

**МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет: Стоматологічний
Кафедра фізіології та біофізики**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної роботи

Едуард БУРЯЧКІВСЬКИЙ

02 вересня 2024 року

**МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА
ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧА
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«БІОФІЗИКА З МЕДИЧНОЮ ІНФОРМАТИКОЮ»**

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Галузь знань: 22 «Охорона здоров'я»

Спеціальність: 222 «Стоматологія»

Освітньо-професійна програма: Стоматологія

Затверджено:

Засіданням кафедри фізіології та біофізики
Одеського національного медичного університету

Протокол № 1 від 26 серпня 2024 року

Завідувач кафедри



Леонід Годлевський

Розробники:

завідуючий кафедри, д.мед.н., проф. Годлевський Л.С.
завуч кафедри, магістр, ст.викл. Марченко С.В.

Самостійна робота № 1

Тема: Основи теорії ймовірності. Ймовірнісні процеси у медицині та біології.

Мета: Зрозуміти основні принципи теорії ймовірності та їхнє застосування для аналізу ймовірнісних процесів у медицині та біології, включаючи патерни поширення захворювань, генетичну варіабельність та випадковість біологічних процесів.

Основні поняття: ймовірність, випадкові події, незалежність подій, умовна ймовірність, розподіли ймовірності, центральна гранична теорема, закон великих чисел, статистичний аналіз.

Теоретичні питання

1. Визначте ймовірність як міру невизначеності події.
2. Опишіть принципи комбінаторики та їхнє застосування в обчисленні ймовірностей.
3. Які основні властивості ймовірностей?
4. Що таке умовна ймовірність та незалежність подій?
5. Як формулюється та використовується теорема Байєса?
6. Поясніть різницю між дискретними та неперервними розподілами ймовірності.
7. Як визначається математичне сподівання та дисперсія для випадкової величини?
8. Що таке нормальний розподіл і його значення в біології та медицині?
9. Поясніть, як центральна гранична теорема використовується для аналізу великих даних.
10. Як теорія ймовірності застосовується до вивчення генетичних хвороб?

Питання для самоконтролю

1. Як можна оцінити ймовірність успішного лікування захворювання?
2. Як можна використати умовну ймовірність для прогнозування побічних ефектів лікарських препаратів?
3. Проведіть аналіз ймовірності виникнення спадкової хвороби в певній сім'ї.
4. Як за допомогою теореми Байєса можна коригувати прогнози здоров'я на основі нової інформації?
5. Продемонструйте, як розподіл Пуассона може бути використаний для аналізу рідкісних подій, таких як випадки захворювання в маленькій популяції.
6. Як нормальний розподіл використовується для опису біологічних вимірів?
7. Розрахуйте дисперсію та стандартне відхилення для заданого набору даних медичних вимірів.
8. Обговоріть, як вибіркове середнє використовується для оцінки середнього значення у загальній популяції.
9. Як центральна гранична теорема допомагає в аналізі великих наборів даних?
10. Опишіть приклад використання дискретного розподілу ймовірності в медичних дослідженнях.

Перелік навчально-методичної літератури

Основна

1. Медична та біологічна фізика: підручник для студ. вищих мед. (фарм.) навч. заклад. / [О.В. Чалий, Я.В. Цехмістер, Б.Т. Агапов та ін.]; за ред. проф. О.В. Чалого. — Вид. 2-ге. — Вінниця: Нова Книга, 2017. — 528 с. — ISBN 978-966-382-608-0.

2. Physics in Biology and Medicine / Paul Davidovits. — 5th ed. — Academic Press (Elsevier), 2018. — ISBN 9780128137718.
3. Радіологія: підручник / С.Ю. Кравчук. — [Видавництво «Медицина»], 2019. — 296 с. — ISBN 978-617-505-744-5.

Додаткова

1. Медична та біологічна фізика: навч. посіб. / [В.П. Марценюк та ін.]. — Тернопіль: ТДМУ, 2012. — 303 с. — ISBN 978-966-673-193-0.
2. Медична фізика: Підручник. Т. 1. Динамічні і статистичні моделі / Л.А. Булаваїн, Л.Г. Гречко, Л.Б. Лерман, А.В. Чалий; за ред. Л.А. Булаваїна. — К.: ВПЦ «Київський університет», 2011. — 478 с.
3. Медична фізика: Підручник. Т. 2. Експеримент у медичній фізиці / Л.А. Булаваїн, О.Ю. Актан, Ю.Ф. Забашта та ін.; за ред. Л.А. Булаваїна. — К.: ВПЦ «Київський університет», 2011. — 312 с.
4. Тарновська А.В. Практикум з біофізики: навч. посіб. / А.В. Тарновська, М.Б. Галан, Н.П. Головчак, М.В. Бура, Д.І. Санагурський. — Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. — 182 с.
5. Intermediate Physics for Medicine and Biology / Russell K. Hobbie, Bradley J. Roth. — 5th ed. — Springer, 2015. — ISBN 978-3-319-12681-4.
6. Biophysics: An Introduction / Roland Glaser. — Springer, 2012.
7. Membrane Structural Biology with Biochemical and Biophysical Foundations / Mary Luckey. — 2nd ed. — Cambridge University Press, 2014.
8. Аналітичні методи досліджень. Спектроскопічні методи аналізу: теоретичні основи і методики / за ред. акад. НАН України та НААН України Д.О. Мельничука. — К.: ЦП «Компринт», 2016. — 289 с.

Інформаційні ресурси

1. <http://amphu.org> (Медична фізика в Україні).
2. <http://uamedphys.blogspot.com> (Книги з медичної фізики).
3. <http://iopscience.iop.org/0031-9155> (журнал «Physics in Medicine and Biology»).
4. <http://www.mednavigator.net> (медична пошукова система).
5. <https://physicsworld.com/c/medical-physics> (інформаційні ресурси медичної і біологічної фізики).
6. <http://iomnp.org> (Міжнародна організація медичної фізики).
7. <https://aapm.org/default.asp> (сайт Американської асоціації фізиків у медицині).
8. <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/journal/24734209> (журнал «Medical Physics»).
9. <https://efomp.org> (сайт Європейської федерації медичних фізиків).

Самостійна робота № 2

Тема: Обробка даних. Обробка медико-біологічних результатів спостережень та експериментів.

Мета: Опанувати підходи до збору та обробки результатів вимірювань у медико-біологічних дослідженнях; навчитися класифікувати вимірювання та похибки, обчислювати абсолютні/відносні/приведені похибки, оформлювати результат як інтервальну оцінку з надійною імовірністю; засвоїти базові методи аналізу спільних вимірювань (конттури, медіанні центри, МНК).

Основні поняття: вимірювання (прямі, посередні, сукупні, сумісні), похибки результатів і засобів вимірювань, інструментальні/методичні/основні/додаткові/експлуатаційні похибки, систематичні/дрейфові/випадкові похибки, промахи, абсолютна похибка δ , відносна похибка E , приведена похибка γ , нормуюче значення x_n , клас точності M , похибка округлення, похибка відліку ν , надійна імовірність α , коефіцієнт Стюдента $t(\alpha, n - 1)$, вибіркове середнє $\bar{x}$, стандартне відхилення s , півширина надійного інтервалу Δx , поширення похибок, метод контурів, метод медіанних центрів, метод найменших квадратів.

Теоретичні питання

1. Дайте означення вимірювання (у вузькому та широкому сенсі). Яка різниця між “визначити величину” та “оцінити похибку”?
2. Класифікуйте вимірювання: прямі, посередні, сукупні, сумісні. Для кожного типу наведіть медико-біологічний приклад.
3. Поясніть різницю між похибками результатів вимірювань і похибками засобів вимірювань. Чому ця межа історично “змішана” у термінах?
4. Охарактеризуйте інструментальні, методичні, основні, додаткові та експлуатаційні похибки. Що реально можна взяти з паспорта приладу, а що — ні?
5. Визначте систематичні, прогресуючі (дрейфові), випадкові похибки та промахи. Які ознаки відрізняють промах від великого випадкового відхилення?
6. Виведіть формули абсолютної, відносної та приведеної похибок: $\hat{\delta} = x - a$, $E = \frac{\delta}{x} 100\%$, $\gamma = \frac{\delta}{x_n} 100\%$. Поясніть фізичний сенс нормуючого значення x_n .
7. Що таке клас точності M ? Як змінюється інтерпретація M залежно від позначень на шкалі (без виділень, у колі, γ_k/γ_n)?
8. Поясніть похибки округлення та відліку. Чому для похибки відліку фігурують множники 0,5 та 0,2 ціни поділки?
9. Обґрунтуйте формулу $\Delta x = \alpha \nu$ для рівноймовірної похибки в інтервалі $[-\nu, \nu]$. Який тут сенс “надійної імовірності”?
10. Описати три режими обчислення Δx для прямих вимірювань (випадкова $\ll$ інструментальна; випадкова $\gg$ інструментальна; порівнянні). Чому в формулах з’являється t_∞ та $t(\alpha, n - 1)$?
11. Сформулюйте задачу посередніх вимірювань $U = f(x, y, z, \dots)$. Виведіть формули поширення похибок для ΔU та $E = \Delta U/\bar{U}$ через частинні похідні.
12. Поясніть ідею обробки спільних вимірювань $Y(X)$: метод контурів, метод медіанних центрів, необхідність статистичних методів при великій дифузності даних.
13. Запишіть постановку методу найменших квадратів для апроксимації $y = f(x, c_1, \dots, c_p)$: функціонал $\delta = \sum_{k=1}^n [y_k - f(x_k, c_1, \dots, c_p)]^2$ і умови мінімуму $\frac{\partial \delta}{\partial c_j} = 0$.

Питання для самоконтролю

1. Для заданого приладу поясніть, що саме означає запис класу точності на шкалі: якій похибці він відповідає і як з нього отримати δ .
2. Оцініть похибку відліку ν для двох випадків: (i) округлення до найближчої мітки; (ii) можливість оцінити на око десяти/п'яті частини поділки.
3. Наведіть приклад прямого вимірювання в медицині та перелічіть можливі складові похибки (інструментальна, випадкова, відліку). Яка з них домінує типово і чому?
4. Для ситуації “один вимір” (випадкова похибка $\ll$ інструментальна) запишіть формулу

$$\Delta x = x \sqrt{\left(t_{\infty} \frac{\delta}{3}\right)^2 + (\alpha \nu)^2},$$

і поясніть походження кожного доданка.

5. Для серії вимірювань (випадкова похибка $\gg$ інструментальна) поясніть сенс формули

$$\Delta x = t(\alpha, n-1) \frac{s}{\sqrt{n}}.$$

Яке статистичне припущення приховано у використанні коефіцієнта Стюдента?

6. Поясніть комбінований випадок:

$$\Delta x = \sqrt{\left(t_{\infty} \frac{\delta}{3}\right)^2 + \left(t(\alpha, n-1) \frac{s}{\sqrt{n}}\right)^2}.$$

Коли похибку відліку можна вважати частиною випадкової похибки?

7. Застосуйте правила округлення для запису остаточного результату $x = (\bar{x} \pm \Delta x)$ од. вим.: скільки значущих цифр залишають у похибці та як узгоджують розряди $\bar{x}$ і Δx .
8. Для посереднього вимірювання $U = f(x, y)$ поясніть, чому доцільно спершу подати $x = (\bar{x} \pm \Delta x)$, $y = (\bar{y} \pm \Delta y)$, а вже потім рахувати $\bar{U}$ і ΔU .
9. Виведіть спеціальні формули похибок для (i) суми $U = x + y + z + \dots$ та (ii) добутку/частки/степенів $U = x^l y^m z^n \dots$. Коли вигідніше працювати з абсолютною похибкою, а коли з відносною?
10. Для набору спільних вимірювань $Y(X)$ опишіть алгоритм: (i) побудова смуги розсіювання; (ii) контур; (iii) осьова лінія “на око”; (iv) перехід до медіанних центрів при великій дифузності.
11. Поясніть, як у МНК обирають форму $f(x, c_1, \dots, c_p)$ і що означає “аналітичне рівняння залежності” в контексті експериментальних даних.
12. Наведіть медико-біологічний приклад, де одна-дві аномальні точки логічно трактуються як промахи. Які критерії Ви б застосували до їх вилучення (без чисел, лише принципово)?

Перелік навчально-методичної літератури

Основна

1. Медична та біологічна фізика: підручник для студ. вищих мед. (фарм.) навч. заклад. / [О.В. Чалий, Я.В. Цехмістер, Б.Т. Агапов та ін.]; за ред. проф. О.В. Чалого. — Вид. 2-ге. — Вінниця: Нова Книга, 2017. — 528 с. — ISBN 978-966-382-608-0.
2. Physics in Biology and Medicine / Paul Davidovits. — 5th ed. — Academic Press (Elsevier), 2018. — ISBN 9780128137718.
3. Радіологія: підручник / С.Ю. Кравчук. — [Видавництво «Медицина»], 2019. — 296 с. — ISBN 978-617-505-744-5.

Додаткова

1. Медична та біологічна фізика: навч. посіб. / [В.П. Марценюк та ін.]. — Тернопіль: ТДМУ, 2012. — 303 с. — ISBN 978-966-673-193-0.
2. Медична фізика: Підручник. Т. 1. Динамічні і статистичні моделі / Л.А. Булаваїн, Л.Г. Гречко, Л.Б. Лерман, А.В. Чалий; за ред. Л.А. Булаваїна. — К.: ВПЦ «Київський університет», 2011. — 478 с.
3. Медична фізика: Підручник. Т. 2. Експеримент у медичній фізиці / Л.А. Булаваїн, О.Ю. Актан, Ю.Ф. Забашта та ін.; за ред. Л.А. Булаваїна. — К.: ВПЦ «Київський університет», 2011. — 312 с.
4. Тарновська А.В. Практикум з біофізики: навч. посіб. / А.В. Тарновська, М.Б. Галан, Н.П. Головчак, М.В. Бура, Д.І. Санагурський. — Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. — 182 с.
5. Intermediate Physics for Medicine and Biology / Russell K. Hobbie, Bradley J. Roth. — 5th ed. — Springer, 2015. — ISBN 978-3-319-12681-4.
6. Biophysics: An Introduction / Roland Glaser. — Springer, 2012.
7. Membrane Structural Biology with Biochemical and Biophysical Foundations / Mary Luckey. — 2nd ed. — Cambridge University Press, 2014.
8. Аналітичні методи досліджень. Спектроскопічні методи аналізу: теоретичні основи і методики / за ред. акад. НАН України та НААН України Д.О. Мельничука. — К.: ЦП «Компринт», 2016. — 289 с.

Інформаційні ресурси

1. <http://amphu.org> (Медична фізика в Україні).
2. <http://uamedphys.blogspot.com> (Книги з медичної фізики).
3. <http://iopscience.iop.org/0031-9155> (журнал «Physics in Medicine and Biology»).
4. <http://www.mednavigator.net> (медична пошукова система).
5. <https://physicsworld.com/c/medical-physics> (інформаційні ресурси медичної і біологічної фізики).
6. <http://iomnp.org> (Міжнародна організація медичної фізики).
7. <https://aapm.org/default.asp> (сайт Американської асоціації фізиків у медицині).
8. <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/journal/24734209> (журнал «Medical Physics»).
9. <https://efomp.org> (сайт Європейської федерації медичних фізиків).

Самостійна робота № 3

Тема: Механіка біосистем (обертовий рух, моменти сил, важелі, робота й потужність у суглобах).

Мета: Засвоїти кінематичні та динамічні характеристики обертового руху, навчитися оперувати моментом сили й умовами рівноваги, розрізняти типи важелів та їхню механічну перевагу; уміти застосовувати ці співвідношення для оцінки м'язових сил і навантажень у суглобах, а також розуміти базову схему перетворення біомеханічних вимірів у часові ряди та задачі оцінювання стану.

Основні поняття: кут повороту φ , кутова швидкість $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$, кутове прискорення $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$, момент сили $M = Fl$, плече сили l , умова рівноваги $\sum M = 0$, важіль, умова рівноваги важеля $F_1l_1 = F_2l_2$, механічна перевага $k = \frac{F_{\text{корисна}}}{F_{\text{прикладена}}} = \frac{l_{\text{прикладеної}}}{l_{\text{корисної}}}$, важелі I/II/III роду, момент інерції I , закон оберտальної динаміки $\sum M = I\varepsilon$, енергія обертання $E_{\text{об}} = \frac{I\omega^2}{2}$, робота $A = M\varphi$, потужність $N = M\omega$, часові ряди $\varphi_k = \varphi(t_k)$, модель вимірювання $y_k = Hx_k + \eta_k$, модель еволюції $x_{k+1} = Ax_k + \xi_k$.

