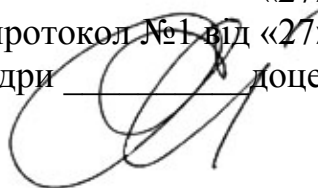


Міністерство охорони здоров'я України
Українська медична стоматологічна академія

«Затверджено»
на засіданні кафедри
медичної інформатики,
медичної і біологічної фізики
«27» серпня 2020 р.
протокол №1 від «27» серпня 2020 р.
Зав. кафедри _____ доцент Сілкова О.В.



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ
ПІД ЧАС ПІДГОТОВКИ ДО ПРАКТИЧНОГО (СЕМІНАРСЬКОГО) ЗАНЯТТЯ

Навчальна дисципліна	Медична і біологічна фізика
Модуль №2	Основи медичної фізики
Змістовий модуль	Медична фізика
Тема заняття	Основи електродинаміки. Аналіз роботи моста Уітстона
Курс	I,II
Факультет	Медичний №1, 2, стоматологічний

1. Актуальність теми: Вимірювання електричного опору є досить поширеною процедурою в техніці й наукових дослідженнях, у тому числі й у біофізиці. Методи вимірювання опору, які застосовуються в цей час, досить різноманітні, але одним з найбільш поширених та точних є метод моста Уїтстона.

2. Конкретні цілі:

- Знати основні поняття електродинаміки.
- Аналізувати роботу мостової схеми.
- Оволодіти основними поняттями (сила струму, напруга, електричний опір) та закони (Ома, Кірхгофа, з'єднання провідників).
- Рисувати та складати найпростіші електричні кола.
- Знати методи вимірювання електричного опору.
- Отримати навички вимірювання електричного опору провідника за допомогою мостової схеми (моста Уїтстона) та розрахунку величини електричного опору при послідовному, паралельному та змішаному з'єднанні резисторів.
- Розвиток наукового мислення.
- Розвиток зацікавленості майбутньою професією.
- Формування професійно-орієнтовного розвитку психічних процесів майбутнього медичного працівника.
- Розвиток системи професійно-значимих рис особистості, таких як: толерантність, відповідальність, комунікабельність, стриманість та інше.
- Розвиток уявлення про вплив екологічних та соціально-економічних факторів на стан здоров'я людини.

3. Базові знання, вміння, навички, необхідні для вивчення теми (міждисциплінарна інтеграція)

Назва попередніх дисциплін	Отримані навички
1. Фізика 2. Математика 3. Інформаційні технології	Описувати основні методи вимірювання електричного опору; класифікувати матеріали за значеннями електричної провідності; складати електричні кола; аналізувати та обробляти отримані в експерименті дані; проводити розрахунки, будувати графіки; володіти методами математичного моделювання; володіти методами використання обчислювальної техніки та інформаційних ресурсів; класифікувати та узагальнювати отримані дані; робити висновки

4. Завдання для самостійної роботи під час підготовки до заняття.

4.1. Перелік основних термінів, параметрів, характеристик, які повинен засвоїти студент при підготовці до заняття:

Термін	Визначення
Електродинаміка	розділ вчення про електрику, в якому розглядаються явища і процеси, обумовлені рухом заряджених частинок

Електричний струм	впорядкований, спрямований рух електричних зарядів
Сила струму	величина заряду, яка переноситься через розглянуту поверхню за одиницю часу
Електрична напруга	різниця потенціалів між двома точками електричного поля, яка чисельно рівна відношенню роботи, яку необхідно виконати для переміщення заряду з однієї точки поля в іншу точку, до величини цього заряду
Електричний опір	властивість провідника створювати перешкоди проходженню електричного струму

4.2. Теоретичні питання до заняття:

1. Що вивчає електродинаміка?
2. Що називається силою струму?
3. Що являють собою різниця потенціалів та електрична напруга?
4. Дати означення електричного опору.
5. Сформулювати закони Ома (для однорідної ділянки та для замкнутого кола).
6. Сформулювати закони паралельного та послідовного з'єднання провідників.
7. Для чого використовують мостові схеми?

