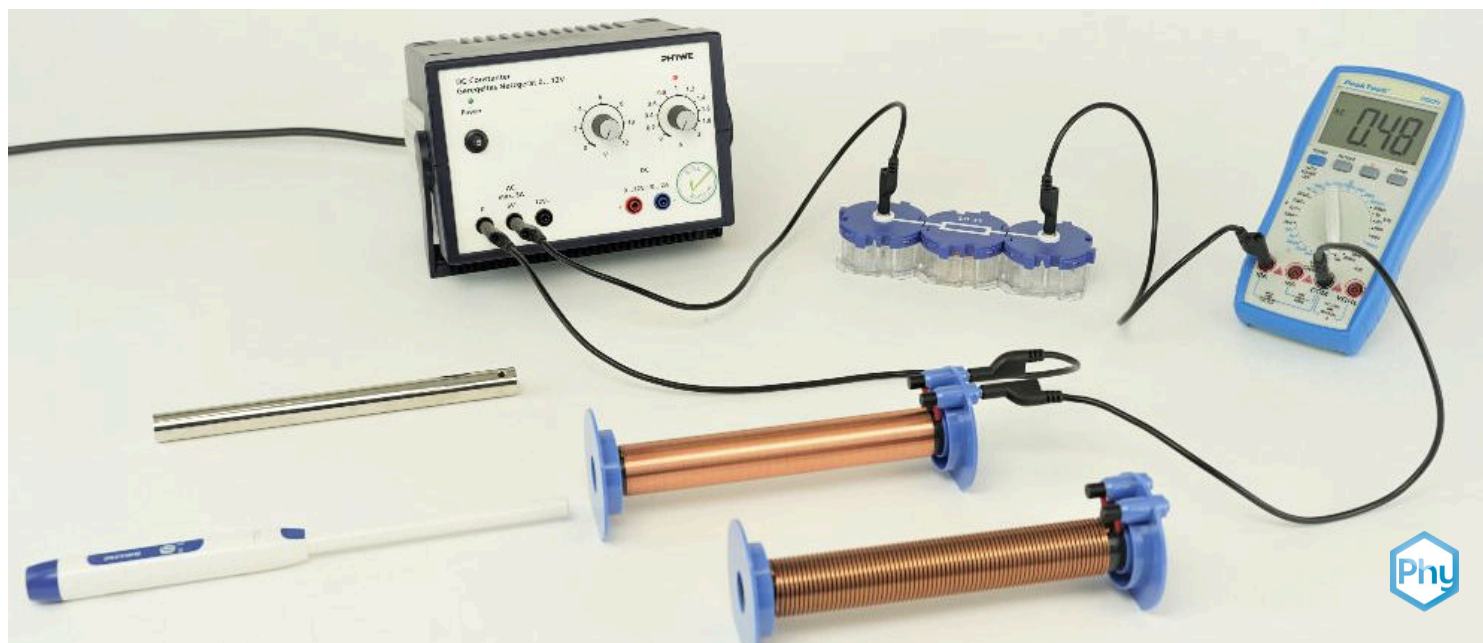


Магнітна проникність с Cobra SMARTsense



Physics

Electricity & Magnetism

Electromagnetism & Induction



Рівень складності

середній



Розмір групи

-



Час підготовки

10 хвилини



Час виконання

20 хвилини

This content can also be found online at:

