

Практика по фізіотерапії

Приклад 24. Йонофорез застосовується для введення лікарських речовин в тіло людини.

Визначте кількість одноразово йонізованих йонів лікарської речовини, введених хворому за час $t = 10$ хв при щільності струму $j = 0,05$ мА/см² з електроду площею $S = 5$ см².

Дано: $j = 0,05$ мА/см² = $0,5$ А/м²; $S = 5$ см² = $5 \cdot 10^{-4}$ м²; $t = 10$ хв = 600 с.

Табличні величини, константи: $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл – заряд електрона.

Знайти: N

Розв'язок:

Густина струму дорівнює:

$$j = \frac{I}{S} = \frac{Ne}{St},$$

де I – сила струму; e – заряд електрона; N – число йонів.

Звідки число йонів $N = \frac{j \cdot S \cdot t}{e}$.

Підставивши чисельні дані, отримуємо:

$$N = \frac{0,5 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \cdot 600}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 9,4 \cdot 10^{17}.$$

Приклад 25. Для прогрівання м'язової тканини на плоскі електроди подається напруга $U = U_0 \sin \omega t$; з амплітудою $U_0 = 250$ В і частотою $\nu = 10^6$ Гц. Активний опір цієї ділянки ланцюгу $R = 10^3$ Ом; ємність $C = 5 \cdot 10^{-8}$ Ф.

Визначте кількість тепла, що виділилася в об'ємі тканини між електродами за період коливань T і за час процедури $t = 10$ хв.

Дано: $U_0 = 250$ В; $R = 10^3$ Ом; $\nu = 10^6$ Гц; $C = 5 \cdot 10^{-8}$ Ф; $t = 10$ хв = 600 с.

Знайти: Q_T, Q_t

Розв'язок:

Визначимо діюче значення струму в ланцюзі:

$$I_{\text{д}} = \frac{U_{\text{д}}}{Z} = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}} = \frac{U_0 / \sqrt{2}}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{2\pi\nu C}\right)^2}}.$$

Підставивши чисельні дані, обчислимо:
$$I_{\text{до}} = \frac{250/\sqrt{2}}{\sqrt{1000^2 + \left(\frac{1}{2\pi \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 10^{-8}}\right)^2}} = 0,18 \text{ А.}$$

Період коливань дорівнює: $T = \frac{1}{\nu} = 10^{-6} \text{ с.}$

Тоді кількість теплоти, що виділилася за період коливань (144), становить:

$$Q_T = I^2 R T = (0,18)^2 \cdot 10^3 \cdot 10^{-6} = 3,24 \cdot 10^{-5} \text{ Дж.}$$

Кількість теплоти, що виділилася за час t :

$$Q_t = I^2 R t = (0,18)^2 \cdot 10^3 \cdot 600 = 1,94 \cdot 10^4 \text{ Дж.}$$

Приклад 27. За скільки часу виділиться 10 Дж тепла в 0,2 мл розчину для ін'єкції внаслідок його підігрівання за рахунок індукції магнітного поля ($B_{\text{эф}} = 240 \text{ мТл}$). Частота змінного магнітного поля $\nu = 1,12 \text{ кГц}$. Вважати магнітне поле в даному об'ємі однорідним; значення коефіцієнта K_1 рівним одиниці; значення $\sigma = 1,8 \text{ 1/Ом}\cdot\text{м}$.

Дано: $B_{\text{эф}} = 240 \text{ мТл} = 0,24 \text{ Тл}$; $\nu = 1,12 \text{ кГц} = 1,12 \cdot 10^3 \text{ Гц}$; $K_1 = 1$; $\sigma = 1,8 \text{ 1/Ом}\cdot\text{м}$;
 $Q = 10 \text{ Дж}$; $V = 0,2 \text{ мл} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3$.

Знайти: t

Розв'язок:

Кількість тепла Q , що виділяється в об'ємі розчину для ін'єкції виражається формулою (150): $Q = K_1 \cdot \sigma \cdot \omega^2 \cdot B_{\text{до}}^2 \cdot V \cdot t$, де $\omega = 2\pi\nu$ - циклічна частота.

Звідси:

$$t = \frac{Q}{K_1 \cdot \sigma \cdot \omega^2 \cdot B_{\text{до}}^2 \cdot V} = \frac{Q}{4\pi^2 \cdot K_1 \cdot \sigma \cdot \nu^2 \cdot B_{\text{до}}^2 \cdot V}.$$

Підставивши чисельні дані, отримаємо:

$$t = \frac{10}{4\pi^2 \cdot 1 \cdot 1,8 \cdot 1,12^2 \cdot 0,24^2 \cdot 2 \cdot 10^{-7}} = 9,74 \text{ с.}$$

Приклад 4. При роботі апарату для франклізації щомиті в 1 см³воздуха утворюється 500000 легких аероіонів. Визначити роботу іонізації, необхідну для створення в 225 см³ повітря такої ж кількості аероіонів за час лікувального сеансу (15 хв). Потенціал іонізації молекул повітря вважати рівним 13,54 В, умовно вважати повітря однорідним газом.

