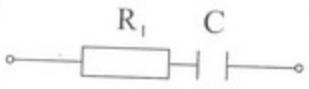
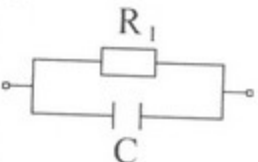
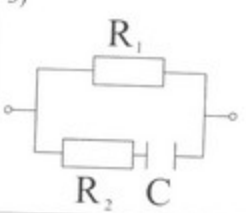


10.

Схема	Імпеданс
1) 	а) якщо $\omega \rightarrow 0$, то $z = R_1$ якщо $\omega \rightarrow \infty$, то $z = 0$
2) 	б) якщо $\omega = 0$, то $z = R_1$ якщо $\omega \rightarrow \infty$, то $z = \frac{R_1}{R_1 + 1}$
3) 	в) якщо $\omega \rightarrow 0$, то $z = \frac{R_1}{R_1 + 1}$ якщо $\omega \rightarrow \infty$, то $z = R_1$
	г) якщо $\omega = 0$, то $z \rightarrow \infty$ якщо $\omega \rightarrow \infty$, то $z \rightarrow 0$
	д) якщо $\omega \rightarrow 0$, то $z = 0$ якщо $\omega \rightarrow \infty$, то $z = R_1$

1)

2)

3)

3. ВЗАЄМОДІЯ ЗОВНІШНІХ ПОЛІВ З БІОЛОГІЧНИМИ ТКАНИНАМИ. ЕЛЕКТРОННА МЕДИЧНА АПАРАТУРА

3.1. Основні закони та формули

Напруженість електричного поля

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Вектор електричної індукції

$$\vec{D} = \epsilon \epsilon_0 \vec{E}$$

Потенціал

$$\varphi = \frac{W}{q}$$

Сила струму

$$I = \frac{dq}{dt}$$

Густина струму

$$\vec{j} = \frac{1}{S} \cdot \frac{dI}{dt}$$

Опір провідників

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Закон Ома в диференціальній формі

$$\vec{j} = \sigma \vec{E}$$

Густина струму в електролітах

$$\vec{j} = anq_0(\vec{v}_+ + \vec{v}_-) = anq_0(b_+ + b_-)\vec{E}$$

Рухливість іонів

$$b = \frac{v}{E}$$

Вектор діелектричної поляризації

$$\vec{p} = \frac{1}{V} \sum_{i=1}^n \vec{p}_i; \quad \vec{p} = \epsilon_0 \alpha \vec{E}$$

Індукція магнітного поля

$$B = \frac{M_m}{IS}; \quad B = \frac{F_{m\Delta}}{Il}; \quad B = \frac{F_{m\Delta}}{qv}$$

Напруженість магнітного поля

$$H = \frac{B}{\mu\mu_0}$$

Магнітний потік

$$\Phi = BS \cos \alpha$$

Закон Біо-Савара-Лапласа

$$dH = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{I \sin \alpha}{r^2} dl$$

Густина індукційного струму

$$\vec{j}_{ин} = \frac{B_m \omega}{R} \sin \omega t$$

- Вектор намагніченості

$$\vec{j} = \chi \vec{H}$$

- Густина струму зміщення

$$j_{zm} = \epsilon \epsilon_0 \frac{dE}{dt}$$

- Тепловий ефект струмів провідності

$$q = j_{np}^2 \rho$$

- Тепловий ефект індукційних струмів

$$q = k(\omega) \frac{B_m^2 \omega^2}{\rho}$$

- Тепловий ефект струмів зміщення

$$q = k(\omega) \epsilon \epsilon_0 E_m^2 \omega$$

- Для однорідного діелектрика

$$q = k(\omega) \epsilon \epsilon_0 E_m^2 \omega t g \delta$$

електр. струми
 - провідності
 - індукційні
 - зміщення
 - для однорідного діелектрика