Теоретичні питання

1. Дайте означення обертового руху. Які величини достатні для його опису в біомеханіці суглобів?
2. Поясніть зміст кутової швидкості та кутового прискорення. Запишіть їх означення через похідні $\varphi(t)$.
3. Виведіть та інтерпретуйте формулу моменту сили $M = Fl$. Чому саме плече сили, а не відстань до точки прикладання, є визначальним?
4. Сформулюйте умову рівноваги тіла, що обертається навколо осі: $\sum M = 0$. Поясніть, як враховують знак моменту (за/проти годинникової стрілки).
5. Дайте означення важеля. Виведіть умову рівноваги важеля $F_1l_1 = F_2l_2$ як наслідок $\sum M = 0$.
6. Поясніть механічну перевагу важеля. Виведіть співвідношення $k = \frac{l_{\text{прикладеної}}}{l_{\text{корисної}}}$ з рівноваги моментів.
7. Охарактеризуйте важелі I, II та III роду. Для кожного типу поясніть, що «виграється» (сила чи швидкість/амплітуда) на якій «ціні».
8. Розгляньте суглоб як вісь обертання. Як у спрощеній моделі переносяться сили м'язів та вага сегмента тіла у моменти сил відносно суглоба?
9. Сформулюйте закон оберտальної динаміки $\sum M = I\varepsilon$. Який фізичний сенс моменту інерції I у задачах руху кінцівок?
10. Запишіть формулу кінетичної енергії обертового руху $E_{\text{об}} = \frac{I\omega^2}{2}$. Які біомеханічні висновки дозволяє робити ця оцінка?
11. Виведіть формули роботи $A = M\varphi$ (за сталого M) та потужності $N = M\omega$. Поясніть, чому потужність є природним індикатором «інтенсивності» руху.
12. Поясніть представлення руху як дискретного часового ряду $t_k = k\Delta t$, $\varphi_k = \varphi(t_k)$. Які проблеми виникають при оцінюванні ω та ε з дискретних зашумлених даних?
13. Опишіть зміст моделей $y_k = Hx_k + \eta_k$ та $x_{k+1} = Ax_k + \xi_k$ для біомеханічних вимірювань. Які об'єкти тут є «даними», а які — «прихованими станами»?

Питання для самоконтролю

1. Для заданої схеми “суглоб—м’яз—вантаж” складіть рівняння моментів відносно осі суглоба й вкажіть, які сили дають додатні та від’ємні внески.
2. У задачі утримання кінцівки в сталому положенні поясніть, чому достатньо умови $\sum M = 0$ і які сили найчастіше домінують у сумі моментів.
3. Поясніть, як зміна точки прикладання м’язової сили (тобто плеча l) змінює необхідну силу F для рівноваги при незмінному моменті.
4. Для важеля III роду (передпліччя при згинанні) якісний висновок: чому потрібна велика м’язова сила, але забезпечується велика швидкість/амплітуда руху кисті?
5. Для схеми підйому на носки поясніть, чому конструкція подібна до важеля II роду та як це пов’язано з механічною перевагою.
6. Укажіть, що саме зміниться у рівняннях, якщо тіло переходить з рівноваги до руху з $\varepsilon \neq 0$: які умови замінюються на $\sum M = I\varepsilon$?
7. Обґрунтуйте, чому у формулі потужності $N = M\omega$ при сталому M зростання швидкості обертання прямо збільшує миттєву потужність.
8. Опишіть, як з виміряного φ_k будувати ознаки для аналізу руху: амплітуда, пікова ω , пікова ε , енергійні оцінки через $E_{\text{об}}$, роботу через A , потужність через N .
9. Поясніть роль похибок η_k у моделі $y_k = Hx_k + \eta_k$: як вони впливають саме на оцінювання похідних ω, ε , а не лише на φ .
10. Наведіть приклад, коли одна й та сама траєкторія $\varphi(t)$ може відповідати різним моментам $M(t)$ залежно від параметрів I та зовнішніх навантажень (якісно, без чисел).
11. Обговоріть, чому motion capture природно дає багатовимірні часові ряди та як це підсилює постановку задачі оцінювання стану (розширення x_k , оператор H).
12. Сформулюйте короткий алгоритм розв’язання типової задачі біомеханіки важеля: (i) вибір осі; (ii) плечі; (iii) моменти; (iv) знак; (v) рівновага або динаміка; (vi) інтерпретація результату для суглобового навантаження.

Перелік навчально-методичної літератури

Основна

1. Медична та біологічна фізика: підручник для студ. вищих мед. (фарм.) навч. заклад. / [О.В. Чалий, Я.В. Цехмістер, Б.Т. Агапов та ін.]; за ред. проф. О.В. Чалого. — Вид. 2-ге. — Вінниця: Нова Книга, 2017. — 528 с. — ISBN 978-966-382-608-0.
2. Physics in Biology and Medicine / Paul Davidovits. — 5th ed. — Academic Press (Elsevier), 2018. — ISBN 9780128137718.
3. Радіологія: підручник / С.Ю. Кравчук. — [Видавництво «Медицина»], 2019. — 296 с. — ISBN 978-617-505-744-5.

Додаткова

1. Медична та біологічна фізика: навч. посіб. / [В.П. Марценюк та ін.]. — Тернопіль: ТДМУ, 2012. — 303 с. — ISBN 978-966-673-193-0.
2. Медична фізика: Підручник. Т. 1. Динамічні і статистичні моделі / Л.А. Булаваїн, Л.Г. Гречко, Л.Б. Лерман, А.В. Чалий; за ред. Л.А. Булаваїна. — К.: ВПЦ «Київський університет», 2011. — 478 с.
3. Медична фізика: Підручник. Т. 2. Експеримент у медичній фізиці / Л.А. Булаваїн, О.Ю. Актан, Ю.Ф. Забашта та ін.; за ред. Л.А. Булаваїна. — К.: ВПЦ «Київський університет», 2011. — 312 с.
4. Тарновська А.В. Практикум з біофізики: навч. посіб. / А.В. Тарновська, М.Б. Галан, Н.П. Головачук, М.В. Бура, Д.І. Санагурський. — Львів: ЛНУ імені Івана Франка,

2011. — 182 с.
5. Intermediate Physics for Medicine and Biology / Russell K. Hobbie, Bradley J. Roth. — 5th ed. — Springer, 2015. — ISBN 978-3-319-12681-4.
 6. Biophysics: An Introduction / Roland Glaser. — Springer, 2012.
 7. Membrane Structural Biology with Biochemical and Biophysical Foundations / Mary Luckey. — 2nd ed. — Cambridge University Press, 2014.
 8. Аналітичні методи досліджень. Спектроскопічні методи аналізу: теоретичні основи і методики / за ред. акад. НАН України та НААН України Д.О. Мельничука. — К.: ЦП «Компринт», 2016. — 289 с.

Інформаційні ресурси

1. <http://amphu.org> (Медична фізика в Україні).
2. <http://uamedphys.blogspot.com> (Книги з медичної фізики).
3. <http://iopscience.iop.org/0031-9155> (журнал «Physics in Medicine and Biology»).
4. <http://www.mednavigator.net> (медична пошукова система).
5. <https://physicsworld.com/c/medical-physics> (інформаційні ресурси медичної і біологічної фізики).
6. <http://iomnp.org> (Міжнародна організація медичної фізики).
7. <https://aapm.org/default.asp> (сайт Американської асоціації фізиків у медицині).
8. <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/journal/24734209> (журнал «Medical Physics»).
9. <https://efomp.org> (сайт Європейської федерації медичних фізиків).

Самостійна робота № 4

Тема: Механічні хвилі. Акустика. Фізика слуху.

Мета: Засвоїти фізичні закономірності поширення механічних (звукових) хвиль у пружних середовищах, опанувати об'єктивні характеристики звуку (частота, тиск, інтенсивність) і їх логарифмічні шкали, зрозуміти механічні принципи роботи зовнішнього/середнього/внутрішнього вуха, а також базові підходи використання акустики та ультразвуку в медицині й у цифровій (інформатичній) обробці сигналів.

Основні поняття: механічна хвиля, плоска хвиля, гармонічні коливання, довжина хвилі λ , частота f , кутова частота ω , хвильове число k , швидкість поширення c , звуковий тиск p , швидкість коливань частинок v , густина ρ , інтенсивність I , p_{rms} , децибел, закон Вебера–Фехнера, резонатор «закрита трубка», трансформація тиску в середньому вусі, п'єзоефект, імпульсна локація $d = \frac{ct}{2}$, аудіометрія, аудіограма, тимпанометрія, акустична рефлексометрія, СВП, дискретизація, фільтрація, згортка.

Теоретичні питання

1. Дайте означення механічної хвилі як процесу перенесення збурення в пружному середовищі. Яка принципова відмінність між *перенесенням енергії* та *перенесенням речовини*?
2. Запишіть загальний вигляд гармонічної плоскої хвилі $\xi(x, t) = A \cos(\omega t - kx + \varphi_0)$. Поясніть фізичний зміст A, ω, k, φ_0 .
3. Виведіть зв'язок між ω, k та швидкістю поширення c :

$$c = \frac{\omega}{k}, \quad \lambda = \frac{2\pi}{k}, \quad f = \frac{\omega}{2\pi}, \quad c = \lambda f.$$

4. Поясніть, чому звук у газах і рідинах є переважно поздовжньою хвилею. Які величини коливаються у звуковій хвилі: тиск, густина, швидкість частинок?
5. Дайте означення звукового тиску p . Поясніть співвідношення для плоскої гармонічної хвилі

$$p = \rho c v,$$

де v — амплітуда швидкості коливань частинок середовища.

6. Дайте означення інтенсивності звуку як потоку енергії:

$$I = \frac{\Delta E}{\Delta t \Delta S}.$$

Поясніть векторний запис $\vec{I} = \overline{p \vec{v}}$ і зміст усереднення за період.

7. Для гармонічної плоскої хвилі поясніть формулу

$$I = \frac{p_{\text{rms}}^2}{\rho c}.$$

Як пов'язані амплітуда p_0 та діюче значення p_{rms} для синусоїди?

8. Поясніть, чому в акустиці застосовують логарифмічні шкали. Виведіть формулу рівня інтенсивності (у дБ):

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0}.$$

Який зміст I_0 як опорного рівня?

9. Визначте й поясніть різницю між *об'єктивними* (вимірюваними приладом) і *суб'єктивними* (пов'язаними зі сприйняттям) характеристиками звуку: висота, тембр, гучність.
10. Сформулюйте закон Вебера–Фехнера як логарифмічний зв'язок гучності з інтенсивністю:

$$\Phi = k \ln \frac{I}{I_0}.$$

Поясніть, чому для порівнянь часто вводять еталон 1 кГц.

11. Розгляньте зовнішній слуховий прохід як резонатор типу «закрита трубка». Виведіть основну резонансну умову

$$L \approx \frac{\lambda_1}{4} = \frac{c}{4f_1},$$

та поясніть, чому це підсилює чутливість у діапазоні $\sim 2\text{--}4$ кГц.

12. Опишіть роль середнього вуха як системи узгодження акустичних імпедансів «повітря $\rightarrow$ рідина». Поясніть трансформацію тиску

$$p_o \approx p \frac{S}{S_o} k,$$

і зміст величин S, S_o, k .

13. Опишіть принцип перетворення механічних коливань у нервовий сигнал у внутрішньому вусі: перилімфа/ендолімфа $\rightarrow$ базилярна мембрана $\rightarrow$ волоскові клітини (кортієв орган).
14. Дайте означення ультразвуку та поясніть, чому мала довжина хвилі підвищує просторову роздільну здатність і чутливість до меж середовищ.
15. Поясніть принцип п'єзоелектричних випромінювачів і приймачів (зворотний/прямий п'єзоэффект) як основу УЗД.
16. Для імпульсної ультразвукової локації виведіть формулу

$$d = \frac{ct}{2},$$

та поясніть походження множника $1/2$.

17. Охарактеризуйте аускультацию, перкусію, фонокардіографію як акустичні методи: що є сигналом, що є «каналом», що є діагностичними ознаками.
18. Поясніть базову ідею тональної аудіометрії та поняття кістково-повітряного інтервалу як симптому кондуктивної туговухості.
19. Сформулюйте принцип об'єктивних електрофізіологічних методів: слухові викликані потенціали (СВП), мала амплітуда сигналу, потреба багаторазового усереднення за латентним інтервалом.
20. Поясніть тимпанометрію як вимірювання акустичної провідності/імпедансу середнього вуха при зміні тиску в слуховому проході.
21. Поясніть оцифрування акустичного сигналу як дискретизацію в часі:

$$t_n = \frac{n}{f_s}, \quad x_n = x(t_n).$$

Яка умова на f_s потрібна, щоб уникати накладання спектрів (аліасингу)?

22. Поясніть зміст «енергетичної» ознаки дискретного сигналу:

$$E = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x_n^2.$$

За яких умов ця величина природно інтерпретується як оцінка гучності/потужності?

23. Поясніть лінійну фільтрацію як згортку (FIR-фільтр):

$$y_n = \sum_{m=0}^{M-1} h_m x_{n-m}.$$

Який фізичний/інформатичний зміст коефіцієнтів h_m ?

24. Опишіть подання аудіометрії як таблиці даних:

$$T_i = T(f_i), \quad i = 1, \dots, K,$$

та поясніть, як за цими даними будують аудіограму.

25. Поясніть ідею найпростішого правила підтримки рішення:

$$\text{якщо } T(f_i) > T(f_j), \quad \text{то є зниження слуху на частоті } f_i.$$

Які обмеження та ризики має «порогове» правило без додаткового контексту?

Питання для самоконтролю

1. Для гармонічної хвилі $\xi(x, t) = A \cos(\omega t - kx)$ вкажіть: фазу, фазову швидкість, умову сталості фази та з неї отримайте $c = \omega/k$.
2. Поясніть, як з формули $p = \rho c v$ впливає: при фіксованому v у «жорсткішому» середовищі (з більшим c) зростає p .
3. Виведіть (для синусоїди) зв'язок $p_{\text{rms}} = p_0/\sqrt{2}$ і підставте у $I = p_{\text{rms}}^2/(\rho c)$, щоб отримати інтенсивність через амплітуду p_0 .
4. Поясніть, чому збільшення інтенсивності в 10 разів дає зміну рівня на 10 дБ, а в 2 рази — на $10 \lg 2$ дБ.
5. Поясніть, чому «висота» переважно пов'язана з частотою основного тону, а «тембр» — зі спектральним складом (обертонами).
6. Для «закритої трубки» перелічіть резонансні моди (які кратності довжин хвиль допускаються) та які частоти будуть підсилюватися.
7. Поясніть, чому без середнього вуха значна частина енергії відбивалася б на межі «повітря–рідина» (узгодження імпедансів).
8. Для імпульсного УЗД поясніть: що вимірюється реально (час затримки), що обчислюється (відстань), і де саме входить припущення про c у тканині.
9. Опишіть, які параметри сигналу зручно виділяти в цифровій аускультатії: енергія, спектральні піки, смуги частот, тривалість, регулярність.
10. Поясніть сенс згортки $y_n = \sum h_m x_{n-m}$ як «ковзного зваженого підсумування». Який тип фільтра (низько-/високочастотний) очікується, якщо h_m усі додатні та сумуються в 1?
11. Складіть словесний алгоритм обробки аудіоданих: запис $\rightarrow$ дискретизація $\rightarrow$ фільтрація $\rightarrow$ спектральний аналіз $\rightarrow$ ознаки $\rightarrow$ порівняння з нормою $\rightarrow$ висновок.
12. Поясніть різницю між суб'єктивною аудіометрією (пороги за відповідями пацієнта) та об'єктивними методами (рефлекси, СВП, імпедансометрія) у термінах «джерела істини» для даних.

Перелік навчально-методичної літератури

Основна

1. Медична та біологічна фізика: підручник для студ. вищих мед. (фарм.) навч. заклад. / [О.В. Чалий, Я.В. Цехмістер, Б.Т. Агапов та ін.]; за ред. проф. О.В. Чалого. — Вид. 2-ге. — Вінниця: Нова Книга, 2017. — 528 с. — ISBN 978-966-382-608-0.

2. Physics in Biology and Medicine / Paul Davidovits. — 5th ed. — Academic Press (Elsevier), 2018. — ISBN 9780128137718.
3. Радіологія: підручник / С.Ю. Кравчук. — [Видавництво «Медицина»], 2019. — 296 с. — ISBN 978-617-505-744-5.

Додаткова

1. Медична та біологічна фізика: навч. посіб. / [В.П. Марценюк та ін.]. — Тернопіль: ТДМУ, 2012. — 303 с. — ISBN 978-966-673-193-0.
2. Медична фізика: Підручник. Т. 1. Динамічні і статистичні моделі / Л.А. Булаваїн, Л.Г. Гречко, Л.Б. Лерман, А.В. Чалий; за ред. Л.А. Булаваїна. — К.: ВПЦ «Київський університет», 2011. — 478 с.
3. Медична фізика: Підручник. Т. 2. Експеримент у медичній фізиці / Л.А. Булаваїн, О.Ю. Актан, Ю.Ф. Забашта та ін.; за ред. Л.А. Булаваїна. — К.: ВПЦ «Київський університет», 2011. — 312 с.
4. Тарновська А.В. Практикум з біофізики: навч. посіб. / А.В. Тарновська, М.Б. Галан, Н.П. Головчак, М.В. Бура, Д.І. Санагурський. — Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. — 182 с.
5. Intermediate Physics for Medicine and Biology / Russell K. Hobbie, Bradley J. Roth. — 5th ed. — Springer, 2015. — ISBN 978-3-319-12681-4.
6. Biophysics: An Introduction / Roland Glaser. — Springer, 2012.
7. Membrane Structural Biology with Biochemical and Biophysical Foundations / Mary Luckey. — 2nd ed. — Cambridge University Press, 2014.
8. Аналітичні методи досліджень. Спектроскопічні методи аналізу: теоретичні основи і методики / за ред. акад. НАН України та НААН України Д.О. Мельничука. — К.: ЦП «Компринт», 2016. — 289 с.