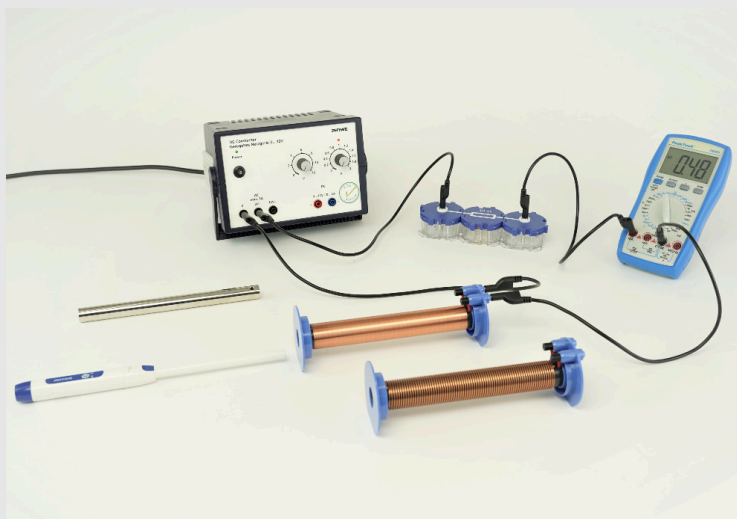

<http://localhost:1337/c/6492013afa8edf0002432acd>

PHYWE

Інформація для викладачів

Опис

PHYWE



Експериментальна установка

Для того, щоб збільшити густину магнітного потоку Φ , таким чином, магнітну індукцію в трансформаторах, в обмотки трансформаторів зазвичай вставляють м'які залізні осердя.

Відносна магнітна проникність повітря дорівнює одиниці, тоді як відносна магнітна проникність залізного осердя набагато більша за одиницю. Це означає, що густина магнітного потоку котушки із залізним осердям зростає в стільки ж разів, що й відносна магнітна проникність заліза. Магнітна проникність залежить від намагніченості матеріалу.

Додаткова інформація для викладачів (1/2)

PHYWE

попередні знання



Принцип



Учні мають знати закон електромагнітної індукції та бути знайомі з основами електрики. Вони також мають вивчити взаємозв'язок між силою струму та результуючою напруженістю магнітного поля тонкої циліндричної котушки.

Магнітна проникність μ - це відношення індукції магнітного поля (густини магнітного потоку) B до напруженості магнітного поля H .

$$\mu = \frac{B}{H} \Leftrightarrow B = \mu \cdot H, \quad \text{а} \quad \mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

де μ_0 - постійна магнітного поля (магнітна проникність вакууму) і μ_r - відносна магнітна проникність досліджуваного матеріалу.

Додаткова інформація для викладачів (2/2)

PHYWE

Мета



Цей експеримент має допомогти учням зрозуміти, що магнітна проникність матеріалу може збільшити густину магнітного потоку.

Завдання



1. Виміряйте індукцію магнітного поля (густину магнітного потоку) двох котушок постійного струму із залізним осердям і без нього залежно від сили струму. Обчисліть магнітну проникність залізного осердя.
2. Виміряйте індукцію магнітного поля (густину магнітного потоку) двох котушок змінного струму із залізним осердям і без нього. Обчисліть магнітну проникність і порівняйте результат з першим завданням.

Інструкції з техніки безпеки

PHYWE



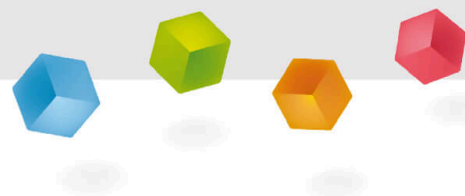
До цього експерименту застосовуються загальні інструкції щодо безпечного проведення експериментів на уроках під час викладання природничих наук.

Примітки

У цьому експерименті частково використовується змінний струм, а не постійний. Резистор необхідний для обмеження струму, щоб котушки не перегрівалися.

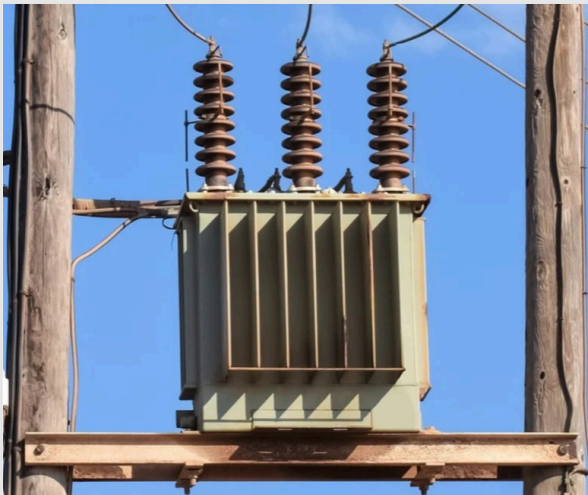
PHYWE

Інформація для студентів



Мотивація

PHYWE



Трансформатор високої напруги

Принцип роботи трансформаторів заснований на законі електромагнітної індукції. Магнітне поле, що змінюється в часі, індукує в них електричне поле, яке, своєю чергою, генерує струм. Як у високовольтних трансформаторах, так і, наприклад, у великих кранах з електромагнітами на звалищі металобрухту, для посилення бажаного ефекту в котушках зазвичай використовують м'які залізні осердя.