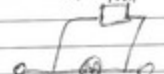
$\vec{j} = \chi \vec{H}$
 $j_{zm} = \epsilon \epsilon_0 \frac{dE}{dt}$
 $q = j_{np}^2 \rho$
 $q = k(\omega) \frac{B_m^2 \omega^2}{\rho}$
 $q = k(\omega) \epsilon \epsilon_0 E_m^2 \omega$
 $q = k(\omega) \epsilon \epsilon_0 E_m^2 \omega t g \delta$

3.2. Задачі для самостійного розв'язку

Для кожної з 10 наступних задач запишіть скорочену умову, розв'язок та відповідь.

1. Для розширення шкали міліамперметра в апараті для гальванізації використують шунт. Міліамперметр розрахований на вимірювання струму 10 мА і має внутрішній опір 3 Ом. Який опір шунта, якщо максимальна сила струму, яку може виміряти прилад зростає в 10 разів.

$R_{ш} = ?$	Шунт вимірюється паралельно амперметру
$I_m = 10 \text{ мА}$	Сила струму на шунті й амперметрі однакова
$I = 100 \text{ мА}$	$I_{ш} = I_m$, або $I_{ш} R_{ш} = I_m R_m$
$R_m = 3 \text{ Ом}$	Звідси $R_{ш} = \frac{I_m R_m}{I - I_m} = \frac{10 \text{ мА} \cdot 3 \text{ Ом}}{100 \text{ мА} - 10 \text{ мА}} = 0,3 \text{ (Ом)}$



Відповідь: 0,3 Ом

2. Два нескінченно довгих дроти схрещені під прямим кутом (див. рис.). В дротах течуть струми $I_1 = 80 \text{ А}$, $I_2 = 60 \text{ А}$. Відстань між дротами дорівнює 10 см. Визначити магнітну індукцію в точці А, однаково віддаленій від обох дротів.



$$I_1 = 80 \text{ А} \quad B = \frac{\mu_0 I}{2 \pi d} \quad B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2 \pi d_1} \quad B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2 \pi d_2}$$

$$I_2 = 60 \text{ А} \quad \vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 \quad \text{тк } B_1 \perp B_2, \text{ то } B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2}$$

$$B = \frac{\mu_0}{2 \pi} \sqrt{\left(\frac{I_1}{d}\right)^2 + \left(\frac{I_2}{d}\right)^2} = \frac{4 \pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн}}{2 \pi \cdot 0,1 \text{ м}} \sqrt{80^2 + 60^2}$$

$$= 4 \cdot 10^{-7} \text{ Тл} = 4 \text{ мкТл}$$

Відповідь: 4 мкТл

3. Скільки часу повинна тривати процедура лікувального електрофорезу, якщо через електрод площею 350 cm^2 необхідно ввести 5 mg кальцію густиною струму $0,2 \text{ mA/cm}^2$?

Дано: $S = 350 \text{ cm}^2$
 $m = 5 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$
 $i = 0,2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{A}}{\text{cm}^2}$
 $k = 0,208 \cdot 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$

По закону Фарадея: $m = k \cdot I \cdot t$; $I = \frac{m}{k \cdot t}$
 $t = \frac{m}{k \cdot I} = \frac{5 \cdot 10^{-6} \text{ kg}}{0,208 \cdot 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 350 \text{ cm}^2} = 3,4 \cdot 10^2 \text{ s}$

Відповідь: $3,4 \cdot 10^2 \text{ s}$

4. Між двома електродами, до яких прикладена напруга 36 V , знаходиться ділянка живої тканини, яка складається з шару шкіри і шару м'язів кров'яними судинами. Товщина шару шкіри $0,3 \text{ mm}$, а товщина шару м'язів $9,4 \text{ mm}$. Знайдіть густину струму та падіння напруги в обох шарах розглядаючи їх як провідники. Питомий опір шкіри $105 \text{ Om}\cdot\text{m}$, м'язів $\text{Om}\cdot\text{m}$.