4.3. Практичні роботи (завдання), які виконуються на занятті:

№ п/п	Завдання	Послідовність виконання	Зауваження, попередження, щодо самоконтролю
1	Підготувати мостову схему для досліду	Розмістити стенд та інші складові на робочому столі згідно схеми. Скласти електричне коло.	
2	Отримати виміри опорів резисторів	Приєднати резистор невідомого опору до схеми та провести виміри опору змінного резистора	Дочекатися, коли стрілка гальванометра припинить коливатися і розміститься у нульовому положенні

3	Визначити величини опорів дослідних резисторів (для кожного окремо, а також для послідовного і паралельного з'єднань)	По черзі приєднати до установки кожен з дослідних резисторів. Зняти відповідні покази. Повторити досліди для послідовного і паралельного з'єднання резисторів. Результати вимірів і розрахунків занести до звітної таблиці	Обов'язково перевести всі отримані дані до системи СІ
---	---	--	---

Зміст теми. Електродинаміка – розділ вчення про електрику, в якому розглядаються явища і процеси, обумовлені рухом заряджених частинок.

Електричним струмом називається впорядкований, спрямований рух електричних зарядів. Носіями струму можуть бути електрони, а також позитивні й негативні іони, тобто атоми або молекули, що втратили або приєднали до себе один або кілька електронів.

Носії струму у звичайному стані перебувають у хаотичному тепловому русі. Через уявну площу переноситься в обох напрямках однаковий заряд і тому електричний струм відсутній. При наявності електричного поля на хаотичний рух накладається впорядкований рух носіїв – виникає електричний струм.

Кількісною характеристикою електричного струму служить величина заряду, яка переноситься через розглянуту поверхню за одиницю часу. Її називають силою електричного струму. Відзначимо, що сила струму є за своєю суттю потоком заряду через поверхню. Якщо за час dt через поверхню переноситься заряд dq , то сила

струму рівна: $I = \frac{dq}{dt}$ (для змінного струму) або $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ (для постійного струму).

Струм, що не змінюється з часом, називається постійним.

Електричний струм може бути розподілений у просторі, де він тече, нерівномірно. Більш детально можна охарактеризувати струм за допомогою векторної величини \vec{j} , яку називають густиною електричного струму. Щоб визначити густину електричного струму **Error! Bookmark not defined.** в деякій точці простору, потрібно взяти в цій точці елементарну площадку dS_{\perp} , яка є перпендикулярною до напрямку впорядкованого руху носіїв струму. Розділивши силу струму I , що тече через цю площадку, на dS_{\perp} , отримуємо модуль густини

струму: $|\vec{j}| = j = \frac{I}{S_{\perp}}$. За напрямком вектора \vec{j} береться напрямок швидкості \vec{v}

впорядкованого руху додатних носіїв.

У металевих провідниках при наявності електричного поля відбувається упорядкований рух вільних електронів між вузлами кристалічної решітки, який називається електричним струмом. Впорядкований рух електронів постійно гальмується внаслідок зіткнень електронів з іонами решітки. Це і є причиною наявності електричного опору у металах. Опір провідника R залежить від

питомого опору провідника ρ (матеріалу провідника), його довжини l та площі поперечного перерізу S : $R = \rho \frac{l}{S}$.

Обернена до ρ величина $\sigma = 1/\rho$ називається питомою електричною провідністю (або електропровідністю) речовини. Одиниця, обернена ому, називається сименсом (См). Отже, одиницею σ є сименс розділений на метр (См/м).

Для більшості металів при не занадто низьких температурах питомий опір ρ змінюється пропорційно температурі: $\rho(t) = \rho_0(1 + \alpha t)$, де α – температурний коефіцієнт опору ($\alpha > 0$ для провідників першого роду, $\alpha < 0$ для провідників другого роду), 1/град.

При послідовному з'єднанні N провідників загальний опір з'єднання рівний:

$$R = \sum_{i=1}^N R_i = R_1 + R_2 + \dots + R_N.$$

При паралельному з'єднанні M провідників загальний опір з'єднання рівний:

$$\frac{1}{R} = \sum_{k=1}^M \frac{1}{R_k} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_M}.$$

У великій групі металів і сплавів, а також керамічних матеріалів при досить низькій температурі опір стрибком перетворюється в нуль. Це явище називають надпровідністю.

Основними законами для постійного струму є закони Ома.