Причиною цього є так звана магнітна проникність, що залежить від намагнічуваності матеріалу. Залізні осердя мають високу відносну магнітну проникність і, таким чином, підсилюють густину магнітного потоку. У цьому експерименті Ви дізнаєтеся про магнітну проникність.

Завдання

PHYWE



1. Виміряйте індукцію магнітного поля (густину магнітного потоку) двох котушок постійного струму із залізним осердям і без нього залежно від сили струму. Обчисліть магнітну проникність залізного осердя.
2. Виміряйте індукцію магнітного поля (густину магнітного потоку) двох котушок змінного струму із залізним осердям і без нього. Обчисліть магнітну проникність і порівняйте результат з першим завданням.

Матеріал

PHYWE

Позиція	Матеріал	Пункт №.	Кількість
1	Cobra SMARTsense 3-Axis Magnetic field - Датчик для вимірювання магнітного поля по 3 осях ± 130 мТл / ± 5 мТл (Bluetooth + USB)	12947-00	1
2	PHYWE Джерело живлення пост. струм: 0...12 В, 2 А / змін. струм: 6 В, 12 В, 5 А	13506-93	1
3	Опір 10 Ом, модуль SB	05612-10	1
4	З'єднувальний прямий з роз'ємом модуль SB	05601-10	2
5	Індукційна котушка, 300 витків, d=25 мм	11007-03	1
6	Індукційна котушка, 75 витків, d=25 мм	11007-07	1
7	Залізне осердя, круглий, d = 16 мм, l = 200 мм	11005-00	1
8	З'єднувальний провідник, 500 мм, чорний	07361-05	4
9	З'єднувальний провідник, 500 мм, синій	07361-04	2
10	З'єднувальний провідник, 500 мм, червоний	07361-01	1

measureAPP - безкоштовне програмне забезпечення для

Підготовка (1/4)

PHYWE

Для вимірювання за допомогою датчиків **Cobra SMARTsense** необхідне додаток **PHYWE measureAPP**. Цей застосунок можна безкоштовно завантажити з відповідного магазину додатків (QR-коди дивіться нижче). Перед запуском додатка, будь ласка переконайтеся, що на Вашому пристрої (смартфоні, планшеті, персональному комп'ютері) **активовано Bluetooth**.



iOS



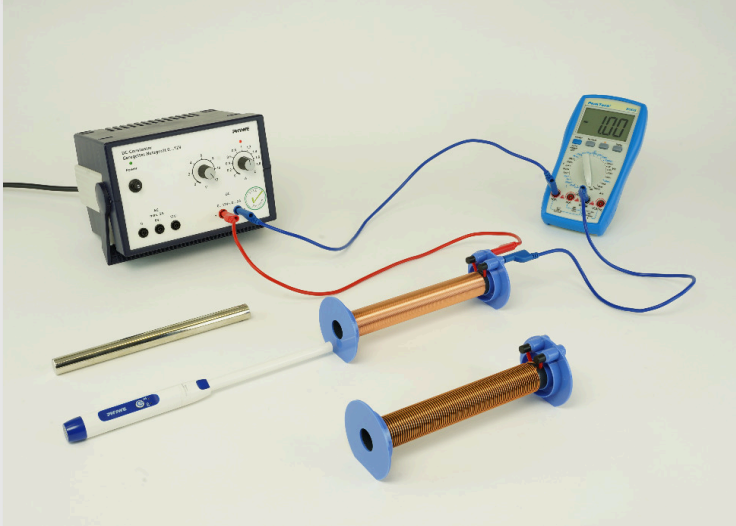
Android



Windows

Підготовка (2/4)