Інформаційні ресурси

1. <http://amphu.org> (Медична фізика в Україні).
2. <http://uamedphys.blogspot.com> (Книги з медичної фізики).
3. <http://iopscience.iop.org/0031-9155> (журнал «Physics in Medicine and Biology»).
4. <http://www.mednavigator.net> (медична пошукова система).
5. <https://physicsworld.com/c/medical-physics> (інформаційні ресурси медичної і біологічної фізики).
6. <http://iomnp.org> (Міжнародна організація медичної фізики).
7. <https://aapm.org/default.asp> (сайт Американської асоціації фізиків у медицині).
8. <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/journal/24734209> (журнал «Medical Physics»).
9. <https://efomp.org> (сайт Європейської федерації медичних фізиків).

Самостійна робота № 5

Тема: Механічні властивості твердих тіл і біотканин, механічні моделі кістки.

Мета: Засвоїти базові механічні характеристики твердих тіл і біотканин, типи деформацій та читання діаграм «напруження–деформація»; зрозуміти принципи побудови простих механічних моделей тканин (у т.ч. кістки) та те, як відповідні параметри фігурують у медичній інформатиці (дані, ознаки, пороги ризику, використання КТ).

Основні поняття: деформація (пружна/пластична), абсолютна та відносна деформації, напруження (нормальне/дотичне), закон Гука, модуль Юнга, коефіцієнт Пуассона, модуль зсуву, модуль об'ємної пружності, кручення, згин, діаграма деформації, межі (пропорційності/пружності/плинності/міцності), композит, анізотропія, в'язко-пружність, криві «напруження–деформація» як цифрові дані, параметри-ознаки, КТ-щільність як непряма механічна оцінка.

Теоретичні питання

1. Механічні властивості біологічних тканин: дайте визначення та поясніть відмінності між пружністю, жорсткістю, еластичністю, міцністю, пластичністю, крихкістю, в'язкістю та плинністю.
2. Деформація тіла: означення, приклади та фізичний зміст поділу на пружні й пластичні деформації.
3. Абсолютна та відносна деформації: що саме вимірюють і чому відносна деформація є базовою для порівняння зразків різних розмірів.
4. Напруження: означення; різниця між нормальним і дотичним напруженнями; які експериментальні величини лежать в основі обчислення напруження.
5. Закон Гука: формулювання, межі застосовності та інтерпретація модуля Юнга як параметра «жорсткості» в пружній області.
6. Поперечна деформація та коефіцієнт Пуассона: фізичний зміст знаку, типові значення для майже нестисливих біоматеріалів та наслідки для моделювання.
7. Основні геометричні типи деформацій: об'ємна, зсув, кручення, згин — механізми виникнення та характерні приклади в біомеханіці/медицині.
8. Всебічне стиснення: модуль об'ємної пружності та приклад інтерпретації через трансмуральний тиск у судинах.
9. Зсув: відносний зсув (кут зсуву) та модуль зсуву; у яких задачах біомеханіки зсувові деформації є критичними.
10. Кручення: які напруження виникають у круглому стрижні під дією крутного моменту; роль геометрії перерізу в опорі кручення; інтерпретація кута закручування.
11. Згин: нейтральна вісь і розподіл напружень по перерізу; як геометрія перерізу впливає на опір згину.
12. Діаграма «напруження–деформація» для металу: зміст основних ділянок (пропорційність, пружність, плинність, зміцнення, руйнування) та які параметри з неї визначають.
13. Діаграми деформації біотканин: типові відмінності від металів і які фізіологічні наслідки має характер руйнування та відсутність «класичної» ділянки загальної плинності.
14. Кісткова тканина як композит і як анізотропний матеріал: причини анізотропії та практичні наслідки для міцності при розтягу/стисненні.
15. Медико-інформаційний контекст: як криві «напруження–деформація» та їхні параметри перетворюють на цифрові ознаки (моніторинг, порівняння, правила ризику), і як КТ може слугувати джерелом непрямих механічних оцінок.

Питання для самоконтролю

1. Які з перелічених властивостей є переважно статичними, а які — динамічними (часозалежними)? Поясніть на прикладі.
2. Чому пластичність і крихкість не є «протилежностями» в математичному сенсі, хоча інтуїтивно часто протиставляються?
3. У чому практичний сенс нормування деформації на початковий розмір зразка?
4. Які величини Ви маєте виміряти в експерименті, щоб побудувати точки кривої «напруження–деформація»?
5. Чому модуль Юнга коректно порівнювати лише в межах пружної області, а не «на всій кривій»?
6. Які наслідки для моделювання має припущення «майже нестисливості» біотканини (великий коефіцієнт Пуассона)?
7. Чим принципово відрізняються навантаження «розтяг/стиск» і «зсув» з точки зору типу напружень?
8. Як якісно зміниться картина напружень при крученнях, якщо порівнювати точки біля осі та біля поверхні стрижня?
9. Що таке нейтральна вісь при згині та як за нею зрозуміти, де зразок «найближче» до руйнування?
10. Перелічіть щонайменше 3 характерні параметри, які можна зняти з діаграми деформації, і поясніть їхній фізичний зміст.
11. Чому для біотканин часто важливі не тільки «межі», а й форма кривої на малих деформаціях?
12. У чому відмінність механічної поведінки кістки при розтягу та при стисненні (якісно)?
13. Чому колагенові волокна можуть мати схожу форму кривої деформації з кісткою, але зовсім інші числові масштаби міцності?
14. Навіщо в даних виділяють анізотропні характеристики кістки (наприклад, окремо вздовж і впоперек)?
15. Яка логіка переходу «вимірювання/зображення → параметри → пороги ризику» у медичних інформаційних системах (опишіть як послідовність кроків)?

Перелік навчально-методичної літератури

Основна

1. Медична та біологічна фізика: підручник для студ. вищих мед. (фарм.) навч. заклад. / [О.В. Чалий, Я.В. Цехмістер, Б.Т. Агапов та ін.]; за ред. проф. О.В. Чалого. — Вид. 2-ге. — Вінниця: Нова Книга, 2017. — 528 с. — ISBN 978-966-382-608-0.
2. Physics in Biology and Medicine / Paul Davidovits. — 5th ed. — Academic Press (Elsevier), 2018. — ISBN 9780128137718.
3. Радіологія: підручник / С.Ю. Кравчук. — [Видавництво «Медицина»], 2019. — 296 с. — ISBN 978-617-505-744-5.

Додаткова

1. Медична та біологічна фізика: навч. посіб. / [В.П. Марценюк та ін.]. — Тернопіль: ТДМУ, 2012. — 303 с. — ISBN 978-966-673-193-0.
2. Медична фізика: Підручник. Т. 1. Динамічні і статистичні моделі / Л.А. Булаваїн, Л.Г. Гречко, Л.Б. Лерман, А.В. Чалий; за ред. Л.А. Булаваїна. — К.: ВПЦ «Київський університет», 2011. — 478 с.

3. Медична фізика: Підручник. Т. 2. Експеримент у медичній фізиці / Л.А. Булаваїн, О.Ю. Актан, Ю.Ф. Забашта та ін.; за ред. Л.А. Булаваїна. — К.: ВПЦ «Київський університет», 2011. — 312 с.
4. Тарновська А.В. Практикум з біофізики: навч. посіб. / А.В. Тарновська, М.Б. Галан, Н.П. Головчак, М.В. Бура, Д.І. Санагурський. — Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. — 182 с.
5. Intermediate Physics for Medicine and Biology / Russell K. Hobbie, Bradley J. Roth. — 5th ed. — Springer, 2015. — ISBN 978-3-319-12681-4.
6. Biophysics: An Introduction / Roland Glaser. — Springer, 2012.
7. Membrane Structural Biology with Biochemical and Biophysical Foundations / Mary Luckey. — 2nd ed. — Cambridge University Press, 2014.
8. Аналітичні методи досліджень. Спектроскопічні методи аналізу: теоретичні основи і методики / за ред. акад. НАН України та НААН України Д.О. Мельничука. — К.: ЦП «Компринт», 2016. — 289 с.

Інформаційні ресурси

1. <http://amphu.org> (Медична фізика в Україні).
2. <http://uamedphys.blogspot.com> (Книги з медичної фізики).
3. <http://iopscience.iop.org/0031-9155> (журнал «Physics in Medicine and Biology»).
4. <http://www.mednavigator.net> (медична пошукова система).
5. <https://physicsworld.com/c/medical-physics> (інформаційні ресурси медичної і біологічної фізики).
6. <http://iomnp.org> (Міжнародна організація медичної фізики).
7. <https://aapm.org/default.asp> (сайт Американської асоціації фізиків у медицині).
8. <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/journal/24734209> (журнал «Medical Physics»).
9. <https://efomp.org> (сайт Європейської федерації медичних фізиків).

Практичне заняття № 6

Тема: Біореологія. Біомеханіка роботи серця.

Мета: Зрозуміти фізичні принципи роботи серця та кровообігу; розглянути реологічні властивості крові та основні закономірності гемодинаміки; навчитися пов'язувати якісні моделі течії з вимірюваними гемодинамічними сигналами й показниками.

Основні поняття: біореологія, гемореологія, ідеальна/реальна рідина, в'язкість (динамічна/кінематична), текучість, ньютонівська/неньютонівська поведінка, ламінарна/турбулентна течія, число Рейнольдса, рівняння Бернуллі, рівняння неперервності, об'ємна витрата, формула Пуазейля, гідрравлічний опір, формула Стокса, ефективна в'язкість крові, гематокрит, агрегати еритроцитів, ефект Вареуса–Ліндквіста, пульсова хвиля, формула Моенса–Кортевега, серцевий викид, загальний периферійний опір, артеріальний тиск (систолічний/діастолічний/пульсовий), модель Франка, систола/діастола, робота серця, гемодинамічні дані (ЕКГ, PPG, доплер), сегментація циклів, контроль якості, тренди моніторингу.

Теоретичні питання

1. Дайте означення біореології та гемореології. Які задачі вони розв'язують у контексті кровообігу?
2. Порівняйте модель ідеальної рідини з реальною рідиною: які припущення робляться і які наслідки це має для опису кровотоку?
3. Поясніть фізичний зміст в'язкості як прояву внутрішнього тертя між шарами рідини.
4. Що таке ньютонівська рідина? Які фактори впливають на її в'язкість і від чого вона *не* залежить у ньютонівській моделі?
5. Що означає неньютонівська поведінка? Чому колоїдні суспензії та полімерні розчини часто є неньютонівськими?
6. Визначте ламінарну і турбулентну течії. Які якісні ознаки відрізняють ці режими?
7. Поясніть зміст числа Рейнольдса як критерію режиму течії: які параметри рідини та судини воно поєднує і чому?
8. Чому в нормі кровотік в артеріях переважно ламінарний, а турбулентність типово з'являється поблизу клапанів? Які наслідки турбулентності для енергетичних втрат?
9. Сформулюйте зміст рівняння Бернуллі та вкажіть умови його застосовності до потоків у біологічних системах.
10. Поясніть рівняння неперервності та закон незмінності витрати: що саме зберігається і чому у звуженнях швидкість зростає?
11. Сформулюйте зміст формули Пуазейля та поясніть, від яких параметрів найсильніше залежить витрата у ламінарній трубній течії.
12. Що таке гідрравлічний опір? Як і чому правила комбінування опорів для судинних “мереж” подібні до електричних кіл?
13. Поясніть фізичний зміст формули Стокса та умови її коректності. Чому для крові важливий режим малих чисел Рейнольдса в мікрмасштабі?
14. Кров як дисперсна система: з яких компонентів вона складається та що означає “ефективна в'язкість” крові? Які чинники її змінюють?
15. Пульсова хвиля: механізм виникнення, роль еластичності судин і сенс формули Моенса–Кортевега. Як пов'язані швидкість хвилі та “жорсткість” артерій?

Питання для самоконтролю

1. Чи можете Ви чітко пояснити різницю між “в'язкість” і “текучість” без формул, лише словами й прикладом?

2. Які біологічні середовища в наведеному матеріалі названі ближчими до ньютонівських, і чому це важливо для простих розрахунків?
3. Назвіть три причини, чому кров може поводитись інакше *in vivo*, ніж *in vitro*.
4. Які зміни в'язкості очікувані при анемії та при поліцитемії? Які гемодинамічні наслідки це може мати (якісно)?
5. Поясніть, що відбувається з агрегатами еритроцитів при збільшенні градієнта швидкості та при зменшенні діаметра судин.
6. У чому суть ефекту Вареуса–Ліндквіста і чому він особливо важливий для дрібних судин та капілярів?
7. Як змінюється профіль швидкості в судині від стінки до осі у в'язкій течії, і як це пов'язано з перерозподілом еритроцитів?
8. Поясніть сенс “плазмового пристінного шару” і чому він знижує тертя та змінює ефективну в'язкість потоку.
9. Якщо судина різко звужується, що Ви очікуєте зі швидкістю течії й тиском (якісно), якщо орієнтуватися на неперервність і Бернуллі?
10. Який параметр у Пуазейлівському описі найсильніше впливає на витрату: довжина, в'язкість чи радіус? Поясніть зміст цього для вазоконстрикції/вазодилатації.
11. Як Ви би якісно пояснили, чому турбулентність “невигідна” для серця з погляду енерговитрат?
12. Пульсова хвиля і кровотік — це одне й те саме чи різні явища? Сформулюйте різницю коротко і точно.
13. Дайте визначення серцевого викиду та загального периферійного опору. Як зміна опору впливає на викид за інших рівних умов?
14. Модель Франка: які елементи системи в ній вважаються “еластичними”, а які — “резистивними”? Яку роль відіграють систола і діастола в цій картині?
15. Які типи цифрових сигналів (ЕКГ, тиск, РРГ, доплер тощо) згадані в матеріалі, і які два-три основні кроки потрібні, щоб з сигналу отримати таблицю показників для медичного запису?

Перелік навчально-методичної літератури

Основна

1. Медична та біологічна фізика: підручник для студ. вищих мед. (фарм.) навч. заклад. / [О.В. Чалий, Я.В. Цехмістер, Б.Т. Агапов та ін.]; за ред. проф. О.В. Чалого. — Вид. 2-ге. — Вінниця: Нова Книга, 2017. — 528 с. — ISBN 978-966-382-608-0.
2. Physics in Biology and Medicine / Paul Davidovits. — 5th ed. — Academic Press (Elsevier), 2018. — ISBN 9780128137718.
3. Радіологія: підручник / С.Ю. Кравчук. — [Видавництво «Медицина»], 2019. — 296 с. — ISBN 978-617-505-744-5.

Додаткова

1. Медична та біологічна фізика: навч. посіб. / [В.П. Марценюк та ін.]. — Тернопіль: ТДМУ, 2012. — 303 с. — ISBN 978-966-673-193-0.
2. Медична фізика: Підручник. Т. 1. Динамічні і статистичні моделі / Л.А. Булаваїн, Л.Г. Гречко, Л.Б. Лерман, А.В. Чалий; за ред. Л.А. Булаваїна. — К.: ВПЦ «Київський університет», 2011. — 478 с.
3. Медична фізика: Підручник. Т. 2. Експеримент у медичній фізиці / Л.А. Булаваїн, О.Ю. Актан, Ю.Ф. Забашта та ін.; за ред. Л.А. Булаваїна. — К.: ВПЦ «Київський університет», 2011. — 312 с.

4. Тарновська А.В. Практикум з біофізики: навч. посіб. / А.В. Тарновська, М.Б. Галан, Н.П. Головчак, М.В. Бура, Д.І. Санагурський. — Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. — 182 с.
5. Intermediate Physics for Medicine and Biology / Russell K. Hobbie, Bradley J. Roth. — 5th ed. — Springer, 2015. — ISBN 978-3-319-12681-4.
6. Biophysics: An Introduction / Roland Glaser. — Springer, 2012.
7. Membrane Structural Biology with Biochemical and Biophysical Foundations / Mary Luckey. — 2nd ed. — Cambridge University Press, 2014.
8. Аналітичні методи досліджень. Спектроскопічні методи аналізу: теоретичні основи і методики / за ред. акад. НАН України та НААН України Д.О. Мельничука. — К.: ЦП «Компринт», 2016. — 289 с.

Інформаційні ресурси

1. <http://amphu.org> (Медична фізика в Україні).
2. <http://uamedphys.blogspot.com> (Книги з медичної фізики).
3. <http://iopscience.iop.org/0031-9155> (журнал «Physics in Medicine and Biology»).
4. <http://www.mednavigator.net> (медична пошукова система).
5. <https://physicsworld.com/c/medical-physics> (інформаційні ресурси медичної і біологічної фізики).
6. <http://iomnp.org> (Міжнародна організація медичної фізики).
7. <https://aapm.org/default.asp> (сайт Американської асоціації фізиків у медицині).
8. <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/journal/24734209> (журнал «Medical Physics»).
9. <https://efomp.org> (сайт Європейської федерації медичних фізиків).