Закон Ома для однорідної ділянки електричного кола має вигляд:

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R} = \frac{\Delta\varphi}{R} = \frac{U}{R},$$

де $\Delta\varphi$ – різниця потенціалів на кінцях ділянки, U – напруга, прикладена до кінців ділянки (для однорідного електричного кола напруга рівна різниці потенціалів), R – опір ділянки кола по якій протікає струм I .

Закон Ома для замкненого кола:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r},$$

де ε – електрорушійна сила (ЕРС) джерела постійного струму, R – зовнішній опір, r – внутрішній опір (опір джерела струму).

Для розрахунків складних кіл постійного струму користуються правилами Кірхгофа.

Перше правило Кірхгофа. Алгебраїчна сума сил струмів, що сходяться у вузлі, дорівнює нулю: $\sum_i I_i = 0$. Вузлами називаються точки, в яких сходяться більше двох провідників. Струмам, які входять у вузол, умовились приписувати знак плюс, а тим, що виходять із вузла – знак мінус.

Друге правило Кірхгофа. У довільному замкненому контурі розгалуженого кола алгебраїчна сума добутків сил струмів на опори відповідних ділянок кола, враховуючи і внутрішні опори джерел струму, дорівнює алгебраїчній сумі електрорушійних сил, діючих в цьому контурі, тобто:

$$\sum_i I_i R_i + \sum_r I_r r_k = \sum_k \varepsilon_k.$$

Розглянемо схему, яка складається з чотирьох резисторів (плечі моста) у вигляді замкнутого чотирикутника (рис. 1). У точках A та C приєднане джерело постійного струму, а між точками B та D перекинаний “місток” з гальванометром. Через резистори R_X , R_2 , R_3 , R_4 та гальванометр G протікають струми I_1 , I_2 , I_3 , I_4 та I_G відповідно. Якщо потенціали в точках B та D рівні ($\varphi_B = \varphi_D$), то величина струму, який протікає через гальванометр дорівнює нулю ($I_G = 0$). Це можливо лише при певному співвідношенні величин опорів, якого можна добитися за рахунок зміни опору резистора R_2 (змінний резистор). У зв'язку з тим, що струм через гальванометр не тече, то через резистори R_X та R_2 , а також R_3 та R_4 протікають однакові струми – $I_1 = I_2$ та $I_3 = I_4$ відповідно. Із закону Ома випливає:

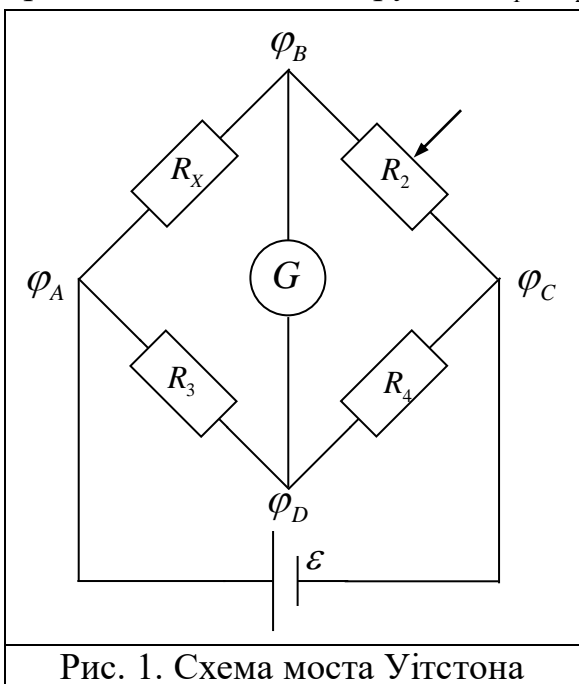


Рис. 1. Схема моста Уїтстона

$$\varphi_A - \varphi_B = I_1 R_X, \quad (1)$$

$$\varphi_B - \varphi_C = I_2 R_2, \quad (2)$$

$$\varphi_A - \varphi_D = I_3 R_3, \quad (3)$$

$$\varphi_D - \varphi_C = I_4 R_4, \quad (4)$$

Так як $\varphi_B = \varphi_D$, ліві частини рівностей (1) і (3) та (2) і (4) рівні одна одній, то рівні і праві частини рівностей:

$$I_1 R_X = I_3 R_3, \quad (5)$$

$$I_2 R_2 = I_4 R_4, \quad (6)$$

Якщо поділити почлено рівняння (5) на (6), то отримаємо:

$$\frac{I_1 R_X}{I_2 R_2} = \frac{I_3 R_3}{I_4 R_4} \Rightarrow \frac{R_X}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}, \quad (I_1 = I_2, I_3 = I_4) \quad (7)$$