PHYWE



Експериментальна установка

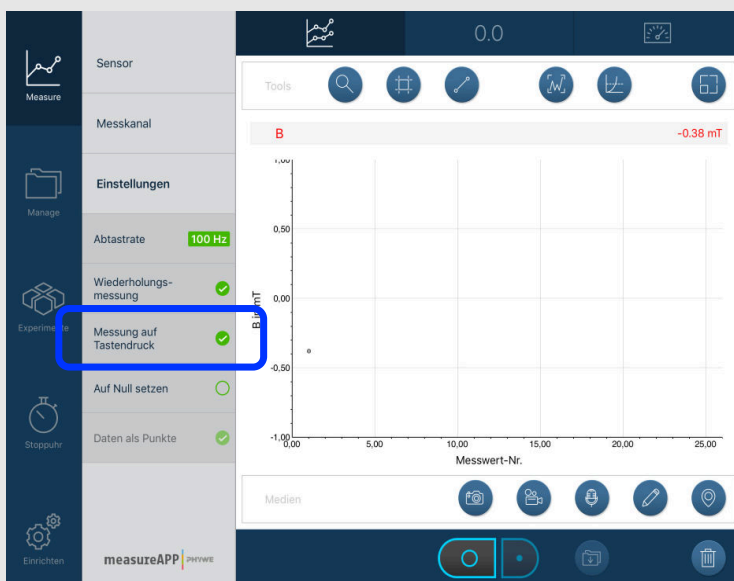
Зберіть експериментальну установку, як показано на рисунку зліва: Для цього послідовно підключіть джерело живлення (постійного струму), амперметр і котушку з $N = 300$ витками.

Виберіть досить великий діапазон вимірювання струму на амперметрі. Встановіть джерело живлення на 0 А (лівий упор) і 12 В (правий упор). Тепер, коли обмеження струму активовано таким чином, можна регулювати силу струму.

Увімкніть джерело живлення.

Підготовка (3/4)

PHYWE



Запустіть програму measureAPP на планшеті та увімкніть датчик магнітного поля Cobra SMARTsense (утримуйте кнопку вводу/виводу приблизно 3 секунди).

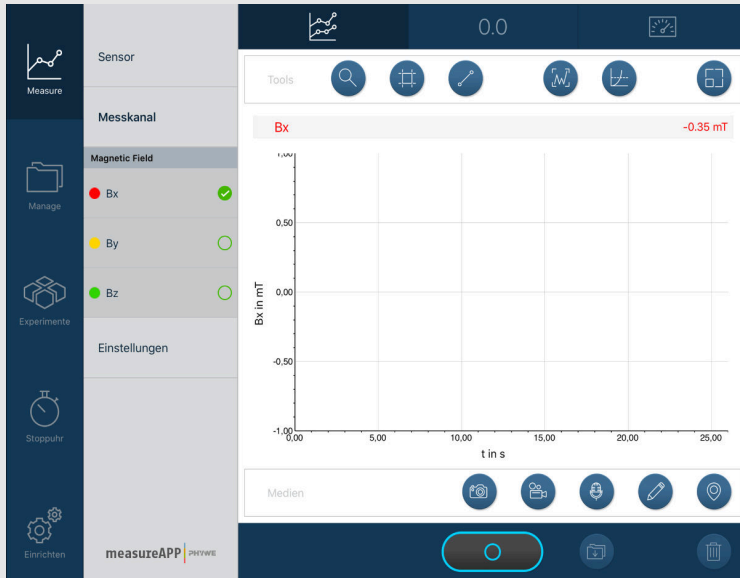
Виберіть датчик в measureAPP і підключіть його до програми. Необхідно виконати наступні налаштування:

- Тонкий діапазон вимірювання (- 5 мТл ... + 5 мТл)
- Частота вимірювання: 200 Гц

Також виберіть вимірювання одним натисканням кнопки.

Підготовка (4/4)

PHYWE



У розділі "Вимірювальний канал" виберіть тільки поздовжній напрямок B_x датчика, щоб вимірювати тільки густину магнітного потоку в напрямку поздовжньої осі датчика.

Розмістіть датчик у котушці так, щоб його наконечник знаходився в центрі котушки. Відкалібруйте датчик на нуль:

"Налаштування" > "Встановити на нуль".