$$A = q\phi = eN\phi, \text{ где } \phi = \frac{A}{e}$$

e - потенціал іонізації, A – робота

іонізації, N -количество електронів.

$$N = nVt, A = eNVt = 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 5 \cdot 10^{11} \cdot 225 \cdot 10^{-6} \cdot 900 \cdot 13.54 = 2.2 \cdot 10^{-7} \text{ Дж}$$

Приклад 5. При лікуванні електростатичним душем на електродах електричної машини прикладена різниця потенціалів 100 кВ. Визначити, який заряд проходить між електродами за час однієї процедури лікування, якщо відомо, що сили електричного поля при цьому здійснюють роботу 1800 Дж.

Розв'язок:

$$\Delta\phi = \frac{A}{q}$$

Звідси $q = \frac{A}{\Delta\phi} = \frac{1800}{100000} = 0.018 \text{ Кл} = 18 \text{ мКл}$

Приклад 6. В однорідному магнітному полі індукцією $B = 0,1$ Тл рівномірно обертається рамка, яка містить $N = 1000$ витків. Площа рамки $S = 150 \text{ см}^2$. Рамка обертається з частотою $\nu = 10 \text{ с}^{-1}$. Визначити миттєве значення ЕРС, відповідне куту повороту рамки в 30° .

Розв'язок:

Миттєве значення ЕРС індукції визначається основним рівнянням електромагнітної індукції:

$$\mathcal{E}_i = -N \frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

При обертанні рамки магнітний потік, який пронизує рамку, змінюється за законом:

$$\Phi = BS \cos \omega t \quad (2)$$

Підставляючи (2) в (1), отримаємо:

$$\mathcal{E}_i = NBS\omega \sin \omega t$$

$$\begin{aligned} \text{Оскільки, } \omega = 2\pi\nu, \text{ то } \mathcal{E}_i &= 2\pi\nu NBS \sin 2\pi\nu t \\ &= 23.14 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 0.1 \cdot 1.5 \cdot 10^{-2} \cdot 0.5 = 47.1 \text{ (В)} \end{aligned}$$

Приклад 7. Якщо сила струму, що проходить в соленоїді, змінюється на 50 А в секунду, то на кінцях соленоїда виникає середнє значення ЕРС самоіндукції, що дорівнює 0,08 В. Знайти індуктивність соленоїда.

Розв'язок:

Індуктивність чисельно дорівнює ЕРС самоіндукції, що виникає на кінцях соленоїда, коли струм, що проходить через соленоїд, поступово змінюється на одиницю сили струму в одиницю часу:

$$\mathcal{E}_i = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = - \frac{\Delta(LI)}{\Delta t} \quad \text{або} \quad \mathcal{E}_i = - L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Знак (-) можна опустити, тому що він показує напрямом ЕРС

$$\Rightarrow L = \frac{|\mathcal{E}_i|}{\frac{\Delta I}{\Delta t}} = \frac{0.08}{50} = 1.6 \cdot 10^{-3} (\Gamma) = 1.6 \text{ мГ}$$

Приклад 8. На стрижень з магнітною довжиною $l = 50$ см і перерізом $S = 2$ см² намотано в один шар провід так, що на кожен сантиметр довжини стрижня припадає 20 витків. Визначити енергію W магнітного поля всередині соленоїда, якщо сила струму в обмотці $I = 0,5$ А.

Розв'язок:

Енергія магнітного поля соленоїда з індуктивністю L , по обмотці якого тече ТОКІО, виражається формулою

$$W = \frac{1}{2} LI^2 \quad (1)$$

Індуктивність соленоїда в разі немагнітного сердечника залежить тільки від числа витків на одиницю довжини і від обсягу сердечника V :

$$L = \mu_0 n^2 V \quad (2), \text{ де } \mu_0 \text{ постійна.}$$

Підставивши в (1) вираз для L (2), отримуємо:

$$W = \frac{1}{2} \mu_0 n^2 V I^2 \quad (3)$$

Виведемо в (3) об'єм сердечника як $V = Sl$:

$$W = \frac{1}{2} \mu_0 n^2 I^2 Sl \quad (4)$$

Підставивши в (4) чисельні значення:

$$W = \frac{1}{2} \cdot 3.14 \cdot 10^{-7} (2 \cdot 10^3)^2 (0.5)^2 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \cdot 0.5 (\text{Дж}) = 1.26 \cdot 10^{-4} \text{ Дж} = 126 \text{ мкДж}$$

Приклад 9. В апараті для УВЧ-терапії використовується коливальний контур, що складається з повітряного конденсатора з площею пластин $S = 100$ см² кожна і котушки з індуктивністю $L = 10^{-5}$ Гн. Період електричних коливань в контурі $T = 10^{-7}$ с. Визначити відстань між пластинами конденсатора.