Самостійна робота № 7

Тема: Термодинаміка. Термодинаміка біологічних систем.

Мета: Освоїти засади термодинаміки та її застосування до біологічних систем, включаючи опис енергетичних перетворень, термодинамічних потенціалів і ентропії у відкритих системах.

Основні поняття: термодинамічна система, стан, рівновага, тепло, робота, внутрішня енергія, ентальпія, енергія Гельмгольца, потенціал Гіббса, ентропія, термодинамічні потенціали, ізопроцеси, оборотність, відкриті системи, ентропійний баланс, хімічний потенціал, ентропійне виробництво, контрольний об'єм, вимірювання та похибка.

Теоретичні питання

1. Дайте означення термодинамічної системи, оточення та межі системи. Які бувають межі (теплопровідні/теплоізовані, проникні/непроникні для речовини)?
2. Поясніть, що таке термодинамічний стан і параметри стану. Чим відрізняються екстенсивні та інтенсивні величини (на ідеї адитивності/неадитивності)?
3. Дайте означення термодинамічної рівноваги. Які види рівноваги (теплова, механічна, хімічна) повинні виконуватися одночасно?
4. Класифікуйте системи за ступенем відкритості (ізована, закрита, відкрита) та наведіть по 1–2 приклади з біології/медицини.
5. Сформулюйте нульовий закон термодинаміки та поясніть, чому він дозволяє ввести температуру як параметр, що вирівнюється в тепловій рівновазі.
6. Сформулюйте перший закон термодинаміки (баланс енергії) та запишіть його у стандартній диференціальній формі для закритої системи; поясніть зміст членів «теплота» і «робота».
7. Поясніть, що означає «квазістатичний процес». Чому саме на квазістатичних процесах зручно вводити роботу стискування-розширення?
8. Сформулюйте другий закон термодинаміки в макроскопічній формі (через ентропію та напрям процесів). Що означає оборотність і чим вона відрізняється від необоротності?
9. Сформулюйте нерівність Клаузіуса словами та поясніть її наслідок для ізольованої системи.
10. Сформулюйте третій закон термодинаміки та поясніть його роль у встановленні «нульового рівня» ентропії.
11. Поясніть зміст фундаментального термодинамічного рівняння для системи зі змінним складом: які внески там з'являються, і що означає хімічний потенціал як «ціна» додавання компонента.
12. Поясніть, навіщо вводять термодинамічні потенціали (ентальпію, енергію Гельмгольца, потенціал Гіббса) і які зовнішні умови роблять кожен із них «природним» для опису.
13. Поясніть критерії самодовільності та рівноваги через потенціали: у яких умовах система «прагне» зменшити відповідний потенціал.
14. Дайте означення ізопроцесів (ізотермічний, ізобарний, ізохорний, адіабатний) та поясніть, що означає «ізоентропний» у контексті оборотної адіабати.
15. Поясніть мікроскопічний зміст ентропії через «кількість мікростанів» та ймовірнісну інтерпретацію через розподіл імовірностей (без докладних виведень).

Питання для самоконтролю

1. Визначте тип системи (ізолювана/закрита/відкрита) для: (i) термоса з рідиною; (ii) герметичної посудини з газом на нагрівачі; (iii) клітини в живильному середовищі; (iv) організму людини у спокої. Обґрунтуйте.
2. Наведіть приклади термодинамічних параметрів стану, які реально вимірюються в медицині (температура тіла, тиск, концентрації тощо), і приклади величин, які зазвичай оцінюють моделлю (потужність метаболізму, теплові втрати тощо).
3. Поясніть на прикладі, чому «теплота» і «робота» не є функціями стану, але внутрішня енергія є (і що це означає для циклів).
4. Сформулюйте перший закон для контрольного об'єму (відкритої системи) словами: які канали надходження/винесення енергії обов'язково з'являються, якщо є масообмін.
5. Поясніть, що саме вважають «внутрішнім виробництвом ентропії» у відкритій системі та чому воно не може бути від'ємним.
6. Опишіть ситуацію, коли ентропія відкритої системи може зменшуватися, і поясніть, який механізм робить це сумісним із другим законом для системи разом із середовищем.
7. Для кожного з режимів (сталий тиск; сталий об'єм; сталий тиск і температура; сталий об'єм і температура) вкажіть, який потенціал найзручніше застосовувати та чому (відповідь якісна, без виведень).
8. Наведіть приклад біохімічного процесу, для якого визначальним є знак зміни потенціалу Гіббса, та поясніть, як інтерпретувати «самодовільність/несамодовільність» у фізіологічних умовах.
9. Поясніть ідею спряження процесів: як реакція, що сама по собі не йде самодовільно, може відбуватися разом з іншою, яка «покриває» енергетичні витрати.
10. Розпишіть у вигляді короткого переліку, які дані потрібні, щоб кількісно описувати тепловий баланс людини (які сигнали/величини і з яких джерел).
11. Поясніть, навіщо у медичних даних потрібна модель вимірювання (сигнал, оператор вимірювання, похибка). Наведіть 2–3 типові причини, чому «цифра з датчика» може не дорівнювати фізичній величині.
12. Поясніть різницю між термодинамічною ентропією та «ентропією сигналу» в аналізі часових рядів. Які метадані обов'язково треба зберігати, щоб ентропійні індекси були відтвореними?
13. Опишіть, як у принципі з даних газообміну (споживання кисню та виділення вуглекислого газу) отримують оцінку енергетичного обміну; які типові проблеми даних треба контролювати (затримки, артефакти, синхронізація).
14. Сформулюйте, що означає «межа ефективності» в термодинамічному сенсі для біосистеми: які втрати є неминучими і як це пов'язують з необоротністю.
15. Складіть короткий протокол: які одиниці вимірювання і які умови виміру (час, режим, локація, контакт) Ви обов'язково вкажете, якщо зберігаєте температурний часовий ряд пацієнта в базі даних.

Перелік навчально-методичної літератури

Основна

1. Медична та біологічна фізика: підручник для студ. вищих мед. (фарм.) навч. заклад. / [О.В. Чалий, Я.В. Цехмістер, Б.Т. Агапов та ін.]; за ред. проф. О.В. Чалого. — Вид. 2-ге. — Вінниця: Нова Книга, 2017. — 528 с. — ISBN 978-966-382-608-0.
2. Physics in Biology and Medicine / Paul Davidovits. — 5th ed. — Academic Press (Elsevi-

- er), 2018. — ISBN 9780128137718.
3. Радіологія: підручник / С.Ю. Кравчук. — [Видавництво «Медицина»], 2019. — 296 с. — ISBN 978-617-505-744-5.

Додаткова

1. Медична та біологічна фізика: навч. посіб. / [В.П. Марценюк та ін.]. — Тернопіль: ТДМУ, 2012. — 303 с. — ISBN 978-966-673-193-0.
2. Медична фізика: Підручник. Т. 1. Динамічні і статистичні моделі / Л.А. Булаваїн, Л.Г. Гречко, Л.Б. Лерман, А.В. Чалий; за ред. Л.А. Булаваїна. — К.: ВПЦ «Київський університет», 2011. — 478 с.
3. Медична фізика: Підручник. Т. 2. Експеримент у медичній фізиці / Л.А. Булаваїн, О.Ю. Актан, Ю.Ф. Забашта та ін.; за ред. Л.А. Булаваїна. — К.: ВПЦ «Київський університет», 2011. — 312 с.
4. Тарновська А.В. Практикум з біофізики: навч. посіб. / А.В. Тарновська, М.Б. Галан, Н.П. Головчак, М.В. Бура, Д.І. Санагурський. — Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. — 182 с.
5. Intermediate Physics for Medicine and Biology / Russell K. Hobbie, Bradley J. Roth. — 5th ed. — Springer, 2015. — ISBN 978-3-319-12681-4.
6. Biophysics: An Introduction / Roland Glaser. — Springer, 2012.
7. Membrane Structural Biology with Biochemical and Biophysical Foundations / Mary Luckey. — 2nd ed. — Cambridge University Press, 2014.
8. Аналітичні методи досліджень. Спектроскопічні методи аналізу: теоретичні основи і методики / за ред. акад. НАН України та НААН України Д.О. Мельничука. — К.: ЦП «Компринт», 2016. — 289 с.

Інформаційні ресурси

1. <http://amphu.org> (Медична фізика в Україні).
2. <http://uamedphys.blogspot.com> (Книги з медичної фізики).
3. <http://iopscience.iop.org/0031-9155> (журнал «Physics in Medicine and Biology»).
4. <http://www.mednavigator.net> (медична пошукова система).
5. <https://physicsworld.com/c/medical-physics> (інформаційні ресурси медичної і біологічної фізики).
6. <http://iomnp.org> (Міжнародна організація медичної фізики).
7. <https://aapm.org/default.asp> (сайт Американської асоціації фізиків у медицині).
8. <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/journal/24734209> (журнал «Medical Physics»).
9. <https://efomp.org> (сайт Європейської федерації медичних фізиків).

Самостійна робота № 9

Тема: Електричне поле. Електричний струм. Електрофорез.

Мета: Засвоїти базові уявлення про електричне поле та електричний струм у речовині; зрозуміти фізичну сутність електрофорезу та типові напрями його застосування в біології, медицині й діагностичній аналітиці.

Основні поняття: електричне поле, напруженість поля, потенціал, силові лінії, електрична індукція, поляризація, енергія поля, електричний струм, напрям струму, густина струму, провідність, опір, е.р.с., джерела струму, електроліти, діелектрики, електрофорез, електрофоретична рухливість, електроосмос, гель-електрофорез, електрофореграма, артефакти вимірювання.

Теоретичні питання

1. Поясніть, що називають електричним полем і яка його роль у взаємодії зарядів.
2. Що таке напруженість електричного поля і як її інтерпретувати фізично.
3. Поясніть відмінність між електростатичним (потенціальним) полем і полем, що виникає через змінне магнітне поле (вихровим).
4. Опишіть поняття електричного потенціалу та різниці потенціалів; як вони пов'язані з роботою поля.
5. Що таке електрична індукція та поляризація середовища: який зміст має «відгук» речовини на поле.
6. Дайте якісне пояснення, що означає енергія електричного поля і від чого вона залежить.
7. Визначте електричний струм як впорядкований рух заряджених частинок; наведіть носії заряду в металах, електролітах і газах.
8. Чому домовлений напрям струму може не збігатися з напрямом руху електронів у металах.
9. Поясніть, що таке густина струму та чому вона є локальною характеристикою переносу заряду.
10. Розкрийте зміст провідності та опору: від чого вони залежать у реальних матеріалах і тканинах.
11. Що таке електрорушійна сила та «сторонні сили»; наведіть приклади фізичних джерел струму.
12. Опишіть основні види дії струму на речовину (теплова, хімічна, магнітна, біологічна) та умови, за яких вони проявляються.
13. Поясніть фізичну суть електрофорезу як керованого переносу заряджених частинок у полі.
14. Що таке електрофоретична рухливість: від яких властивостей частинки та середовища вона якісно залежить.
15. Чому гель або пориста матриця робить електрофорез селективним і дозволяє розділяти компоненти суміші.

Питання для самоконтролю

1. Як за якісними ознаками (описово) відрізнити в експерименті вплив поля від впливу дифузії під час переносу речовини?
2. Які фактори найбільше впливають на точність вимірювання біоелектричних сигналів (контакт електродів, шуми, рух, тощо) і як їх контролювати?

3. Поясніть, чому у біологічних тканинах вимірюваний струм може залежати від частоти сигналу навіть без зміни геометрії.
4. Опишіть, як Ви б перевірили коректність вимірювання струму та напруги у навчальному експерименті (перевірки, контрольні кроки, типові помилки).
5. Наведіть приклад, де зміна провідності тканини може бути діагностично значущою, і поясніть фізичну логіку такої індикації.
6. Як пояснити появу артефактів у записі ЕКГ з позиції фізики поля та вимірювального ланцюга?
7. Опишіть, які метадані обов'язково фіксувати для відтворюваності результатів електрофорезу (режим, середовище, час, температура, маркер тощо).
8. Поясніть, як перетворюють результат гел-електрофорезу на «дані»: що саме вимірюють у смугах (положення, інтенсивність, ширина) і що це означає.
9. Наведіть приклад застосування електрофорезу в клінічній аналітиці (білки сироватки, варіанти гемоглобіну, інше) і які висновки з цього роблять.
10. Опишіть, як у медичній практиці розмежувати «лабораторний результат» електрофорезу та його клінічну інтерпретацію (що є фактом, а що є трактуванням).
11. Поясніть, чому іонофорез/електрофоретична доставка речовин може давати різні результати на різних пацієнтах навіть за однакових налаштувань.
12. Сформулюйте базові вимоги до контролю якості даних у задачах: (а) ЕКГ; (б) електрофореграма/зображення гелю.
13. Як впливає температура на процеси струмопереносу та на електрофорез (на рівні причин, без обчислень)?
14. Опишіть план перевірки відтворюваності: що має збігатися між повторами електрофорезу, щоб Ви вважали результат надійним.
15. Наведіть приклад, де електричне поле використовується не для «вимірювання», а для «керування» процесом у біологічному середовищі, і поясніть чому це працює.

Перелік навчально-методичної літератури

Основна

1. Медична та біологічна фізика: підручник для студ. вищих мед. (фарм.) навч. заклад. / [О.В. Чалий, Я.В. Цехмістер, Б.Т. Агапов та ін.]; за ред. проф. О.В. Чалого. — Вид. 2-ге. — Вінниця: Нова Книга, 2017. — 528 с. — ISBN 978-966-382-608-0.
2. Physics in Biology and Medicine / Paul Davidovits. — 5th ed. — Academic Press (Elsevier), 2018. — ISBN 9780128137718.
3. Радіологія: підручник / С.Ю. Кравчук. — [Видавництво «Медицина»], 2019. — 296 с. — ISBN 978-617-505-744-5.

Додаткова

1. Медична та біологічна фізика: навч. посіб. / [В.П. Марценюк та ін.]. — Тернопіль: ТДМУ, 2012. — 303 с. — ISBN 978-966-673-193-0.
2. Медична фізика: Підручник. Т. 1. Динамічні і статистичні моделі / Л.А. Булаваїн, Л.Г. Гречко, Л.Б. Лерман, А.В. Чалий; за ред. Л.А. Булаваїна. — К.: ВПЦ «Київський університет», 2011. — 478 с.
3. Медична фізика: Підручник. Т. 2. Експеримент у медичній фізиці / Л.А. Булаваїн, О.Ю. Актан, Ю.Ф. Забашта та ін.; за ред. Л.А. Булаваїна. — К.: ВПЦ «Київський університет», 2011. — 312 с.
4. Тарновська А.В. Практикум з біофізики: навч. посіб. / А.В. Тарновська, М.Б. Галан, Н.П. Головачак, М.В. Бура, Д.І. Санагурський. — Львів: ЛНУ імені Івана Франка,

2011. — 182 с.
5. Intermediate Physics for Medicine and Biology / Russell K. Hobbie, Bradley J. Roth. — 5th ed. — Springer, 2015. — ISBN 978-3-319-12681-4.
 6. Biophysics: An Introduction / Roland Glaser. — Springer, 2012.
 7. Membrane Structural Biology with Biochemical and Biophysical Foundations / Mary Luckey. — 2nd ed. — Cambridge University Press, 2014.
 8. Аналітичні методи досліджень. Спектроскопічні методи аналізу: теоретичні основи і методики / за ред. акад. НАН України та НААН України Д.О. Мельничука. — К.: ЦП «Компринт», 2016. — 289 с.

Інформаційні ресурси

1. <http://amphu.org> (Медична фізика в Україні).
2. <http://uamedphys.blogspot.com> (Книги з медичної фізики).
3. <http://iopscience.iop.org/0031-9155> (журнал «Physics in Medicine and Biology»).
4. <http://www.mednavigator.net> (медична пошукова система).
5. <https://physicsworld.com/c/medical-physics> (інформаційні ресурси медичної і біологічної фізики).
6. <http://iomnp.org> (Міжнародна організація медичної фізики).
7. <https://aapm.org/default.asp> (сайт Американської асоціації фізиків у медицині).
8. <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/journal/24734209> (журнал «Medical Physics»).
9. <https://efomp.org> (сайт Європейської федерації медичних фізиків).

Самостійна робота № 10

Тема: Магнітне поле. Фізичні основи магнітобіології.

Мета: Закріпити базові закони магнітного поля; навчитися розрізняти магнітостатичні та індукційні ефекти; зрозуміти фізичні механізми взаємодії магнітних полів із провідними біосередовищами та магніточутливими об'єктами; сформувані коректний (не міфологічний) погляд на магнітну стимуляцію та магнітні методи діагностики.

Основні поняття: магнітна індукція, напруженість поля, магнітний потік, електромагнітна індукція, вихрове електричне поле, індуковані струми в тканинах, магнітний диполь, намагніченість, магнітна сприйнятливість, діаманетики/парамагнетики/феромагнетики, суперпарамагнітні наночастинки, магнітофорез, магнітогідродинамічний ефект, магнітна стимуляція, ЯМР/МРТ, артефакти вимірювань у магнітному полі.