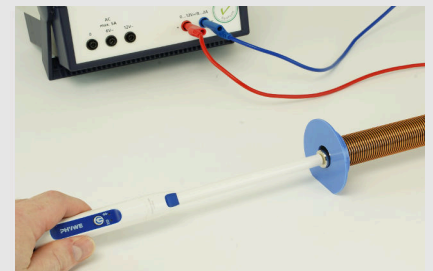
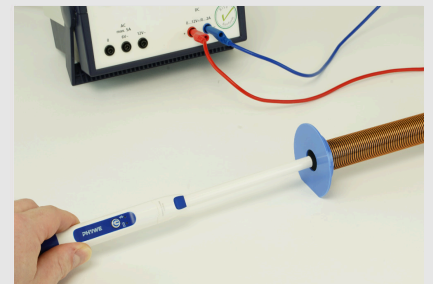
Виконання роботи (1/5)

PHYWE

- Розташуйте кінчик датчика на кінці котушки, збільшуйте силу струму з кроком 0,1 А і запишіть точку вимірювання для кожної сили струму одним натисканням кнопки. Таким чином, вісь абсцис відповідає вимірюванню: $I[100 \text{ mA}]$.

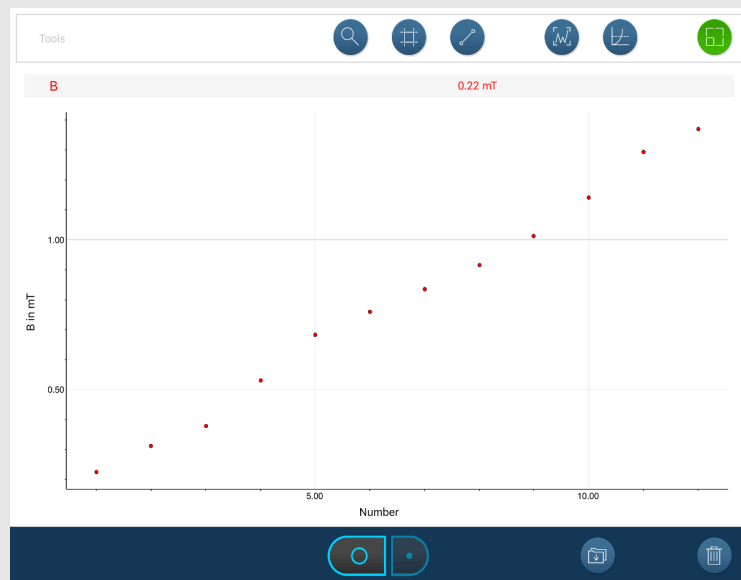
Максимально допустимий струм для цієї котушки становить $I = 1,2 \text{ A}$.

- Після останнього виміряного значення відрегулюйте силу струму до нуля і збережіть виміряні значення.
- Вставте в котушку залізне осердя і повторіть вищевказане вимірювання.
- Запишіть другу серію вимірювань, встановіть силу струму на нуль і вимкніть джерело живлення.



Виконання роботи (2/5)

PHYWE

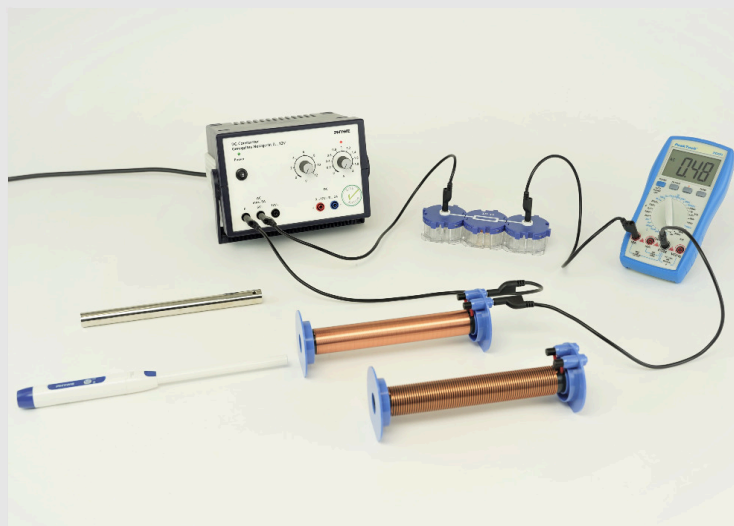


- Замініть встановлену котушку на котушку з кількістю витків $N = 75$ і знову увімкніть джерело живлення.
- Збільшуйте силу струму, як і раніше, з кроком 0,1 А, починаючи з нуля, і знову відзначаєте точку вимірювання для кожного сили струму, натискаючи кнопку.
- Повторіть вимірювання з вставленим залізним осердям і вимкніть блок живлення після останнього вимірюваного значення.