Формула (7) дає можливість знайти величину опору одного з резисторів, якщо відомі три інші. Так, наприклад, якщо невідомим є R_X , то:

$$R_X = R_2 \frac{R_3}{R_4}. \quad (8)$$

Таким чином, досягаючи відсутності струму, який протікає через гальванометр, за рахунок підбору величин відомих опорів R_2 , R_3 , R_4 можливо визначити невідомий опір R_X .

Лабораторна робота. Визначення величини невідомого опору за допомогою моста Уїтстона.

Порядок виконання роботи.

1. Скласти електричне коло за схемою (рис. 1). Надати коло для перевірки викладачеві.

2. Підключити до схеми резистор невідомого опору R_{X1} . За допомогою магазину опорів встановити таке значення опору R_2 , щоб стрілка гальванометра

знаходилася у положенні «0» (струм через гальванометр не протікає). Зафіксувати величину опору на магазині опорів (значення опору резистора R_2). За формулою (8) розрахувати R_{X1} , використавши значення опорів R_3 та R_4 (вони вказані на резисторах на макеті). Результат занести до таблиці 1.

3. Підключити до схеми резистор невідомого опору R_{X2} . За допомогою магазину опорів встановити таке значення опору R_2 , щоб стрілка гальванометра знаходилася у положенні «0» (струм через гальванометр не протікає). Зафіксувати величину опору на магазині опорів (значення опору резистора R_2). За формулою (8) розрахувати R_{X2} , використавши значення опорів R_3 та R_4 (вони вказані на резисторах на макеті). Результат занести до таблиці 1.

4. З'єднати резистори R_{X1} та R_{X2} послідовно. Повторити дії, що вказані у пункті 2 або 3. До таблиці 1 занести значення опору $R_{X\text{посл}}$.

5. Розрахувати значення $R_{X\text{посл}}$ за формулою $R_{X\text{посл,розрах}} = R_{X1} + R_{X2}$ і занести його до таблиці 1.

6. З'єднати резистори R_{X1} та R_{X2} паралельно. Повторити дії, що вказані у пункті 2 або 3. До таблиці 1 занести значення опору $R_{X\text{паралел}}$.

7. Розрахувати значення $R_{X\text{паралел}}$ за формулою $R_{X\text{паралел,розрах}} = \frac{R_{X1} \cdot R_{X2}}{R_{X1} + R_{X2}}$ і занести його до таблиці 1.

Таблиця 1.

	Значення опорів, отримані експериментально	Розрахункові значення опорів
R_{X1}		
R_{X2}		
$R_{X\text{посл}}$		
$R_{X\text{паралел}}$		

8. Оформити роботу і зробити висновки.

Матеріали для самоконтролю:

1. Що вивчає електродинаміка?
2. Що називається силою струму?
3. Що являють собою різниця потенціалів та електрична напруга?
4. Сформулювати закони Ома (для однорідної ділянки та для замкненого кола).
5. Сформулювати закони паралельного та послідовного з'єднання провідників.
6. Для чого використовують мостові схеми?
7. Чому при вимірюванні опору потрібно мостову схеми привести до рівноважного стану?

8. Чому відрізняються значення опорів для послідовного і паралельного з'єднань, отриманих дослідно і розрахованих за формулами?

9. Чому в ролі індикатора виступає гальванометр?

1. Що повинно спостерігатися при рівновазі мостової схеми?

- A) Різниця потенціали на клеммах джерела струму дорівнює нулю;
- B) Потенціали у точках приєднання гальванометра рівні;
- C) Потенціали у точках приєднання джерела струму рівні;
- D) Різниця потенціали на гальванометрі дорівнює нулю;
- E) Сила струму, який протікає через гальванометр, дорівнює нулю.