Теоретичні питання

1. Як експериментально виявляють магнітне поле? На що воно діє безпосередньо, а на що ні?
2. Поясніть роль сили Лоренца: чому магнітний вплив проявляється саме для *рухомих* зарядів і струмів.
3. Який характер руху зарядженої частинки у рівномірному магнітному полі (якісно: форма траєкторії, що змінюється, а що зберігається)?
4. У чому різниця між магнітостатичним режимом та індукційним режимом? Яка ознака вказує, що індукція суттєва?
5. Що означає твердження «вихрове електричне поле» і чим воно відрізняється від електростатичного?
6. Назвіть головні джерела магнітного поля у магнітостатиці. Яка фізична ідея стоїть за законом Ампера та законом Біо–Савара?
7. Поясніть модель магнітного диполя. Як поле діє на диполь: орієнтація, стабільні/нестабільні положення.
8. Що таке намагніченість речовини і як вона пов'язана з мікроскопічними диполями?
9. Чим відрізняються діаманетики, парамагнетики та феромагнетики (за реакцією на поле)? Чому біотканини зазвичай «слабомагнітні»?
10. Що таке суперпарамагнітні наночастинки і чому вони зручні в біомедичних застосуваннях?
11. Поясніть фізичний механізм індукованих струмів у тканинах при змінному магнітному полі. Чому тут важливі швидкість зміни поля та геометрія області?
12. Що таке магнітогідродинамічний (МГД) ефект у провідній рідині? Як він може впливати на біопотенціали (наприклад, на ЕКГ) у сильному полі?
13. Поясніть принцип магнітофорезу: чому для перенесення магнітних частинок потрібен *градієнт* поля, а не просто «велике поле».
14. Який фізичний сенс поняття «магнітна стимуляція»? Який канал впливу є ключовим: саме поле чи індуковане ним електричне поле/струм?
15. У чому фізична ідея ЯМР/МРТ як методу: що саме «резонує», що саме вимірюється, і чому різні тканини дають різний контраст.

Питання для самоконтролю

1. Чому статичне магнітне поле саме по собі не «створює струм» у нерухомій тканині? За яких умов струми все ж з'являються?

2. Які чинники визначають величину індукованих струмів у біосередовищі: провідність тканин, швидкість зміни поля, розмір області, орієнтація?
3. Наведіть приклади, де в медицині важливий саме індукційний режим (а не магніто-статичний).
4. Наведіть приклади, де вплив зумовлений наявністю магніточутливих об'єктів (імплантати, частинки), а не властивостями тканини як такої.
5. Чому «лікувальні ефекти статичного магніту» без механізму індукції часто погано відокремлювані від нефізичних пояснень? (Дайте суто фізичну аргументацію: що саме може бути каналом взаємодії.)
6. Які артефакти можуть з'являтися при реєстрації біопотенціалів у магнітному полі (контакт, наведення, рух, МГД-компонента)?
7. Як експериментально (за логікою протоколу) відрізнити біологічний ефект стимуляції від артефакту вимірювання?
8. Чому магнітофорез є задачею «поле + градієнт + в'язке середовище»? Які фактори сповільнюють або блокують перенесення в тканинах?
9. Які ознаки вказують, що магнітні наночастинки поведуться як «керований агент», а не як пасивна домішка?
10. Поясніть, чому МРТ потребує строгих протоколів і метаданих (геометрія котушок, режими, часові параметри), інакше «дані» втрачають зміст.
11. Чому в магнітних методах важливо документувати положення та орієнтацію об'єкта відносно поля?
12. Які параметри/умови є критичними для безпечності магнітної стимуляції (з фізичного погляду: індуковані струми, локальний нагрів, імпульсні режими)?
13. Поясніть різницю між «впливом на заряд» і «впливом на диполь». У яких біоситуаціях що релевантніше?
14. Які умови роблять МГД-ефект помітним: сила поля, швидкість потоку, провідність рідини, геометрія відведень?
15. Складіть короткий чек-лист: які мінімальні дані треба зберегти, щоб результат магнітного експерименту був відтворюваним.

Перелік навчально-методичної літератури

Основна

1. Медична та біологічна фізика: підручник для студ. вищих мед. (фарм.) навч. заклад. / [О.В. Чалий, Я.В. Цехмістер, Б.Т. Агапов та ін.]; за ред. проф. О.В. Чалого. — Вид. 2-ге. — Вінниця: Нова Книга, 2017. — 528 с. — ISBN 978-966-382-608-0.
2. Physics in Biology and Medicine / Paul Davidovits. — 5th ed. — Academic Press (Elsevier), 2018. — ISBN 9780128137718.
3. Радіологія: підручник / С.Ю. Кравчук. — [Видавництво «Медицина»], 2019. — 296 с. — ISBN 978-617-505-744-5.

Додаткова

1. Медична та біологічна фізика: навч. посіб. / [В.П. Марценюк та ін.]. — Тернопіль: ТДМУ, 2012. — 303 с. — ISBN 978-966-673-193-0.
2. Медична фізика: Підручник. Т. 1. Динамічні і статистичні моделі / Л.А. Булаваїн, Л.Г. Гречко, Л.Б. Лерман, А.В. Чалий; за ред. Л.А. Булаваїна. — К.: ВПЦ «Київський університет», 2011. — 478 с.
3. Медична фізика: Підручник. Т. 2. Експеримент у медичній фізиці / Л.А. Булаваїн, О.Ю. Актан, Ю.Ф. Забашта та ін.; за ред. Л.А. Булаваїна. — К.: ВПЦ «Київський

- університет», 2011. — 312 с.
4. Тарновська А.В. Практикум з біофізики: навч. посіб. / А.В. Тарновська, М.Б. Галан, Н.П. Головчак, М.В. Бура, Д.І. Санагурський. — Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. — 182 с.
 5. Intermediate Physics for Medicine and Biology / Russell K. Hobbie, Bradley J. Roth. — 5th ed. — Springer, 2015. — ISBN 978-3-319-12681-4.
 6. Biophysics: An Introduction / Roland Glaser. — Springer, 2012.
 7. Membrane Structural Biology with Biochemical and Biophysical Foundations / Mary Luckey. — 2nd ed. — Cambridge University Press, 2014.
 8. Аналітичні методи досліджень. Спектроскопічні методи аналізу: теоретичні основи і методики / за ред. акад. НАН України та НААН України Д.О. Мельничука. — К.: ЦП «Компринт», 2016. — 289 с.

Інформаційні ресурси

1. <http://amphu.org> (Медична фізика в Україні).
2. <http://uamedphys.blogspot.com> (Книги з медичної фізики).
3. <http://iopscience.iop.org/0031-9155> (журнал «Physics in Medicine and Biology»).
4. <http://www.mednavigator.net> (медична пошукова система).
5. <https://physicsworld.com/c/medical-physics> (інформаційні ресурси медичної і біологічної фізики).
6. <http://iomnp.org> (Міжнародна організація медичної фізики).
7. <https://aapm.org/default.asp> (сайт Американської асоціації фізиків у медицині).
8. <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/journal/24734209> (журнал «Medical Physics»).
9. <https://efomp.org> (сайт Європейської федерації медичних фізиків).

Самостійна робота № 11

Тема: Оптика в медицині. Інтерференція та дифракція світла. Поляризоване світло в медичних дослідженнях.

Мета: Закріпити уявлення про хвильову оптику (інтерференція, дифракція, когерентність) і поляризаційні явища; навчитися пояснювати, які фізичні механізми формують оптичний контраст у тканинах; розуміти, як оптичні вимірювання перетворюються на медичні дані (зображення, часові ряди, параметричні карти) та які є типові артефакти і обмеження.

Основні поняття: хвильова й геометрична оптика, показник заломлення, відбиття та заломлення, когерентність, інтерференція, інтерферометр, дифракція, дифракційна межа розділення, числова апертура, пляма Ері, поляризація, параметри Стокса, деполаризація, двопроменезаломлення та фазова затримка, поглинання і розсіювання в тканинах, лазерне випромінювання, густина потоку енергії, флуенс, ОКТ, поляриметрія, поляризаційно-чутлива ОКТ.

Теоретичні питання

1. Чим геометрична оптика відрізняється від хвильової? Коли «промені» працюють добре, а коли ні?
2. Який фізичний сенс інтенсивності світла як вимірюваної величини? Які фактори роблять її залежною від середовища?
3. Поясніть роль показника заломлення: що саме він змінює в «поведінці» хвилі в середовищі.
4. Якісно опишіть поглинання: що означає спадання інтенсивності при поширенні в однорідному середовищі.
5. У чому сенс законів відбиття й заломлення для медичної оптики (межі тканин, рідина/повітря, скло/тканина тощо)?
6. Які фактори визначають енерговтрати на межі двох середовищ? Чому відбиття може різко зрости при певних кутах падіння?
7. Що таке когерентність і чому вона критична для інтерференційних методів?
8. Поясніть інтерференцію як перерозподіл інтенсивності. Яка роль різниці ходу/фази (якісно)?
9. Опишіть принцип інтерферометра Мікельсона: які елементи, що вважається «двома плечима», де виникає сигнал.
10. Чому низькокогерентна інтерферометрія дозволяє отримувати «глибину» (осьову локалізацію) у ОКТ?
11. Що таке дифракція і чому вона неминуча для реальних оптичних систем?
12. Поясніть дифракційну межу розділення: чому точка перетворюється на пляму (пляма Ері) і що це означає для мікроскопії.
13. Що таке числова апертура і як вона пов'язана зі світлозбором та роздільною здатністю?
14. Що таке поляризація і які типи поляризації розрізняють (лінійна, кругова, еліптична) на якісному рівні?
15. Чому тканини змінюють поляризацію: роль розсіювання (деполяризація) та анізотропії (двопроменезаломлення) і що з цього можна «зняти» як діагностичну інформацію.

Питання для самоконтролю

1. Чому один і той самий об'єкт може виглядати по-різному при зміні довжини хвилі освітлення (синє/червоне/ІЧ)?
2. Які типові джерела оптичного контрасту в тканинах: поглинання, розсіювання, флуоресценція, поляризаційні ефекти?
3. Що візуально робить розсіювання: «замилення», зниження контрасту, втрата різкості? Чому глибокі структури видно гірше?
4. У чому принципова різниця між «поверхневим відбиттям» і «сигналом із глибини»? Як зменшують поверхневий внесок?
5. Чому інтерференція може зникати при збільшенні різниці ходу? Як це пов'язано з реальним спектром джерела?
6. Як за логікою інтерферометра відрізнити внесок опорного плеча від внеску «плеча з тканиною»?
7. Наведіть приклад, коли інтерференція дає практичну вигоду в медицині (ОКТ, інтерференційна мікроскопія тощо) і поясніть механізм коротко.
8. Чому збільшення збільшення мікроскопа (кратності) не гарантує кращого розділення деталей?
9. Які фізичні кроки покращують роздільну здатність оптичної системи (якісно: коротша хвиля, більша апертура, інше середовище між об'єктивом і зразком)?
10. Чому поляризаційні методи можуть «пригнічувати» дзеркальні відбиття і підсилювати інформативний сигнал?
11. Які тканинні структури найчастіше дають двопроменезаломлення (приклади на рівні «волокна/упорядковані структури»)?
12. Для чого в реальних приладах вимірюють параметри, пов'язані зі Стоксом (якісно: опис стану поляризації та його зміни)?
13. Чим лазер відрізняється від «звичайної лампи» з точки зору когерентності та спрямованості, і які наслідки це має для діагностики/терапії?
14. Які ризики або обмеження є в оптичних методах (перегрів, фотохімічний ефект, засвітка, рухові артефакти, спекли, насичення детектора)?
15. Складіть короткий протокольний чек-лист: що потрібно зафіксувати (метадані), щоб оптичні дані були порівнюваними між сеансами та між пацієнтами.

Перелік навчально-методичної літератури

Основна

1. Медична та біологічна фізика: підручник для студ. вищих мед. (фарм.) навч. заклад. / [О.В. Чалий, Я.В. Цехмістер, Б.Т. Агапов та ін.]; за ред. проф. О.В. Чалого. — Вид. 2-ге. — Вінниця: Нова Книга, 2017. — 528 с. — ISBN 978-966-382-608-0.
2. Physics in Biology and Medicine / Paul Davidovits. — 5th ed. — Academic Press (Elsevier), 2018. — ISBN 9780128137718.
3. Радіологія: підручник / С.Ю. Кравчук. — [Видавництво «Медицина»], 2019. — 296 с. — ISBN 978-617-505-744-5.

Додаткова

1. Медична та біологічна фізика: навч. посіб. / [В.П. Марценюк та ін.]. — Тернопіль: ТДМУ, 2012. — 303 с. — ISBN 978-966-673-193-0.
2. Медична фізика: Підручник. Т. 1. Динамічні і статистичні моделі / Л.А. Булаваїн, Л.Г. Гречко, Л.Б. Лерман, А.В. Чалий; за ред. Л.А. Булаваїна. — К.: ВПЦ «Київський університет», 2011. — 478 с.

3. Медична фізика: Підручник. Т. 2. Експеримент у медичній фізиці / Л.А. Булаваїн, О.Ю. Актан, Ю.Ф. Забашта та ін.; за ред. Л.А. Булаваїна. — К.: ВПЦ «Київський університет», 2011. — 312 с.
4. Тарновська А.В. Практикум з біофізики: навч. посіб. / А.В. Тарновська, М.Б. Галан, Н.П. Головчак, М.В. Бура, Д.І. Санагурський. — Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. — 182 с.
5. Intermediate Physics for Medicine and Biology / Russell K. Hobbie, Bradley J. Roth. — 5th ed. — Springer, 2015. — ISBN 978-3-319-12681-4.
6. Biophysics: An Introduction / Roland Glaser. — Springer, 2012.
7. Membrane Structural Biology with Biochemical and Biophysical Foundations / Mary Luckey. — 2nd ed. — Cambridge University Press, 2014.
8. Аналітичні методи досліджень. Спектроскопічні методи аналізу: теоретичні основи і методики / за ред. акад. НАН України та НААН України Д.О. Мельничука. — К.: ЦП «Компринт», 2016. — 289 с.

Інформаційні ресурси

1. <http://amphu.org> (Медична фізика в Україні).
2. <http://uamedphys.blogspot.com> (Книги з медичної фізики).
3. <http://iopscience.iop.org/0031-9155> (журнал «Physics in Medicine and Biology»).
4. <http://www.mednavigator.net> (медична пошукова система).
5. <https://physicsworld.com/c/medical-physics> (інформаційні ресурси медичної і біологічної фізики).
6. <http://iomnp.org> (Міжнародна організація медичної фізики).
7. <https://aapm.org/default.asp> (сайт Американської асоціації фізиків у медицині).
8. <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/journal/24734209> (журнал «Medical Physics»).
9. <https://efomp.org> (сайт Європейської федерації медичних фізиків).

Самостійна робота № 12

Тема: Медична електроніка. Система отримання медичної інформації.

Мета: Закріпити розуміння того, як фізіологічна величина перетворюється на надійний вимірюваний електричний/цифровий сигнал; розрізняти вузли системи отримання медичної інформації та їх функції; знати базові класи датчиків, ключові вимоги до електродів і причини спотворень біосигналів; розуміти роль телеметрії, реєстрації та контролю якості даних.

Основні поняття: система отримання медичної інформації, ланцюг перетворення сигналу (датчик → підсилення/узгодження → фільтрація → оцифрування → запис/індикація), електроди, контактний опір, вхідний опір підсилювача, датчики (генераторні/параметричні), чутливість, діапазон, лінійність, стабільність, інерційність, похибки та завади, телеметрія/радіотелеметрія, реєстратор, аналогові/дискретні/комбіновані системи, багатоканальна реєстрація.

Теоретичні питання

1. Що таке медична електроніка в контексті клінічних вимірювань: які задачі вона виконує (вимірювання, перетворення, передавання, зберігання, інтерпретація)?
2. Поясніть ідею «ланцюга перетворень»: чому в медицині важливий не окремий прилад, а вся система від біосигналу до запису.
3. Розшифруйте функції вузлів структурної схеми МБІ: вхідний параметр → пристрій зйому → підсилювач/узгодження → перетворення/оцифрування → реєстрація → вихідні дані.
4. Наведіть приклади вхідних параметрів X і відповідних вихідних форм Y (число, графік, файл, індикація) для різних методів.
5. Що таке електроди та для чого вони потрібні у вимірюванні біопотенціалів і у фізіотерапії?
6. Які вимоги висувають до електродів і чому кожна з них впливає на якість даних?
7. Що таке «контактні» спотворення біосигналу: звідки беруться контактні потенціали, шум, нестабільність контакту?
8. Чому для біопотенціалів критично важливий високий вхідний опір підсилювача (якісно, без формул)?
9. Дайте визначення датчика. Чим первинний датчик відрізняється від наступних перетворювальних ланок?
10. Порівняйте генераторні й параметричні датчики: у чому принципова різниця і які типові приклади.
11. Які основні характеристики датчика: чутливість, діапазон, лінійність, стабільність, інерційність — що означає кожна «людською мовою»?
12. Поясніть, чому одна й та сама похибка може бути «дрібницею» в одному вимірі й катастрофою в іншому (залежність від масштабу сигналу).
13. Які типові причини похибок датчиків: температура, гістерезис, старіння, взаємодія з об'єктом, інерційність, зовнішні завади?
14. Що таке телеметрія і чим радіотелеметрія відрізняється від дротового підключення? Де це потрібно в медицині?
15. Поясніть різницю між пристроями відображення та реєстрації. Чому «побачити зараз» не дорівнює «мати дані для аналізу»?