Кожна серія вимірювань має бути заново збережена.

Виконання роботи (3/5)

PHYWE



Експериментальна установка (змінна напруга)

Змініть експериментальну установку, як показано на рисунку.

Для цього послідовно з'єднайте блок живлення, резистор 10 Ом, амперметр і котушку з $N = 300$ витками.

Використовуйте роз'єми для джерела живлення 6 В змінного струму для кола на блоці живлення.

Спочатку залізне осердя не вставлено до котушки, а блок живлення вимкнено.

Тепер у додатку measureAPP знову вимкніть вимірювання одним натисканням кнопки, щоб виміряні значення записувалися безперервно.

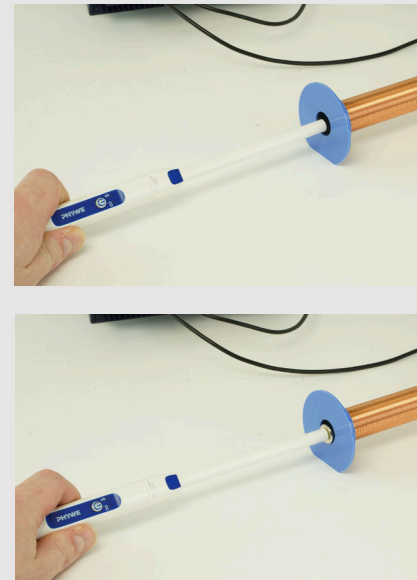
Виконання роботи (4/5)

PHYWE

- Розташуйте кінчик датчика на кінці котушки, почніть вимірювання і увімкніть джерело живлення на кілька секунд під час вимірювання.

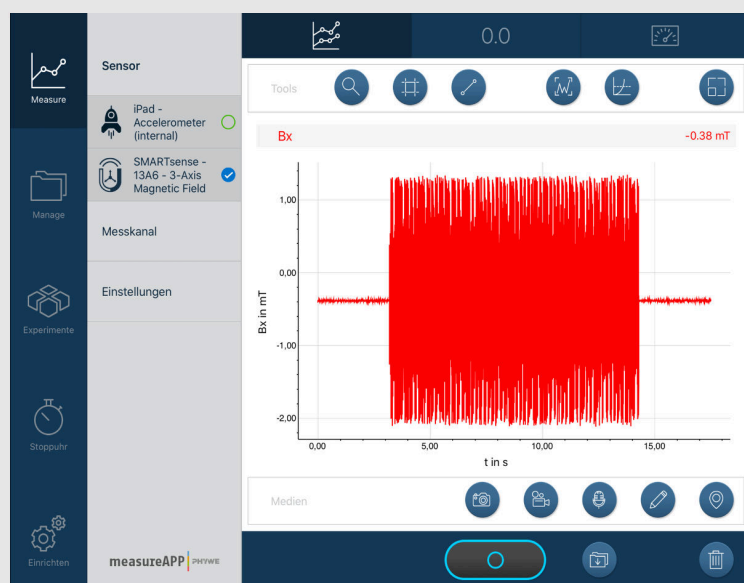
Увага: не підключайте котушки до змінного струму без резистора 10 Ом, інакше котушки можуть перегрітися.

- Збережіть результати вимірювань, вставте залізне осердя в котушку і повторіть вищевказані вимірювання.
- Також запишіть другу серію вимірювань і переконайтеся, що блок живлення вимкнено.
- Визначте максимальне відхилення відповідної густини магнітного потоку для обох вимірювань за допомогою інструментів оцінки і занесіть значення в таблицю в протоколі.



Виконання роботи (5/5)

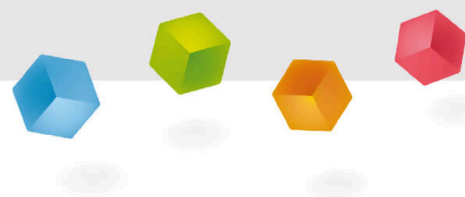
PHYWE



- Замініть встановлену котушку на котушку з $N = 75$ витків.
- Повторіть обидва вимірювання (із залізним осердям і без нього) для цієї котушки. Запускайте по одному вимірюванню і знову вмикайте джерело живлення на кілька секунд.
- Визначте максимальну густину магнітного потоку за допомогою інструментів оцінки, запишіть отримані значення в таблицю в протоколі і збережіть відповідні вимірювання.