2. Назвіть складові моста Уітстона.

- A) амперметр і вольтметр;
- B) джерело постійної або змінної напруги;
- C) гальванометр;
- D) діоди;
- E) резистори.

3. Які середовища організму мають найкращу електропровідність?

- A) Зубна емаль;
- B) Жирові тканини;
- C) М'язові тканини;
- D) Кісткові тканини;
- E) Рідинні середовища організму.

4. У вимірювальне плече неврівноважених мостів, які використовуються для вимірювання неелектричних величин, може бути ввімкнений:

- A) тензорезистор;
- B) світлодіод;
- C) терморезистор;
- D) діод;
- E) фотоелемент.

5. Який фактор найсильніше впливає на електропровідність різних тканин?

- A) температура навколишнього середовища;
- B) вологість повітря;
- C) кровонаповнення на різних ділянках тіла і органів;
- D) концентрація позитивних аеронів у повітрі;
- E) концентрація негативних аеронів у повітрі.

6. Яка з названих тканина організму має найменшу електропровідність?

- A) зубна емаль;
- B) пульпа зуба;
- C) дентин зуба;
- D) пародонт;
- E) слизова оболонка.

7. Чим зумовлена зміна сили постійного струму при пропусканні його через живі тканини?

- A) Кровонаповненням тканини;
- B) Електричною діяльністю серця;
- C) Поляризацією живих тканин;

- D) Явищем поляризації електродів;
 E) Нагріванням тканини.
8. Як вмикають гальванометр у мостову схему?
 A) Паралельно до джерела струму;
 B) Паралельно двом резисторам;
 C) Паралельно одному з резисторів;
 D) Послідовно в одне з плечей;
 E) В одну з діагоналей.
9. Якими носіями електричних зарядів створюється струм в електролітах?
 A) вільними електронами;
 B) позитивними і негативними іонами;
 C) позитронами;
 D) позитронами і негативними іонами;
 E) електронами та позитивними іонами.
10. Як вмикається джерело струму в мостову схему?
 A) Паралельно двом резисторам;
 B) Послідовно з гальванометром;
 C) Послідовно у одне з плечей;
 D) В одну з діагоналей;
 E) Паралельно до гальванометра.

Рекомендована література.

Основна:

1. Іщейкіна Ю.О. Медична і біологічна фізика: навч. посібник / Ю.О. Іщейкіна, В.І. Макаренко, Н.В. Тронь – 2-ге видання. – Полтава: Шевченко Р.В., 2014. – 352 с.
2. Лобоцкая Н.Л. Высшая математика / Н.Л. Лобоцкая, Ю.В. Морозов, А.А. Дунаев; Учебник для студентов фармацевтических факультетов медицинских институтов. – Минск: Высшая школа, 1987. – 319 с.
3. Медицинская и биологическая физика: учеб. для студ. высших мед. учеб. завед. IV ур. акр. / под ред. А.В. Чалого. – Вінниця: Нова Книга, 2011. – 568 с.
4. Медична і біологічна фізика: підруч. для студ. вищ. мед. заклад. III-IV р. акред. / Під заг. ред. О.В. Чалого. – 2-ге вид., переробл. і доп. – К.: Книга плюс, 2005. – 760 с.
5. Медична та біологічна фізика : нац. підруч. для студ. вищ. мед. навч. закладів III-IV рівнів акредитації / О. В. Чалий, Я.В. Цехмістер, Б.Т. Агапов та ін. ; за ред. О.В. Чалого. – Вінниця: Нова книга, 2013. – 528 с.
6. Медична та біологічна фізика: підручник для студентів медичних ВНЗ / О.І. Антюфєєва, Л.В. Батюк, М.А. Бондаренко та ін.; за ред. В.Г. Книгавка. – Харків: ХНМУ, 2010. – 370 с.

Додаткова:

1. Лабораторный и лекционный эксперимент по медицинской и биологической физике / Под ред. Д.С. Кройтора, А.Н. Ремизова, В.О. Самойлова – Кишинев: Лумина, 1983. – 328 с.
2. Медична і біологічна фізика: Практикум: навч.-метод. посіб. для вищ. мед.

навч. закл. / за ред. О.В. Чалого. – К.: Книга плюс, 2003. – 217 с.