Питання для самоконтролю

1. Складіть приклад повного ланцюга для ЕКГ: що є X , який пристрій зйому, що робить підсилювач, що означає оцифрування, який вигляд має Y .
2. Чому біопотенціали часто «слабкі» та легко «тонуть» у завадах? Які найтипівіші джерела завад у палаті/лабораторії?
3. Які наслідки має поганий контакт електрода зі шкірою для форми сигналу (дрейф, стрибки, шум, артефакти)?
4. Як Ви на практиці (принципово) зменшили б контактний опір і нестабільність електродів без зміни приладу?
5. Чому важливо «узгодити» датчик із підсилювачем? Що буде, якщо узгодження погане (якісно)?
6. Чим відрізняються артефакти, що йдуть від пацієнта (рух, м'язова активність), від артефактів апаратури (живлення, кабель, контакт)?
7. Які ознаки підказують, що проблема в реєстраторі/налаштуваннях, а не у фізіології (приклади ситуацій)?
8. Що означає «діапазон вимірювань» у клінічному сенсі: приклад, коли датчик «працює», але дані вже некоректні.
9. Поясніть, чому лінійність важлива для інтерпретації: як нелінійність породжує систематичні помилки.
10. Що таке дрейф нуля та дрейф чутливості? Як вони проявляються в довгих записах моніторингу?
11. Чому інерційність датчика може «вбити» швидкі процеси? Наведіть приклад процесу, де це критично.
12. Які переваги та ризики телеметрії (комфорт/мобільність/безпека vs втрати, перешкоди, затримки, синхронізація)?
13. Поясніть, чому багатоканальна реєстрація — це не просто «більше дротів», а вимоги до синхронності та якості каналів.
14. Наведіть приклади, коли аналоговий запис історично був корисний, але цифровий дає принципові переваги (повторний аналіз, фільтрація, архівування).
15. Складіть короткий чек-лист метаданих для будь-якого біосигналу: що обов'язково записати (частота дискретизації, фільтри, калібрування, умови контакту, час, положення пацієнта, конфігурація відведень тощо).

Перелік навчально-методичної літератури

Основна

1. Медична та біологічна фізика: підручник для студ. вищих мед. (фарм.) навч. заклад. / [О.В. Чалий, Я.В. Цехмістер, Б.Т. Агапов та ін.]; за ред. проф. О.В. Чалого. — Вид. 2-ге. — Вінниця: Нова Книга, 2017. — 528 с. — ISBN 978-966-382-608-0.
2. Physics in Biology and Medicine / Paul Davidovits. — 5th ed. — Academic Press (Elsevier), 2018. — ISBN 9780128137718.
3. Радіологія: підручник / С.Ю. Кравчук. — [Видавництво «Медицина»], 2019. — 296 с. — ISBN 978-617-505-744-5.

Додаткова

1. Медична та біологічна фізика: навч. посіб. / [В.П. Марценюк та ін.]. — Тернопіль: ТДМУ, 2012. — 303 с. — ISBN 978-966-673-193-0.
2. Медична фізика: Підручник. Т. 1. Динамічні і статистичні моделі / Л.А. Булаваїн,

- Л.Г. Гречко, Л.Б. Лерман, А.В. Чалий; за ред. Л.А. Булаваїна. — К.: ВПЦ «Київський університет», 2011. — 478 с.
3. Медична фізика: Підручник. Т. 2. Експеримент у медичній фізиці / Л.А. Булаваїн, О.Ю. Актан, Ю.Ф. Забашта та ін.; за ред. Л.А. Булаваїна. — К.: ВПЦ «Київський університет», 2011. — 312 с.
 4. Тарновська А.В. Практикум з біофізики: навч. посіб. / А.В. Тарновська, М.Б. Галан, Н.П. Головчак, М.В. Бура, Д.І. Санагурський. — Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. — 182 с.
 5. Intermediate Physics for Medicine and Biology / Russell K. Hobbie, Bradley J. Roth. — 5th ed. — Springer, 2015. — ISBN 978-3-319-12681-4.
 6. Biophysics: An Introduction / Roland Glaser. — Springer, 2012.
 7. Membrane Structural Biology with Biochemical and Biophysical Foundations / Mary Luckey. — 2nd ed. — Cambridge University Press, 2014.
 8. Аналітичні методи досліджень. Спектроскопічні методи аналізу: теоретичні основи і методики / за ред. акад. НАН України та НААН України Д.О. Мельничука. — К.: ЦП «Компринт», 2016. — 289 с.

Інформаційні ресурси

1. <http://amphu.org> (Медична фізика в Україні).
2. <http://uamedphys.blogspot.com> (Книги з медичної фізики).
3. <http://iopscience.iop.org/0031-9155> (журнал «Physics in Medicine and Biology»).
4. <http://www.mednavigator.net> (медична пошукова система).
5. <https://physicsworld.com/c/medical-physics> (інформаційні ресурси медичної і біологічної фізики).
6. <http://iomnp.org> (Міжнародна організація медичної фізики).
7. <https://aapm.org/default.asp> (сайт Американської асоціації фізиків у медицині).
8. <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/journal/24734209> (журнал «Medical Physics»).
9. <https://efomp.org> (сайт Європейської федерації медичних фізиків).

Самостійна робота № 13

Тема: Рентгенівське випромінювання в медицині.

Мета: Закріпити фізичні принципи утворення рентгенівського випромінювання, механізми взаємодії з тканиною, базову модель формування контрасту, чинники якості рентгенографічного зображення (контрастність, роздільна здатність, шум, розсіювання, геометрична нерізкість) та мінімально необхідні засади дозиметрії і радіаційного захисту в клінічній практиці.

Основні поняття: рентгенівська трубка; гальмівне та характеристичне випромінювання; $E_{\max} = eU$; $\lambda_{\min} = \frac{hc}{eU}$; експоненційне ослаблення $I(x) = I_0 e^{-\mu x}$; шар половинного ослаблення $x_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu}$; контрастність $C = \frac{S_1 - S_2}{S_2}$; геометричне збільшення $M = \frac{\text{SID}}{\text{SOD}}$; розсіювання; колімація; фільтрація; решітка Бакі-Поттера; цифрова рентгенографія; DICOM/PACS; КТ та проєкційний закон $-\ln(I/I_0) = \int \mu dl$; поглинута/еквівалентна/ефективна доза; закон обернених квадратів $I(r) \propto r^{-2}$.

Теоретичні питання

1. Дайте визначення рентгенівського випромінювання як електромагнітного випромінювання високої частоти. У чому полягає його проникна здатність та чому воно є іонізуючим?
2. Опишіть принцип роботи рентгенівської трубки: катод, анод, прискорення електронів напругою U , гальмування на мішені.
3. Поясніть різницю між гальмівним (неперервним) та характеристичним (лінійчатим) випромінюванням.
4. Виведіть (або обґрунтуйте) співвідношення $E_{\max} = eU$ та $\lambda_{\min} = \frac{hc}{eU}$; поясніть фізичний зміст цих меж.
5. Для чого застосовують фільтрацію рентгенівського пучка? Які кванти «відсікають» і чому це важливо з погляду дози та якості зображення?
6. Для чого застосовують колімацію? Як розмір поля опромінення впливає на розсіювання, контрастність і непотрібне опромінення?
7. Запишіть і поясніть закон ослаблення вузького пучка $I(x) = I_0 e^{-\mu x}$. Від чого залежить μ ?
8. Що таке шар половинного ослаблення $x_{1/2}$ і чому це практично корисний параметр? Як він пов'язаний з μ ?
9. Поясніть, як відмінність μ у різних тканинах перетворюється на контраст рентгенографічного зображення.
10. Дайте робоче визначення контрастності зображення через сигнали S_1, S_2 : $C = \frac{S_1 - S_2}{S_2}$. Які чинники роблять C меншим навіть за сталої анатомії?
11. Перелічіть і поясніть геометричні чинники якості: SOD, SID, розмір фокусної плями. Чому виникає пенумбра?
12. Поясніть геометричне збільшення $M = \frac{\text{SID}}{\text{SOD}}$: який виграш воно дає і яку «ціну» платить система з погляду нерізкості?
13. Що таке розсіювання в тканинах і чому воно зменшує контрастність (формує «вуаль» фону)?
14. Опишіть принцип дії решітки Бакі-Поттера: що вона пропускає, що поглинає, чому допомагає, і чому водночас може вимагати більшої експозиції.

15. Поясніть (мінімально) ідею КТ як реконструкції розподілу μ : чому вимірювана величина пов'язана з $-\ln(I/I_0) = \int \mu dl$?

Питання для самоконтролю

1. Якщо збільшити U , як зміняться $E_{\max}$ та $\lambda_{\min}$? Які наслідки це має для проникності та контрасту (якісно)?
2. Поясніть, чому низькоенергетичні фотони «погані» з погляду поверхневої дози, але «не дуже корисні» для формування сигналу на детекторі.
3. Якісно опишіть, як фільтрація змінює спектр: що відбувається з «м'якою» частиною пучка і чому пучок називають «жорсткішим».
4. Для експоненційного закону ослаблення поясніть зміст величини μ як «потужності» ослаблення: що означає велике μ і мале μ при фіксованому x .
5. Отримайте формулу $x_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu}$ з рівняння $I(x_{1/2}) = I_0/2$.
6. Дві ділянки мають різні μ та однакову товщину x . Запишіть відношення інтенсивностей I_1/I_2 через μ_1, μ_2 і поясніть, як із цього виникає контраст.
7. У якому випадку контраст зменшується навіть за великої різниці μ ? Назвіть мінімум три причини (розсіяння, шум/квантова статистика, геометрична нерізкість, детекторні обмеження).
8. Поясніть, чому розсіяння зростає при більшому полі опромінення і більшій товщині об'єкта; що саме на детекторі стає «гіршим».
9. Поясніть, коли решітка Бакі є доцільною, а коли її застосування може бути зайвим або шкідливим (з погляду експозиції/геометрії/ризiku артефактів).
10. Що таке «grid cutoff» (якісно): за яких геометричних помилок решітка починає відсікати первинний пучок і як це виглядає на знімку.
11. Сформулюйте компроміс: «контрастність проти експозиції» при використанні решітки. Чому «прибрати фон» інколи означає «додати випромінювання»?
12. Поясніть, як співвідношення SID і SOD впливає на M ; що буде з M , якщо наблизити об'єкт до трубки або віддалити детектор.
13. Назвіть три способи зменшити геометричну нерізкість без «чарів»: (i) зміна SOD/SID, (ii) менша фокусна пляма, (iii) контроль руху.
14. Перелічіть дозові величини D, H, E та напишіть зв'язки $H = w_R D$, $E = \sum_T w_T H_T$. Поясніть, навіщо вводять w_R і w_T .
15. Запишіть закон обернених квадратів $I(r) = I(r_0) \left(\frac{r_0}{r}\right)^2$ та поясніть, чому «відстань» є таким же інструментом захисту, як «екран» і «час».

Перелік навчально-методичної літератури

Основна

1. Медична та біологічна фізика: підручник для студ. вищих мед. (фарм.) навч. заклад. / [О.В. Чалий, Я.В. Цехмістер, Б.Т. Агапов та ін.]; за ред. проф. О.В. Чалого. — Вид. 2-ге. — Вінниця: Нова Книга, 2017. — 528 с. — ISBN 978-966-382-608-0.
2. Physics in Biology and Medicine / Paul Davidovits. — 5th ed. — Academic Press (Elsevier), 2018. — ISBN 9780128137718.
3. Радіологія: підручник / С.Ю. Кравчук. — [Видавництво «Медицина»], 2019. — 296 с. — ISBN 978-617-505-744-5.

Додаткова

1. Медична та біологічна фізика: навч. посіб. / [В.П. Марценюк та ін.]. — Тернопіль: ТДМУ, 2012. — 303 с. — ISBN 978-966-673-193-0.
2. Медична фізика: Підручник. Т. 1. Динамічні і статистичні моделі / Л.А. Булаваїн, Л.Г. Гречко, Л.Б. Лерман, А.В. Чалий; за ред. Л.А. Булаваїна. — К.: ВПЦ «Київський університет», 2011. — 478 с.
3. Медична фізика: Підручник. Т. 2. Експеримент у медичній фізиці / Л.А. Булаваїн, О.Ю. Актан, Ю.Ф. Забашта та ін.; за ред. Л.А. Булаваїна. — К.: ВПЦ «Київський університет», 2011. — 312 с.
4. Тарновська А.В. Практикум з біофізики: навч. посіб. / А.В. Тарновська, М.Б. Галан, Н.П. Головчак, М.В. Бура, Д.І. Санагурський. — Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. — 182 с.
5. Intermediate Physics for Medicine and Biology / Russell K. Hobbie, Bradley J. Roth. — 5th ed. — Springer, 2015. — ISBN 978-3-319-12681-4.
6. Biophysics: An Introduction / Roland Glaser. — Springer, 2012.
7. Membrane Structural Biology with Biochemical and Biophysical Foundations / Mary Luckey. — 2nd ed. — Cambridge University Press, 2014.
8. Аналітичні методи досліджень. Спектроскопічні методи аналізу: теоретичні основи і методики / за ред. акад. НАН України та НААН України Д.О. Мельничука. — К.: ЦП «Компринт», 2016. — 289 с.

Інформаційні ресурси

1. <http://amphu.org> (Медична фізика в Україні).
2. <http://uamedphys.blogspot.com> (Книги з медичної фізики).
3. <http://iopscience.iop.org/0031-9155> (журнал «Physics in Medicine and Biology»).
4. <http://www.mednavigator.net> (медична пошукова система).
5. <https://physicsworld.com/c/medical-physics> (інформаційні ресурси медичної і біологічної фізики).
6. <http://iomnp.org> (Міжнародна організація медичної фізики).
7. <https://aapm.org/default.asp> (сайт Американської асоціації фізиків у медицині).
8. <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/journal/24734209> (журнал «Medical Physics»).
9. <https://efomp.org> (сайт Європейської федерації медичних фізиків).

Самостійна робота № 14

Тема: Радіоактивність. Ядерна медицина.

Мета: Закріпити формалізм радіоактивних перетворень, закон розпаду та похідні величини (активність, період напіврозпаду, середній час життя), базові механізми взаємодії йонізуючого випромінювання з речовиною, принципи детектування та статистику рахунку, а також фізичні основи діагностики (сцинтиграфія/SPECT/PET) і терапії (інтегральна активність, дозовий підхід) у ядерній медицині разом із мінімумом радіаційної безпеки.

Основні поняття: нуклід ${}_Z^AX$; Q -значення $Q = (m_{\text{initial}} - m_{\text{final}})c^2$; розпади $\alpha, \beta^-, \beta^+, \text{EC}, \gamma$; закон розпаду $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$; $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$; активність $A(t) = \lambda N(t)$; $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$; $\tau = \frac{1}{\lambda}$; ослаблення $I(x) = I_0 e^{-\mu x}$; гальмівна здатність $S(E) = -\frac{dE}{dx}$; дози $D = \frac{dE}{dm}$, $H_T = w_R D_T$, $E = \sum_T w_T H_T$; детектори (сцинтиляційні/напівпровідникові/газорозрядні); пуассонівська статистика $P(n; \bar{n}) = \frac{\bar{n}^n e^{-\bar{n}}}{n!}$; принцип трасера; проєкційна модель $p(\theta, s) = \int f(\mathbf{r}) dl$; PET і лінія відповіді; компартментна модель $\frac{dC_i}{dt} = \sum_{j \neq i} k_{ji} C_j - \sum_{j \neq i} k_{ij} C_i - \lambda C_i$; інтегральна активність $\tilde{A} = \int_0^\infty A(t) dt$; дозова формула $D_T = \sum_S \tilde{A}_S S(T \leftarrow S)$; закон $I(r) \propto r^{-2}$.