Відповідь:

5. Які ємності повинні мати терапевтичні контури апаратів УВЧ індуктотермії, якщо її резонансні частоти дорівнюють відповідно 40 MHz і $13,5 \text{ MHz}$, а індуктивності $0,3 \text{ mH}$ і 5 mH відповідно.

Дано: $f_1 = 40,68 \text{ MHz}$
 $f_2 = 13,5 \text{ MHz}$
 $L_1 = 0,3 \text{ mH}$
 $L_2 = 5 \text{ mH}$

За ф. Томсона: $T = 2 \pi \sqrt{LC}$; $T = \frac{1}{f}$
 $\frac{1}{f} = 2 \pi \sqrt{LC}$; Знаючи ємність $C_1 = 4 \cdot 10^{-10} \text{ F}$
 $C_1 = \frac{1}{4 \pi^2 \cdot 40,68^2 \cdot 10^6 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3}} = 0,5 \cdot 10^{-10} \text{ F}$
 $C_2 = \frac{1}{4 \pi^2 \cdot 13,5^2 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 10^{-3}} = 2,8 \cdot 10^{-10} \text{ F}$

Відповідь: $0,5 \cdot 10^{-10} \text{ F}$; $2,8 \cdot 10^{-10} \text{ F}$

Кінцівка, на яку накладені електроди, має омичний опір 10 Om і ємність $0,02 \text{ mF}$. Знайти провідність такої ділянки, кут зсуву фаз між струмом і напругою для частоти 50 GHz , вважаючи, що омичний і ємнісний опори з'єднані послідовно. $\varphi = 9 \cdot 10^{11} \text{ s}$

Вашинна Z неліній, повною провідністю
 $Y = \frac{1}{Z}$; Z - повний опір
 $Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{2 \pi \nu C}\right)^2}$; $C = 20 \text{ nF}$
 $Y = \frac{1}{\sqrt{10^2 + \left(\frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 10^9 \cdot 20 \cdot 10^{-9}}\right)^2}}$
 $\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{10}{1,4 \cdot 10^4} \approx 0$ тобто Бріджеса $\varphi = 90^\circ$

6. Напруженість електричного поля в біологічній тканині змінюється за законом $E = E_0 \sin \omega t$. При якій частоті змінного струму амплітудне значення густини струму зменшення буде в 2 рази більше амплітудного значення струму провідності, якщо питомий опір тканини $10^5 \text{ Om}\cdot\text{m}$, а відносна діелектрична проникність 85 ?

Густина струму зміщення: $j_{zm} = \epsilon \epsilon_0 \frac{dE}{dt}$
 Густина струму провідності: $j = \frac{1}{\rho} \frac{dI}{dt}$
 $j_{zm} = 2 \cdot j$; $j_{zm} = \epsilon \epsilon_0 \omega E_0 \cos \omega t$
 $j = \frac{1}{\rho} \frac{dI}{dt} = \frac{1}{\rho} \frac{d}{dt} \left(\int \epsilon \epsilon_0 \omega E_0 \cos \omega t \cdot dV \right) = \frac{\epsilon \epsilon_0 \omega E_0}{\rho} \sin \omega t$
 $\frac{\epsilon \epsilon_0 \omega E_0}{\rho} = 2 \cdot \frac{1}{\rho} \frac{dI}{dt} = 2 \cdot \frac{1}{\rho} \frac{d}{dt} \left(\int \epsilon \epsilon_0 \omega E_0 \cos \omega t \cdot dV \right)$
 Відповідь: $\omega = \frac{2}{\epsilon \epsilon_0} \frac{1}{\rho} = \frac{2}{85 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 10^5} = 4,2 \cdot 10^5 \text{ Hz}$

7. Визначити, як відрізняються кількості теплоти, що виділяються в м'язовій та жировій тканинах при мікрохвильовій терапії. Частота дорівнює $2,45 \cdot 10^9 \text{ GHz}$, $\epsilon_m = 47$, $\epsilon_j = 5,5$; $\text{tg} \delta_m = 0,21$, $\text{tg} \delta_j = 0,34$.