Розв'язок:

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \quad (1),$$

$$\Rightarrow C = \frac{T^2}{4\pi^2 L} \quad (2).$$

З іншого боку, ємність плоского конденсатора

$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d} \quad (3)$$

Прирівнюючи між собою праві частини рівностей, що виражають C , отримаємо

$$d = \frac{4\pi^2 \varepsilon_0 \varepsilon L S}{T^2} = \frac{4 \cdot 3.14^2 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-2}}{10^{-14}} = 3.5 \text{ мм}$$

Приклад 10. У магнітотерапевтичній машині використовується коливальний контур, що складається з котушки з індуктивністю $L = 2,5 \cdot 10^{-6}$ Гн і двох конденсаторів, з'єднаних між собою паралельно, ємністю $C = 5 \cdot 10^{-3}$ мкФ кожний. Визначити період T електричних коливань в контурі і довжину λ випромінюваних контуром електромагнітних хвиль.

Розв'язок:

Коливальний контур складається з котушки індуктивності L і двох конденсаторів, з'єднаних між собою паралельно, тому їх загальна ємність дорівнює сумі ємностей $C = 2C$, що з'єднуються конденсаторів. Тоді, користуючись формулою Томсона, отримаємо

$$T = 2\pi \sqrt{2LC} = 2 \cdot 3.14 \sqrt{2 \cdot 2.5 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^{-9}} = 10^{-6} \text{ с}$$

Відповідно до формули $\lambda = \nu T$, де $\nu = 3 \cdot 10^8$ м/с - швидкість поширення електромагнітних хвиль, T -період цих хвиль.

Так як період ЕМХ дорівнює періоду створюють електричних коливань, то $\lambda = \nu T = 3 \cdot 10^8 \cdot 10^{-6} = 300 \text{ м}$

Приклад 11. Доплерівській зсув частот при відбитті ультразвукового імпульсу від рухомих еритроцитів дорівнює 50 Гц. Частота випромінювання УЗ-сигналу дорівнює 10^5 Гц. Визначити швидкість кровотоку в судині.

Розв'язок:

Як відомо зсув частот при ефекті Доплера є зміна частоти УЗ-сигналу при відбитті від еритроцитів, тобто

$$\Delta \nu = \frac{2\nu_0}{\nu} \nu \quad (1)$$

где ν_0 – скорость кровотока, $\nu = 1500$ м/с – скорость распространения ультразвука в крови. Отсюда можно выразить скорость кровотока:

$$\nu_0 = \frac{\Delta \nu \cdot \nu}{2\nu} \quad (2)$$

Тут ν - частота випромінювання генератора, $\Delta \nu$ - частота сигналу, відбитого від еритроцитів, ν_0 - швидкість кровотоку, ν - швидкість поширення УЗ в крові

$$\text{Звідси легко знайти: } \nu_0 = \frac{50 \cdot 1500}{2 \cdot 10^5} = 0,375 \text{ м/с.}$$

Приклад 12. Доплерівській зсув частот при відображенні ультразвукового імпульсу від рухомих зі швидкістю $v_0 = 75$ см/с еритроцитів дорівнює $\Delta\nu = 50$ Гц. Визначити частоту випромінювання ультразвукового генератора.

Розв'язок:

Доплерівській зсув частот визначається виразом:

$$\Delta\nu = \frac{2v_0}{v} \nu, \quad (1)$$

Звідси можна вивести частоту:

$$\nu = \frac{\Delta\nu \cdot v}{2v_0} \quad (2)$$

Підставляючи чисельні значення величин, що входять в (2), отримаємо:

$$\nu = \frac{50 \cdot 1500}{2 \cdot 0,75} = 50 \text{ кГц.}$$

Приклад 13. На скільки відсотків зміниться частота ультразвуку при відбитті його від рухомих еритроцитів в артерії? Середню швидкість руху еритроцитів прийняти рівною $v_0 = 40$ см/с.

Розв'язок:

$$\Delta\nu = \frac{2v_0}{v} \nu$$

Тоді відносна зміна частоти ультразвукового сигналу, виражена в%, буде:

$$\frac{\Delta\nu}{\nu} = \frac{2v_0}{v} = \frac{2 \cdot 0,4}{1500} \cdot 100\% = 0,05\% .$$

Приклад 14. Які частоти зафіксує приймач ультразвуку в умові попередньої задачі, якщо частота генератора дорівнює $\nu = 1$ МГц? Розгляньте випадки руху крові до технічної системи і від неї.

Розв'язок:

$$\Delta\nu = \frac{2v_0}{v} \nu .$$

$$\Delta\nu = \frac{2 \cdot 0,4 \cdot 10^6}{1500} = 0,5333 \cdot 10^3 \text{ Гц.}$$

При русі крові до технічної системи буде зафіксований сигнал частотою $\nu + \Delta\nu = 1000533$ Гц. При русі крові в зворотному напрямку буде зафіксована частота $\nu - \Delta\nu = 999467$ Гц.