Теоретичні питання

1. Поясніть зміст запису нукліда ${}_Z^AX$. Що означають Z і A ? Як визначають ізотопи?
2. Дайте визначення радіонукліда та радіоактивності як прояву ядерної нестійкості.
3. Запишіть та поясніть Q -значення: $Q = (m_{\text{initial}} - m_{\text{final}})c^2$. Який фізичний зміст знака Q ?
4. Запишіть реакцію α -розпаду ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-2}^{A-4}Y + {}_2^4\text{He}$ і поясніть, що змінюється в A та Z .
5. Запишіть β^- -розпад ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z+1}^AY + e^- + \bar{\nu}_e$ та поясніть роль нейтрино у збереженні енергії та імпульсу.
6. Запишіть β^+ -розпад ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-1}^AY + e^+ + \nu_e$. Який обов'язковий наслідок у речовині пов'язаний з e^+ ?
7. Запишіть електронне захоплення (ЕС) ${}_Z^AX + e^- \rightarrow {}_{Z-1}^AY + \nu_e$. Чому після ЕС можливі характеристичні рентгенівські кванти та/або Оже-електрони?
8. Запишіть γ -перехід ${}_Z^AX^* \rightarrow {}_Z^AX + \gamma$. Чому при цьому A і Z не змінюються?
9. Виведіть закон розпаду з рівняння $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$ та отримайте $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$.
10. Дайте визначення активності $A(t)$ і покажіть, що $A(t) = \lambda N(t) = A_0 e^{-\lambda t}$, де $A_0 = \lambda N_0$.
11. Виведіть формулу періоду напіврозпаду $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$ з умови $N(T_{1/2}) = N_0/2$.
12. Поясніть фізичний зміст середнього часу життя $\tau = \frac{1}{\lambda}$ та зв'язок між τ і $T_{1/2}$.
13. Запишіть експоненційний закон ослаблення вузького пучка $I(x) = I_0 e^{-\mu x}$ і поясніть зміст коефіцієнта μ .
14. Перелічіть механізми взаємодії γ -квантів з речовиною: фотоефект, комптонівське розсіювання, утворення пар. Якісно вкажіть, чому вибір механізму залежить від енергії.
15. Для заряджених частинок поясніть поняття гальмівної здатності $S(E) = -\frac{dE}{dx}$ і чому саме вона визначає локальність передачі енергії (LET).
16. Дайте означення поглинутої дози $D = \frac{dE}{dm}$ та поясніть, чим відрізняються D , $H_T = w_R D_T$ і $E = \sum_T w_T H_T$.

17. Опишіть принцип детектування у сцинтиляційних, напівпровідникових і газорозрядних детекторах (на рівні: «енергія $\rightarrow$ носії / світло $\rightarrow$ електричний імпульс»).
18. Поясніть принцип трасера в ядерній медицині: яку величину фактично реконструюють/оцінюють (просторово-часовий розподіл активності $A(\mathbf{r}, t)$).

Питання для самоконтролю

1. Для $\alpha, \beta^-, \beta^+, \text{ЕС}, \gamma$ вкажіть, як змінюються A та Z (таблично в тексті: « A змінюється/ні», « Z змінюється/ні», напрямом зміни).
2. Чому для β -розпадів в рівняннях обов'язково присутні ν_e або $\bar{\nu}_e$?
3. Поясніть, чому β^+ -джерела дають вихід на два γ -кванти при анігіляції; чому це корисно для PET.
4. Виведіть формулу, що зв'язує $A(t)$ з $N(t)$: $A(t) = -\frac{dN}{dt} = \lambda N(t)$.
5. Покажіть, що відношення $N(t)/N_0 = e^{-\lambda t}$ можна переписати через $T_{1/2}$ у вигляді $N(t) = N_0 2^{-t/T_{1/2}}$.
6. Якщо відомо $T_{1/2}$, виразіть λ та τ через $T_{1/2}$.
7. Для ослаблення $I(x) = I_0 e^{-\mu x}$ запишіть відношення $I(x_1)/I(x_2)$ і поясніть, як з нього видно роль різниці товщин.
8. Отримайте шар половинного ослаблення $x_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu}$ з умови $I(x_{1/2}) = I_0/2$.
9. Поясніть різницю між «поглинанням» і «розсіянням поза геометрією детектора» в сенсі ефективного μ .
10. Для пуассонівської статистики покажіть, що відносна похибка рахунку масштабується як $\frac{\sigma_n}{\bar{n}} = \frac{1}{\sqrt{\bar{n}}}$.
11. З попереднього пункту: чому збільшення часу вимірювання (за сталої швидкості рахунку) зменшує статистичний шум?
12. У моделі проєкцій $p(\theta, s) = \int f(\mathbf{r}) dl$ поясніть, що саме інтегрується і чому це «проєкційні дані».
13. Якісно поясніть, чим PET відрізняється від SPECT з геометричного погляду вимірювань (збіги/лінія відповіді проти колімованої проєкції).
14. Для компартментної моделі

$$\frac{dC_i}{dt} = \sum_{j \neq i} k_{ji} C_j - \sum_{j \neq i} k_{ij} C_i - \lambda C_i$$

поясніть зміст кожного члена: притік, відтік, фізичний розпад.

15. Доведіть простий наслідок: якщо немає обміну (усі $k_{ij} = 0$), то $C_i(t) = C_{i0} e^{-\lambda t}$.
16. Обчисліть інтегральну активність для чистого розпаду: якщо $A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$, то

$$\tilde{A} = \int_0^\infty A(t) dt = \frac{A_0}{\lambda}.$$

17. Поясніть сенс формули терапевтичного типу $D_T = \sum_S \tilde{A}_S S(T \leftarrow S)$: чому визначальною є *часова* інтегральна активність.
18. В радіаційному захисті поясніть одночасно три закони/ідеї: (i) $I(r) \propto r^{-2}$, (ii) ослаблення $I(x) = I_0 e^{-\mu x}$, (iii) роль часу як множника дози.

Перелік навчально-методичної літератури

Основна

1. Медична та біологічна фізика: підручник для студ. вищих мед. (фарм.) навч. заклад. / [О.В. Чалий, Я.В. Цехмістер, Б.Т. Агапов та ін.]; за ред. проф. О.В. Чалого. — Вид. 2-ге. — Вінниця: Нова Книга, 2017. — 528 с. — ISBN 978-966-382-608-0.
2. Physics in Biology and Medicine / Paul Davidovits. — 5th ed. — Academic Press (Elsevier), 2018. — ISBN 9780128137718.
3. Радіологія: підручник / С.Ю. Кравчук. — [Видавництво «Медицина»], 2019. — 296 с. — ISBN 978-617-505-744-5.

Додаткова

1. Медична та біологічна фізика: навч. посіб. / [В.П. Марценюк та ін.]. — Тернопіль: ТДМУ, 2012. — 303 с. — ISBN 978-966-673-193-0.
2. Медична фізика: Підручник. Т. 1. Динамічні і статистичні моделі / Л.А. Булаваїн, Л.Г. Гречко, Л.Б. Лерман, А.В. Чалий; за ред. Л.А. Булаваїна. — К.: ВПЦ «Київський університет», 2011. — 478 с.
3. Медична фізика: Підручник. Т. 2. Експеримент у медичній фізиці / Л.А. Булаваїн, О.Ю. Актан, Ю.Ф. Забашта та ін.; за ред. Л.А. Булаваїна. — К.: ВПЦ «Київський університет», 2011. — 312 с.
4. Тарновська А.В. Практикум з біофізики: навч. посіб. / А.В. Тарновська, М.Б. Галан, Н.П. Головачак, М.В. Бура, Д.І. Санагурський. — Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. — 182 с.
5. Intermediate Physics for Medicine and Biology / Russell K. Hobbie, Bradley J. Roth. — 5th ed. — Springer, 2015. — ISBN 978-3-319-12681-4.
6. Biophysics: An Introduction / Roland Glaser. — Springer, 2012.
7. Membrane Structural Biology with Biochemical and Biophysical Foundations / Mary Luckey. — 2nd ed. — Cambridge University Press, 2014.
8. Аналітичні методи досліджень. Спектроскопічні методи аналізу: теоретичні основи і методики / за ред. акад. НАН України та НААН України Д.О. Мельничука. — К.: ЦП «Компринт», 2016. — 289 с.

Інформаційні ресурси

1. <http://amphu.org> (Медична фізика в Україні).
2. <http://uamedphys.blogspot.com> (Книги з медичної фізики).
3. <http://iopscience.iop.org/0031-9155> (журнал «Physics in Medicine and Biology»).
4. <http://www.mednavigator.net> (медична пошукова система).
5. <https://physicsworld.com/c/medical-physics> (інформаційні ресурси медичної і біологічної фізики).
6. <http://iomnp.org> (Міжнародна організація медичної фізики).
7. <https://aapm.org/default.asp> (сайт Американської асоціації фізиків у медицині).
8. <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/journal/24734209> (журнал «Medical Physics»).
9. <https://efomp.org> (сайт Європейської федерації медичних фізиків).

Самостійна робота № 15

Тема: Передача інформації. Мережеві технології. Основи телемедицини.

Мета: Закріпити комунікаційну модель передавання повідомлень (відправник–канал–одержувач), роль шуму та носія, базові інформаційні міри для подій і повідомлень, а також принципи, формати та сфери застосування телемедицини (офф-лайн/он-лайн).

Основні поняття: відправник S , одержувач R , канал T ; сигнал s , шум n , суміш $m = s + n$; кількість інформації $I(p) = -\log_2 p$; ентропія $H = -\sum_i p_i \log_2 p_i$; телемедицина; телеконсультація офф-лайн/он-лайн; мережеві сервіси; протокол; пропускна здатність; затримка; надійність.

Теоретичні питання

1. Поясніть зміст моделі $S \rightarrow T \rightarrow R$. Які функції виконує кожний елемент?
2. Дайте визначення сигналу s та шуму n . Які типові джерела шуму виникають у медичних каналах?
3. Поясніть, чому модель $m = s + n$ є корисною, навіть якщо шум не є “білим”.
4. Дайте означення каналу зв’язку та носія повідомлення. Чим вони відрізняються?
5. Обґрунтуйте формулу $I(p) = -\log_2 p$. Чому $\log$ природно з’являється в адитивності?
6. Доведіть властивість адитивності: $I(pq) = I(p) + I(q)$.
7. Поясніть фізичний/інформаційний зміст граничних випадків $I(1) = 0$ та $\lim_{p \rightarrow 0^+} I(p) = +\infty$.
8. Дайте означення ентропії повідомлення $H = -\sum_i p_i \log_2 p_i$ та поясніть її інтерпретацію як “середньої” інформації.
9. Для двійкового випадку $p, 1 - p$ запишіть $H(p)$ і поясніть, де вона максимальна.
10. Визначте телемедицину як форму дистанційної взаємодії в охороні здоров’я. Які мінімальні умови потрібні для коректної телемедичної взаємодії?
11. Порівняйте офф-лайн (store-and-forward) і он-лайн (real-time) телемедичні сценарії: вимоги до якості каналу, синхронності, документування.
12. Опишіть основні напрямки застосування телемедицини: консультації, моніторинг, навчання, наукова взаємодія (з короткими прикладами).
13. Поясніть поняття “протокол” у мережах. Чому узгодження протоколів є принциповим?
14. Охарактеризуйте параметри якості каналу: пропускна здатність, затримка, джитер, втрата пакетів. Які з них критичні для відеоконсультацій?
15. Поясніть, як стандартизація форматів даних (структура, метадані) впливає на інтероперабельність у телемедицині.

Питання для самоконтролю

1. Упорядкуйте за зростанням інформації події з імовірностями $p_1 < p_2 < p_3$ (словесно через монотонність $I(p)$).
2. Для незалежних подій A, B поясніть, як з $P(A \cap B) = P(A)P(B)$ отримати адитивність інформації.
3. Запишіть ентропію двійкового джерела $H(p)$ і поясніть, чому $H(1) = H(0) = 0$.
4. Поясніть, чому при $p = \frac{1}{2}$ ентропія максимальна (якісно, без похідних).
5. Наведіть приклад медичного повідомлення, для якого корисна модель $m = s + n$, і вкажіть, що саме є s та n .
6. Сформулюйте 3 типові ризики, що підвищують шум/спотворення в телемедичному каналі, і як їх зменшують.

7. Розподіліть приклади за типом: офф-лайн чи он-лайн (телерадіологія, відеоконсультація, передача ЕКГ для відкладеного аналізу).
8. Поясніть, чому для офф-лайн сценарію критичні метадані (час, автор, пристрій, контекст).
9. Для відеоконсультації поясніть, чому затримка та джитер можуть бути важливішими за пропускну здатність після певного порога.
10. Наведіть приклад, коли підвищення пропускну здатності не покращує якість сервісу через інший “вузький” елемент системи.
11. Поясніть, що означає “надійність доставки” в мережевому сенсі та чому вона важлива для юридично значущих повідомлень.
12. Сформулюйте мінімальний перелік даних, які мають супроводжувати телемедичний запис, щоб його можна було інтерпретувати.
13. Поясніть різницю між “конфіденційністю” та “цілісністю” інформації в телемедичних каналах.
14. Наведіть приклад “технологічної” та “організаційної” перешкоди впровадження телемедицини.
15. Складіть короткий чек-лист із 5 пунктів для підготовки пацієнта та лікаря до он-лайн консультації (функціонально, без нормативних цитат).

Перелік навчально-методичної літератури

Основна

1. Медична інформатика: підручник для студентів медичних ВНЗ / за ред. В.Г. Книгавка. — Харків: ХНМУ, 2015. — 240 с.
2. Медична інформатика: навчальний посібник для студентів медичних університетів / В.Г. Книгавко, О.В. Зайцева, М.А. Бондаренко, Л.В. Батюк, О.С. Рукін. — Харків: ХНМУ, 2019. — 65 с.
3. Інформаційні технології в медицині. E-health: підручник / [Є.Б. Радзішевська, О.В. Висоцька]; за ред. В.Г. Книгавка. — Харків: ХНМУ, 2019. — 72 с.
4. Biomedical Informatics: An Introduction to Information Systems and Software in Medicine and Health / David J. Lubliner. — Boca Raton: CRC Press (Taylor & Francis), 2015. — ISBN 978-1-4665-9620-7.
5. Health Information Management Technology: An Applied Approach / Nanette B. Sayles. — 5th ed. — AHIMA Press, 2016. — 686 p. — ISBN 978-1-58426-517-7.
6. Health Information: Management of a Strategic Resource / Mervat Abdelhak, Mary Alice Hanken, Elayne J. Jacobs. — 5th ed. — Elsevier Saunders, 2015. — 800 p. — ISBN 978-0-323-26348-1.
7. Автоматизована лапароскопічна діагностика стану печінки / А.В. Ляшенко, М.Р. Баязітов, Л.С. Годлевський та ін. // Досягнення біології та медицини. — 2016. — № 2. — С. 34–38.
8. Інформаційно-технічна система автоматизованої лапароскопічної діагностики / А.В. Ляшенко, М.Р. Баязітов, Л.С. Годлевський та ін. // Радіoeлектроніка, інформатика, управління. — 2016. — № 4. — С. 90–96.

Додаткова

1. Biomedical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine / Edward H. Shortliffe, James J. Cimino (eds.). — 4th ed. — Springer, 2014. — ISBN 978-1-4471-4473-1.

2. Автоматизована комп'ютерна діагностика апендициту під час лапароскопічного втручання / Д.М. Баязітов та ін. // Клінічна хірургія. — 2017. — № 8 (904). — С. 21–23.
3. Бузиновський А.Б. Ефективність рішень в лапароскопічній хірургії залежно від методів їх прийняття // Досягнення біології і медицини. — 2017. — № 1 (29). — С. 57–62.
4. Коротка В.О. Основи медичної інформатики: навч. посібник. — Львів: КЗВО ЛОР «Львівська медична академія імені Андрея Крупинського», 2023. — 89 с.
5. Мінцер О.П. Інформатика та охорона здоров'я // Медична інформатика та інженерія. — 2010. — № 2. — С. 8–21.
6. Реєстрація, обробка та контроль біомедичних електронних сигналів: навч. посібник / В. Вуйцік, З.Ю. Готра, О.З. Готра та ін. — Львів: Ліга-Прес, 2009. — 308 с.

Інформаційні ресурси

1. <https://www.hl7.org> (HL7 International: стандарти обміну медичними даними).
2. <https://www.openehr.org> (openEHR: архетипи та моделі ЕМК).
3. <https://www.snomed.org> (SNOMED CT: клінічна термінологія).
4. <https://loinc.org> (LOINC: коди лабораторних досліджень).
5. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov> (PubMed / NLM).
6. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov> (NCBI).
7. <https://www.himss.org> (HIMSS: матеріали з цифрової медицини та ЕМК).

Самостійна робота № 16

Тема: Комп'ютерні дані: типи даних, обробка та управління. Якість даних.

Мета: Закріпити класифікацію медичних даних (кількісні, якісні, порядкові), властивості якості даних (точність, коректність, повнота), логіку етапів обробки даних, а також базові принципи організації зберігання та доступу.

Основні поняття: кількісні, якісні, порядкові дані; точність; коректність; повнота; узгодженість; вибірка; описова статистика; структура запису; метадані; журналювання; валідація; агрегування; репрезентація.

