму та напруги у часі:

$$\begin{aligned} i(t) &= I_m \cos(\omega t + \varphi_i); \\ u(t) &= U_m \cos(\omega t + \varphi_u), \end{aligned} \quad (26.4)$$

де I_m – амплітуда струму; U_m – амплітуда напруги; ω – кутова частота; φ_u – початкова фаза струму; φ_i – початкова фаза напруги. При цьому кутова частота ω пов'язана із лінійною частотою f виразом $\omega = 2\pi f$.

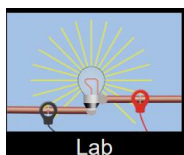
Завдання: розрахувати параметри елементів контуру змінного струму та перевірити результати за допомогою вебсимуляції.

Необхідно розрахувати параметри електричного кола змінного струму за даними вашого варіанта. При розрахунку використовувати формули (26.1), (26.2), (26.3), (26.4). Результати

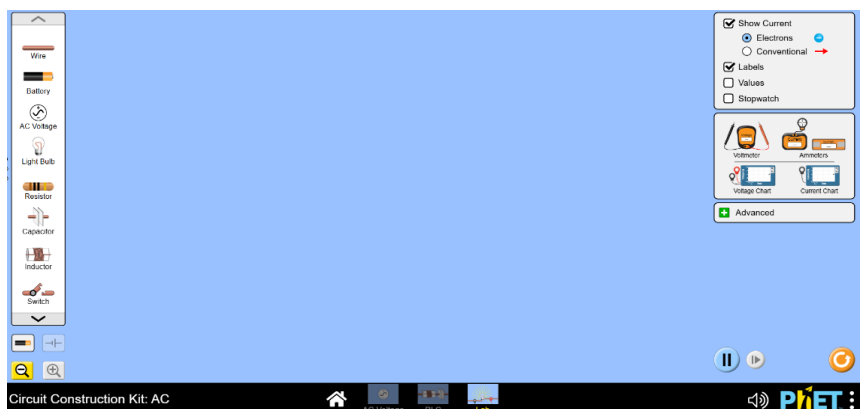
оформити у вигляді розв'язку задачі з докладним описом проведеного розрахунку.

Застосування вебсимуляції

Відкрийте в браузері (вебпереглядачі) комп'ютера сторінку з симуляцією за посиланням [Circuit Construction Kit: AC \(colorado.edu\)](http://CircuitConstructionKit.AC.colorado.edu). Для цього підведіть курсор до посилання, натисніть клавішу Ctrl і одночасно клацніть на посиланні.



Натисніть віконце, як на зображенні справа, з надписом Lab. Після входу відкриється симуляція, як на зображенні нижче.



Послідовність дій

1. З використанням елементів лівого стовпчика зображень вебсимуляції побудуйте електричну схему за вашим варіантом. Обов'язково забезпечте відповідність величин ЕРС, частоти коливань, опорів резисторів, ємності конденсаторів, індуктивності котушок та інших показників вихідним даним задачі та знайденим вами параметрам. Включіть до схеми всі

необхідні вимірювальні прилади – амперметри та вольтметри, які знаходяться в правому стовпчику зображень вебсимуляції.

2. Після побудови схеми визначіть значення електричного струму та напруги на всіх її елементах та джерелі струму. Перевірте відповідність вимірювань розрахунковим даним і зробіть висновок. Під час вимірювань зробіть СКРІНШОТИ екрана.

7. Прикріпіть усі розрахунки, отримані результати, висновки та скріншоти до звіту роботи (вимоги до вмісту звіту лабораторної роботи див. у кінці методичних вказівок).

ВИМОГИ ДО ВМІСТУ ЗВІТУ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

За результатами виконання кожної лабораторної роботи має бути складений звіт, що містить наступні компоненти:

1. Повна назва лабораторної роботи із зазначенням її номеру.
2. Завдання роботи (надано на початку кожної роботи).
3. Інформація про тематику частини роботи, результати якої надаються в даному змісті звіту (можна вказати назву відповідного підрозділу).

Наприклад: *«Дослідження залежності кутової швидкості коливань від величини кута відхилення маятника»*.

4. Повні розрахунки всіх параметрів, які необхідно розрахувати за формулами в роботі, та одиниці їх вимірювання.
5. Всі таблиці, які необхідно заповнити за умовою виконання роботи.
6. Всі графічні зображення, які необхідно побудувати за умовою виконання роботи.
7. Всі висновки, які необхідно зробити за умовою виконання роботи.
8. Всі скріншоти, які необхідно зробити за умовою виконання роботи (вставити картинки в єдиний файл звіту).

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бригінець В. П. та ін. Електромагнетизм. Збірник задач до розділу «Електрика та магнетизм» [Електронний ресурс]. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 89 с. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/2f54d330-517c-485c-8f4c-498d2531824d/content>
2. Дідух Л. Д. Електрика та магнетизм : підручник. Тернопіль : Підручники і посібники, 2022. 464 с. URL: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/bitstream/lib/31412/1/Електрика%20та%20магнетизм_Дідух.pdf
3. Крамар О. Збірник контрольних тестових завдань для практичних робіт з фізики (механіка, молекулярна фізика, термодинаміка, основи електрики). Тернопіль : Тайп, 2015. 87 с. URL: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/17294/1/metod_test_p1.pdf
4. Лисенко О. В. Розв'язування задач із фізики: електрика та магнетизм [Текст] : навч. посіб. / О. В. Лисенко, Г. А. Олексієнко. Суми : СумДУ, 2017. 284 с. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/2d31281b-d1ca-418c-abd3-d1d2d4129a3e/content>
5. Правда М. І. Лекції з курсу загальної фізики. Розділ III. Електрика та магнетизм : навчальний посібник. Запоріжжя : ЗНТУ, 2019. 40 с. URL: <https://eir.zp.edu.ua/server/api/core/bitstreams/17871005-fdc8-4556-b6a2-f7e1699ab5d2/content>

Навчально-методичне видання

ЛІТВІНОВА Марина Борисівна
ШТАНЬКО Олександр Дмитрович

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних робіт з дисципліни
«ФІЗИКА 2»
з використанням інтерактивних симуляцій

Комп'ютерна правка й коректура *О. Є. Вакула*
Комп'ютерне верстання *Ю. С. Семенченко*

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 2,79. Вид. № 26. Зам. № 0604-27.
Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
просп. Героїв України, 9, м. Миколаїв, 54007
E-mail : publishing@nuos.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6402 від 19.09.2018 р.