Тепловий ефект для синусоїдального діелектрика:
 $Q_m = k(\omega) \epsilon_m \epsilon_0 E_m^2 \omega \text{ tg} \delta_m$
 $Q_j = k(\omega) \epsilon_j \epsilon_0 E_j^2 \omega \text{ tg} \delta_j$
 $\frac{Q_m}{Q_j} = \frac{\epsilon_m \text{ tg} \delta_m}{\epsilon_j \text{ tg} \delta_j} = \frac{47 \cdot 0,21}{5,5 \cdot 0,34} = \frac{9,87}{1,87} = 5,3$

Відповідь: в м'язовій тканині виділяється в 5,3 рази більше теплоти, ніж в жировій.

9. Як зміниться кількість теплоти, що виділяється в методі діатермії, питомий опір ділянки тканини збільшиться в 2 рази, а напруженість електричного поля зростає на 12%?

Відповідь:

10. У скільки разів відрізняються кількості теплоти, що виділяються однакових ділянках жирової тканини та сухої шкіри при індуктотермії. Як зміниться кількість теплоти при збільшенні індукції магнітного поля в 2 рази?

Дано:

$\rho_{ж} = 10^5 \text{ Ом}\cdot\text{м}$	$q = R(W) \frac{B_m^2 \omega^2}{\rho}$
$R_{ж} = 33,3 \text{ Ом}\cdot\text{м}$	$q_{ж} = \frac{k(\omega)^2 B_m^2 \omega^2}{\rho_{ж}} = \frac{P_{ж}}{q_{ж}}$
$\frac{q_{ж}}{q_{ш}} = ?$	$= \frac{10^5 \text{ Ом}\cdot\text{м}}{33,3 \cdot \text{Ом}\cdot\text{м}} = 3 \cdot 10^3 \text{ (разів)}$

Відповідь: В жировій тканині виділяється тепла в $3 \cdot 10^3$ рази більше. При збільшенні індукції в 2 рази в жировій тканині і в шкірі кількість теплоти зростає в 4 рази, а $\frac{q_{ж}}{q_{ш}} = 7$ разів більше. $3 \cdot 10^3$ рази

3.3. Тестові завдання

Для кожного з наступних 10 тестових завдань знайдіть одну вірну відповідь і позначте її хрестиком в таблиці тестових відповідей (після тесту № 10).

Основними характеристиками 1 – електричного поля; 2 – магнітного поля є...

- А) напруженість ... $= \frac{F}{q}$; В – напруженість ... $= \frac{B}{\mu_0 I}$; С – потенціал ... $= \frac{W}{q}$;
 D – індукція ... $= \frac{M_{max}}{P}$; E – індукція ... $= \epsilon \epsilon_0 E$; F – потік ... $= BS \cos \alpha$.
- а) 1 – А, С, Е; 2 – В, D, F;
 б) 1 – В, D, F; 2 – А, С, Е;
 в) 1 – А, С, D; 2 – В, Е, F;
 г) 1 – В, Е, F; 2 – А, С, D;
 д) 1 – А, С, F; 2 – В, D, Е.

1. Обертальний момент, що діє на диполь в електричному полі визначається:

- а) ... $= BIS$
 б) ... $= ql$
 в) ... $= pE \sin \varphi$
 г) ... $= \epsilon_0 \alpha E$
 д) ... $= p \frac{dE}{dx}$

1. Напруженість магнітного поля 1 – в центрі колового струму, 2 – прямолінійного нескінченного провідника зі струмом дорівнює...