PHYWE

Протокол



Таблиця

PHYWE

Визначте зростання точок вимірювання для чотирьох вимірювань з постійним струмом і введіть його в таблицю: $B_{\text{мТл}} = m \cdot I_{\text{100мА}}$. Визначте максимальні значення густини магнітного потоку $B_{x,\text{max}}$, для чотирьох вимірювань зі змінним струмом, і також запишіть їх у таблицю. Потім визначте коефіцієнти μ^* для всіх пар вимірювань (із залізним осердям і без нього) за градієнтами або максимальними густинами магнітного потоку і також запишіть їх у таблицю.

Котушка /	m [мТл/А]	μ^* [1]	$B_{x,\text{max}}$ [мТл]	μ^* [1]
-----------	-------------	-------------	--------------------------	-------------

Залізне осердя				
----------------	--	--	--	--

300 / з				
---------	--	--	--	--

300 / без				
-----------	--	--	--	--

75 / з				
--------	--	--	--	--

Завдання 1

PHYWE

Які з наведених нижче тверджень для вимірювання постійного струму є правильними?

- ☐ Розраховане відношення μ^* більше для котушки з більшою кількістю витків.
- ☐ У всіх чотирьох серіях вимірювань густина магнітного потоку лінійно зростає при збільшенні сили струму відповідної котушки.
- ☐ Усі інші відповіді є неправильними.
- ☐ Для двох вимірювань із залізним осердям значення похибки більше ніж на порядок, ніж для вимірювань без осердя.

☒ Перевірити

Завдання 2

PHYWE

Вставте слова в тексті в потрібне місце

Серії вимірювань із осердям і без нього суттєво відрізняються, оскільки в результаті сильно відрізняється. У цьому випадку виміряна густина магнітного потоку із залізним осердям значно більша, ніж нього. Причиною цього є за рахунок так званою заліза μ_r , яка зазвичай на кілька вища, ніж у повітря ($\mu_r = 1$) і залежить від матеріалу.

 залізним підсилення густина магнітного потоку без намагніченості порядків відносної магнітної проникності☒ Перевірити

Завдання 3

PHYWE

Вставте слова в тексті в потрібне місце

повітря приблизно однакова з магнітною проникністю і, таким чином, близька до 1. З іншого боку, для вона за замовчуванням знаходиться в діапазоні $300 < \mu_r < 10.000$. Виміряне відношення μ^* значно нижче цього значення. Основною причиною цього є те, що не повністю заповнює внутрішню частину .

залізне осердя

вакууму

заліза

Відносна магнітна проникність

катушки

☒ Перевірити

Завдання 4

PHYWE

Коефіцієнт μ^* дещо нижчий у випадку змінного струму, ніж у випадку постійного. Чому так відбувається?

- ☐ Це твердження помилкове. У випадку змінного струму це співвідношення навіть більш ніж удвічі більше.
- ☐ Залізне осердя має своєрідну магнітну пам'ять, так звану магнітну реманентність, яка гарантує, що виміряна максимальна густина магнітного потоку зменшується при зміні полярності зовнішнього магнітного поля на протилежну.

☒ Перевірити

Завдання 5

PHYWE

Розглянемо між собою пари вимірювань для однієї котушки. Як відомо, напруженість магнітного поля H тонкої циліндричної котушки пропорційна силі струму. Проте, величина густини магнітного потоку B показує великі розбіжності. Яка формула є правильною? (Застосовується $\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$ з константою магнітного поля μ_0).

☐ $B = \mu \cdot H$

☐ $H = \mu \cdot B$

☐ $\mu = H \cdot B$

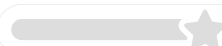
☒ Перевірити

Слайд

Оцінка / Усього

Слайд 21: Крива вимірювань постійного струму	0/3
Слайд 22: Обґрунтування результатів вимірювання 1	0/7
Слайд 23: Обґрунтування результатів вимірювання 2	0/5
Слайд 24: Магнітна проникність у змінному струмі	0/1
Слайд 25: Рівняння магнітної проникності μ	0/1

Загальна сума

 0/17 Рішення Повторити