- А – ... $= IR$; В – ... $= \frac{\mu \mu_0 I}{2R}$; С – ... $= \frac{I}{2\pi R}$; D – ... $= \frac{B}{B_0}$; Е – ... $= \frac{I}{2R}$.
- а) 1 – Е, 2 – С;
 б) 1 – А, 2 – С;
 в) 1 – В, 2 – Е;
 г) 1 – D, 2 – В;
 д) 1 – С, 2 – А.

4. Вкажіть фізіотерапевтичні методи, основані на дії постійного струму:

- а) УВЧ – терапія;
 б) гальванізація;
 в) індуктотермія;
 г) місцева дарсонізація;
 д) електростимуляція.

5. Вкажіть фізіотерапевтичні методи, основані на дії електричного струму високої частоти:

- а) УВЧ – терапія;
- б) електростимуляція;
- в) місцева дарсонвізація;
- г) гальванізація;
- д) індуктотермія.

6. При дії на тканини змінним електричним полем УВЧ в відбувається:

- а) скорочення м'язів;
- б) генерація біопотенціалів;
- в) поляризаційні ефекти;
- г) виділення тепла;
- д) деформації.

7. Фізіотерапевтичний метод індуктотермії оснований на дії на організмі:

- а) змінним високочастотним електричним полем;
- б) змінним електричним струмом;
- в) постійним електричним струмом;
- г) іскровим розрядом;
- д) змінним високочастотним магнітним полем.

8. Лікарські речовини розташовують під електродами, враховуючи наступні умови:

- а) аніони вводять з катода, а катіони з анода;
- б) аніони і катіони не можливо ввести в організм;
- в) аніони вводять с анода, а катіони в організм не вводять;
- г) аніони вводять с анода, а катіони з катода;
- д) не має значення, з якого електрода вводити аніони і катіони.

9. Які види поляризації спостерігаються у біологічних тканинах?

- 1 – спонтанна; 2 – електронна; 3 – еліптична; 4 – лінійна;
- 5 – орієнтаційна; 6 – іонна; 7 – об'ємна.

- а) 1, 4, 6, 7;
- б) 4, 5, 6, 7;
- в) 1, 3, 5, 6;
- г) 2, 3, 5;
- д) 2, 5, 6, 7.

Висновок: поляризація біологічних тканин є результатом взаємодії електричного поля з дипольними молекулами та іонами. Найбільш виражена поляризація спостерігається в біологічних тканинах, що мають високу вміст в'язких речовин та іонів.

10. Застосування методу 1 – діатермії; 2 – індуктотермії; 3 – УВЧ – терапії ефективно для прогрівання...

А – тканин організму, які добре проводять електричний струм;

В – діелектричних тканин організму людини;

С – будь-яких тканин організму.

а) 1 – А, 2 – В, 3 – С;

б) 1 – В, 2 – А, 3 – С;

в) 1 – С, 2 – В, 3 – А;

г) 1 – А, 2 – С, 3 – В;

д) 1 – В, 2 – С, 3 – А.

Таблиця відповідей на тестові завдання

№ тесту	а	б	в	г	д
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Висновок: найбільш ефективно прогрівання відбувається в тканинах, які добре проводять електричний струм (А). Для прогрівання діелектричних тканин (В) необхідно використовувати метод індуктотермії (2). Для прогрівання будь-яких тканин (С) необхідно використовувати метод УВЧ-терапії (3).

3.4. Установіть відповідності і заповніть таблиці логічних пар.

1.

1) закон Ома в інтегральній формі	а) $j = -\sigma \text{grad} \varphi$
2) закон Ома в диференціальній формі	б) $Q = I^2 R t$
3) закон Джоуля-Ленца	в) $Q = cm \Delta t$
4) закон Біо-Савара-Лапласа	г) $I = \frac{U}{R}$
	д) $dH = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{I \sin \varphi}{r^2} \cdot dl$

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)

2.

Величина	Одиниці вимірювання
1) сила струму	а) Ом·м
2) напруга	б) В
3) опір	в) Ом
4) провідність	г) Кл
5) питомий опір	д) $\frac{1}{\text{Ом}\cdot\text{м}}$
	е) А

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)
- 5)

3.

Біологічна тканина	Провідність, $\frac{1}{\text{Ом}\cdot\text{м}}$
1) спинномозкова рідина	б) 0,6
2) кров	а) $3 \cdot 10^{-2}$
3) м'язи	б) 10^{-5}
4) жирова тканина	в) 1,82
5) суха шкіра	г) 10^{-7}
6) кістка без надкісничі	д) 0,5

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)
- 5)
- 6)

Характеристика	Формула
1) вектор діелектричної поляризації	а) $\dots = 1 + \chi_m$
2) відносна діелектрична проникність	б) $\dots = \mu_0 H$
3) відносна магнітна проникність	в) $\dots = 1 + \alpha$
4) вектор намагніченості	г) $\dots \varepsilon_0 \alpha E$
	д) $\dots \chi_m H$

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)

1) густина постійного струму провідності в електролітах	а) $j = \varepsilon_0 \frac{dE}{dt} + \frac{dP}{dt}$
2) густина індукційного струму	б) $j = \sigma E_m \sin \omega t$
3) густина струму зміщення в діелектриках	в) $j = ane(b_+ + b_-)E$
	г) $j = k(\omega) \frac{B_m \omega}{\rho}$

- 1)
- 2)
- 3)

Величина	Одиниці вимірювання
1) напруженість електричного поля	а) $\frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}$
2) індукція електричного поля	б) $\frac{\text{Кл}}{\text{В}\cdot\text{м}}$
3) електрична стала	в) Кл·м
4) густина струму	г) $\frac{\text{м}^2}{\text{В}\cdot\text{с}}$
5) рухливість	д) $\frac{\text{В}}{\text{м}}$
	е) $\frac{\text{А}}{\text{м}^2}$

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)
- 5)

7.

Величина	Одиниці вимірювання
1) напруженість магнітного поля	а) В · с
2) індукція магнітного поля	б) $\frac{H}{A \cdot m}$
3) магнітна стала	в) А · м ²
4) магнітний потік	г) $\frac{A}{m}$
5) магнітний момент	д) $\frac{A}{m^2}$
	е) $\frac{Гн}{м}$

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)
- 5)

8.

Фізіотерапевтичний метод	Дія
1) гальванізація	а) лікувальний метод, що використовує дію на тканини та органи високочастотного електричного поля
2) електрофорез	б) лікувальний метод, що використовує дію на тканини та органи високочастотного магнітного поля
3) діатермія	в) лікувальний метод введення ліків через шкіру за допомогою постійного струму
4) УВЧ – терапія	г) лікувальний метод, що використовує дію постійних струмів
5) загальна дарсонвалізація	д) лікувальний метод, що використовує дію механічної хвилі ультразвукової частоти
	е) лікувальний метод, що використовує дію електричних струмів високої частоти

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)
- 5)

Застосування	Імпульси
1) стимуляція серцевого м'язу	а) прямокутні з частотою 5 – 150 Гц
2) лікування електросном	б) прямокутні з частотою 1- 1,2 Гц
3) збудження м'язів при електрогімнастичі	в) трикутні з частотою 100 Гц
	г) експоненційні з частотою 8 – 80 Гц

- 1)
- 2)
- 3)

10. Кількість теплоти, що виділяється в... визначається...

1) провідниках	а) $q = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} U$
2) діелектриках	б) $q = j^2 \rho + \omega E_m^2 \epsilon \epsilon_0 t g \delta$
3) тканинах	в) $q = \frac{E^2}{\rho}$
	г) $q = \omega E_m^2 \epsilon \epsilon_0 t g \delta$

Визначення кількості теплоти, що виділяється в провідниках, діелектриках та тканинах.

- 1)
- 2)
- 3)