Теоретичні питання

1. Дайте означення кількісних даних і наведіть 3 приклади з медицини.
2. Дайте означення якісних (номінальних) даних і наведіть 3 приклади.
3. Дайте означення порядкових (рангових) даних і наведіть 3 приклади.
4. Поясніть, чому порядкові дані не мають коректної “метрики” різниці без додаткових припущень.
5. Дайте означення *точності* даних. Чи може точний запис бути непотрібним?
6. Дайте означення *коректності* даних. Чи може коректний запис бути неточним?
7. Поясніть відмінність між коректністю та узгодженістю в наборі даних (внутрішні суперечності).
8. Поясніть поняття повноти даних та пропусків. Які пропуски є “випадковими”, а які “систематичними” (якісно)?
9. Опишіть базові стадії обробки даних: збір → очищення → перетворення → аналіз → звіт.
10. Поясніть роль метаданих (час, джерело, умови вимірювання) у клінічній інтерпретації.
11. Дайте означення валідації даних та наведіть приклади правил валідації (діапазони, формат, логічні залежності).
12. Поясніть поняття агрегування та зменшення розмірності даних (логічно, без чисельних методів).
13. Поясніть різницю між “сирими” даними та “параметрами/ознаками”, отриманими з даних.
14. Поясніть, що таке журналювання (audit trail) і навіщо воно потрібне в медицині.
15. Поясніть, як помилки введення (людський фактор) трансформуються в статистичні спотворення висновків.

Питання для самоконтролю

1. Наведіть приклад: дані точні, але некоректні. Поясніть механізм виникнення.
2. Наведіть приклад: дані коректні, але неточні. Поясніть, чому це можливо.
3. Наведіть приклад: дані коректні поодиночі, але неузгоджені в сукупності.
4. Для порядкової шкали (наприклад, “легкий–середній–тяжкий”) поясніть, чому середнє арифметичне може бути безмістовним.
5. Складіть мінімальні правила валідації для запису “артеріальний тиск” (формат, діапазон, логічні зв'язки).
6. Складіть мінімальні правила валідації для запису “температура тіла”.
7. Запропонуйте схему метаданих для одного лабораторного аналізу (5–7 полів).
8. Перелічіть 5 типових причин пропусків у медичних даних та класифікуйте їх як організаційні/технічні/клінічні.

9. Поясніть, як відсутність часу вимірювання може зламати інтерпретацію динаміки стану.
10. Запропонуйте 3 приклади агрегованих показників, які можна отримати з ряду вимірювань (словесно).
11. Поясніть, чому надмірна деталізація даних може погіршувати керованість системи (парадоксально, але реально).
12. Наведіть приклад ситуації, де “очищення” даних може випадково видалити саме клінічно важливі “аномалії”.
13. Опишіть коротко, як би Ви організували контроль версій для клінічного запису (що змінюється, як фіксується).
14. Сформулюйте 5 пунктів чек-листа перед статистичним аналізом даних (повнота, коректність, узгодженість тощо).
15. Наведіть приклад, як помилка кодування категорій (номінальних даних) може створити фальшиві закономірності.

Перелік навчально-методичної літератури

Основна

1. Медична інформатика: підручник для студентів медичних ВНЗ / за ред. В.Г. Книгавка. — Харків: ХНМУ, 2015. — 240 с.
2. Медична інформатика: навчальний посібник для студентів медичних університетів / В.Г. Книгавко, О.В. Зайцева, М.А. Бондаренко, Л.В. Батюк, О.С. Рукін. — Харків: ХНМУ, 2019. — 65 с.
3. Інформаційні технології в медицині. E-health: підручник / [Є.Б. Радзішевська, О.В. Вищоцька]; за ред. В.Г. Книгавка. — Харків: ХНМУ, 2019. — 72 с.
4. Biomedical Informatics: An Introduction to Information Systems and Software in Medicine and Health / David J. Lubliner. — Boca Raton: CRC Press (Taylor & Francis), 2015. — ISBN 978-1-4665-9620-7.
5. Health Information Management Technology: An Applied Approach / Nanette B. Sayles. — 5th ed. — AHIMA Press, 2016. — 686 p. — ISBN 978-1-58426-517-7.
6. Health Information: Management of a Strategic Resource / Mervat Abdelhak, Mary Alice Hanken, Elayne J. Jacobs. — 5th ed. — Elsevier Saunders, 2015. — 800 p. — ISBN 978-0-323-26348-1.
7. Автоматизована лапароскопічна діагностика стану печінки / А.В. Ляшенко, М.Р. Баязітов, Л.С. Годлевський та ін. // Досягнення біології та медицини. — 2016. — № 2. — С. 34–38.
8. Інформаційно-технічна система автоматизованої лапароскопічної діагностики / А.В. Ляшенко, М.Р. Баязітов, Л.С. Годлевський та ін. // Радіоелектроніка, інформатика, управління. — 2016. — № 4. — С. 90–96.

Додаткова

1. Biomedical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine / Edward H. Shortliffe, James J. Cimino (eds.). — 4th ed. — Springer, 2014. — ISBN 978-1-4471-4473-1.
2. Автоматизована комп'ютерна діагностика апендициту під час лапароскопічного втручання / Д.М. Баязітов та ін. // Клінічна хірургія. — 2017. — № 8 (904). — С. 21–23.
3. Бузиновський А.Б. Ефективність рішень в лапароскопічній хірургії залежно від методів їх прийняття // Досягнення біології і медицини. — 2017. — № 1 (29). — С. 57–62.

4. Коротка В.О. Основи медичної інформатики: навч. посібник. — Львів: КЗВО ЛОР «Львівська медична академія імені Андрея Крупинського», 2023. — 89 с.
5. Мінцер О.П. Інформатика та охорона здоров'я // Медична інформатика та інженерія. — 2010. — № 2. — С. 8–21.
6. Реєстрація, обробка та контроль біомедичних електронних сигналів: навч. посібник / В. Вуйцік, З.Ю. Готра, О.З. Готра та ін. — Львів: Ліга-Прес, 2009. — 308 с.

Інформаційні ресурси

1. <https://www.hl7.org> (HL7 International: стандарти обміну медичними даними).
2. <https://www.openehr.org> (openEHR: архетипи та моделі ЕМК).
3. <https://www.snomed.org> (SNOMED CT: клінічна термінологія).
4. <https://loinc.org> (LOINC: коди лабораторних досліджень).
5. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov> (PubMed / NLM).
6. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov> (NCBI).
7. <https://www.himss.org> (HIMSS: матеріали з цифрової медицини та ЕМК).

Самостійна робота № 17

Тема: Бази даних і СУБД у медицині. Моделі даних та архітектури доступу.

Мета: Закріпити поняття бази даних і СУБД, порівняння архітектур доступу (локальна, файл-сервер, клієнт-сервер), принципи проектування БД, а також основні моделі даних (ієрархічна, мережева, реляційна) з акцентом на цілісність та запити.

Основні поняття: база даних; СУБД; схема; сутність; атрибут; зв'язок; ключ; зовнішній ключ; цілісність; нормалізація; транзакція; конкурентний доступ; індекс; запит; ієрархічна/мережева/реляційна модель.

Теоретичні питання

1. Дайте означення бази даних та поясніть, чим БД відрізняється від набору файлів.
2. Дайте означення СУБД і перелічіть її базові функції (зберігання, доступ, цілісність, безпека, резервування).
3. Поясніть поняття “схема БД” та “екземпляр БД”. У чому їх принципова різниця?
4. Поясніть терміни: сутність, атрибут, зв'язок, домен.
5. Поясніть поняття первинного ключа та зовнішнього ключа.
6. Поясніть, що таке обмеження цілісності (entity integrity, referential integrity) та навіщо вони потрібні.
7. Порівняйте файл-серверну та клієнт-серверну архітектури: де виконується обробка запитів і чому це важливо.
8. Поясніть поняття транзакції та властивості типу “атомарність” і “узгодженість” (словесно).
9. Поясніть, чому конкурентний доступ у медичних системах є базовою вимогою, а не “опцією”.
10. Поясніть роль індексів: що вони прискорюють і чим за це “платять”.
11. Охарактеризуйте ієрархічну модель даних: структура, сильні/слабкі сторони.
12. Охарактеризуйте мережеву модель даних: що саме вона узагальнює порівняно з ієрархічною.
13. Охарактеризуйте реляційну модель: таблиці, кортежі, атрибути, відношення.
14. Поясніть, що таке нормалізація і яку проблему вона розв'язує.
15. Поясніть різницю між структурованими даними та текстовими полями у медицині: що з ними складніше робити в БД?

Питання для самоконтролю

1. Побудуйте мінімальний набір таблиць для системи “Пацієнт–Візит–Лікар–Призначення” (словесно: назви та атрибути).
2. Вкажіть первинні ключі для кожної таблиці та зовнішні ключі між таблицями.
3. Сформулюйте 5 прикладів обмежень цілісності для цієї схеми (діапазони, обов'язковість, посилальна цілісність).
4. Поясніть, що піде не так, якщо дозволити “візит без пацієнта” з погляду аналітики та звітності.
5. Складіть приклад запиту (словесно), який витягує всі візити пацієнта за період, і вкажіть, які таблиці потрібні.
6. Поясніть, як би Ви індексували таблиці, щоб прискорити попередній запит.
7. Наведіть приклад, де надмірність даних породжує суперечності (дублювання адреси/діагнозу).

8. Сформулюйте, які саме дублювання Ви б усунули нормалізацією у наведеному прикладі.
9. Поясніть, чому файл-серверна схема погіршується при зростанні кількості користувачів (логіка мережевого трафіку).
10. Наведіть приклад транзакції в ЕМК: які кроки мають бути “все або нічого”?
11. Поясніть, як журнал транзакцій допомагає відновленню після збою.
12. Наведіть приклад конфлікту конкурентного доступу та поясніть, яку помилку він може спричинити.
13. Сформулюйте, які поля в медичних записах найчастіше потребують аудиту змін, і чому.
14. Наведіть приклад, коли ієрархічна модель зручна (деревоподібна структура), і приклад, коли вона незручна (багато-до-багатьох).
15. Опишіть мінімальний набір ролей доступу до БД в медичній системі (лікар, медсестра, адміністратор, пацієнт) і що кожен має бачити.

Перелік навчально-методичної літератури

Основна

1. Медична інформатика: підручник для студентів медичних ВНЗ / за ред. В.Г. Книгавка. — Харків: ХНМУ, 2015. — 240 с.
2. Медична інформатика: навчальний посібник для студентів медичних університетів / В.Г. Книгавко, О.В. Зайцева, М.А. Бондаренко, Л.В. Батюк, О.С. Рукін. — Харків: ХНМУ, 2019. — 65 с.
3. Інформаційні технології в медицині. E-health: підручник / [Є.Б. Радзішевська, О.В. Висоцька]; за ред. В.Г. Книгавка. — Харків: ХНМУ, 2019. — 72 с.
4. Biomedical Informatics: An Introduction to Information Systems and Software in Medicine and Health / David J. Lubliner. — Boca Raton: CRC Press (Taylor & Francis), 2015. — ISBN 978-1-4665-9620-7.
5. Health Information Management Technology: An Applied Approach / Nanette B. Sayles. — 5th ed. — AHIMA Press, 2016. — 686 p. — ISBN 978-1-58426-517-7.
6. Health Information: Management of a Strategic Resource / Mervat Abdelhak, Mary Alice Hanken, Elayne J. Jacobs. — 5th ed. — Elsevier Saunders, 2015. — 800 p. — ISBN 978-0-323-26348-1.
7. Автоматизована лапароскопічна діагностика стану печінки / А.В. Ляшенко, М.Р. Баязітов, Л.С. Годлевський та ін. // Досягнення біології та медицини. — 2016. — № 2. — С. 34–38.
8. Інформаційно-технічна система автоматизованої лапароскопічної діагностики / А.В. Ляшенко, М.Р. Баязітов, Л.С. Годлевський та ін. // Радіоелектроніка, інформатика, управління. — 2016. — № 4. — С. 90–96.

Додаткова

1. Biomedical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine / Edward H. Shortliffe, James J. Cimino (eds.). — 4th ed. — Springer, 2014. — ISBN 978-1-4471-4473-1.
2. Автоматизована комп'ютерна діагностика апендициту під час лапароскопічного втручання / Д.М. Баязітов та ін. // Клінічна хірургія. — 2017. — № 8 (904). — С. 21–23.
3. Бузиновський А.Б. Ефективність рішень в лапароскопічній хірургії залежно від методів їх прийняття // Досягнення біології і медицини. — 2017. — № 1 (29). — С. 57–62.

4. Коротка В.О. Основи медичної інформатики: навч. посібник. — Львів: КЗВО ЛОР «Львівська медична академія імені Андрея Крупинського», 2023. — 89 с.
5. Мінцер О.П. Інформатика та охорона здоров'я // Медична інформатика та інженерія. — 2010. — № 2. — С. 8–21.
6. Реєстрація, обробка та контроль біомедичних електронних сигналів: навч. посібник / В. Вуйцік, З.Ю. Готра, О.З. Готра та ін. — Львів: Ліга-Прес, 2009. — 308 с.

Інформаційні ресурси

1. <https://www.hl7.org> (HL7 International: стандарти обміну медичними даними).
2. <https://www.openehr.org> (openEHR: архетипи та моделі ЕМК).
3. <https://www.snomed.org> (SNOMED CT: клінічна термінологія).
4. <https://loinc.org> (LOINC: коди лабораторних досліджень).
5. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov> (PubMed / NLM).
6. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov> (NCBI).
7. <https://www.himss.org> (HIMSS: матеріали з цифрової медицини та ЕМК).

Самостійна робота № 18–19

Тема: Аналіз біосигналів. Методи обробки біосигналів. Аналого-цифрове перетворення.

Мета: Закріпити класифікацію біосигналів (детерміновані/стохастичні, стаціонарні/нестаціонарні), етапи обробки (реєстрація → перетворення → виділення параметрів → інтерпретація), модель сигнал+шум, а також принципи дискретизації та квантування при аналого-цифровому перетворенні.

Основні поняття: біосигнал; детермінований/стохастичний; стаціонарний/нестаціонарний; періодичний/квазіперіодичний/неперіодичний/швидкоплинний; точковий процес; модель $x(t) = s(t) + n(t)$; фільтрація; параметри/ознаки; класифікація; дискретизація; частота дискретизації f_s ; квантування; теорема Найквіста–Шеннона.

Теоретичні питання

1. Дайте означення біосигналу та наведіть приклади електричних, механічних і хімічних біосигналів.
2. Опишіть чотири стадії аналізу біосигналів: реєстрація, перетворення, обчислення параметрів, інтерпретація.
3. Поясніть, чому практична мета обробки біосигналів часто полягає у зменшенні даних до кількох параметрів.
4. Поясніть зміст моделі $x(t) = s(t) + n(t)$. Що означає “інформативний” компонент $s(t)$?
5. Дайте визначення детермінованих форм хвиль та наведіть приклади в фізіології.
6. Поясніть різницю між періодичними та квазіперіодичними сигналами з позиції біосигналів.
7. Поясніть, що таке швидкоплинні сигнали, і чому їх складно аналізувати стандартними усередненнями.
8. Поясніть поняття точкового процесу та його біомедичний сенс (події, моменти часу).
9. Дайте означення стохастичних сигналів та наведіть приклад ЕЕГ як сумарної активності.
10. Поясніть різницю між стаціонарними та нестаціонарними стохастичними процесами у біомедичних даних.
11. Поясніть, чому біосигнали часто є нестаціонарними і як це впливає на вибір методів аналізу.
12. Дайте означення аналого-цифрового перетворення і поясніть, що таке дискретизація та квантування.
13. Поясніть, чому частота дискретизації має задовольняти умову Найквіста–Шеннона: $f_s \geq 2f_{\max}$.
14. Поясніть, що означає “роздільна здатність” АЦП і як вона пов’язана з похибкою квантування.
15. Поясніть, як фільтрація пов’язана з дискретизацією (антиаліасинг) у вимірювальному тракті.

Питання для самоконтролю

1. Наведіть по 2 приклади біосигналів кожного типу: електричні, механічні, хімічні.
2. Класифікуйте ЕКГ як сигнал: детермінований чи стохастичний; періодичний чи квазіперіодичний; стаціонарний чи нестаціонарний (із поясненням).
3. Класифікуйте ЕЕГ у спокої та під час нападу (стаціонарність/нестаціонарність) з поясненням.

4. Для моделі $x(t) = s(t) + n(t)$ наведіть 3 стратегії зменшення впливу $n(t)$ (на рівні принципів).
5. Поясніть, чим “подієвий” аналіз (точкові процеси) відрізняється від аналізу форми хвилі.
6. Запропонуйте 5 параметрів, які можна виділяти з ЕКГ або ЕЕГ (амплітуди, інтервали, спектральні ознаки тощо).
7. Поясніть, чому для різних задач потрібні різні параметри, навіть якщо вимірюють той самий сигнал.
8. Наведіть приклад ситуації, коли занадто низька частота дискретизації спотворює сигнал (аліасинг) і як це проявляється.
9. Наведіть приклад ситуації, коли занадто висока частота дискретизації є надмірною, і чому це проблема.
10. Поясніть, як похибка квантування може впливати на оцінку амплітудних параметрів.
11. Запропонуйте принцип вибору f_s для сигналу з відомим верхнім спектральним краєм $f_{\max}$ (словесно).
12. Сформулюйте приклад нульової та альтернативної гіпотез для параметра біосигналу (до/після втручання).
13. Поясніть, що таке помилки I та II роду в контексті класифікації “норма/патологія”.
14. Поясніть, чому нестационарність може зламати “глобальні” оцінки середнього та дисперсії, і як це обходять (якісно).
15. Складіть короткий план аналізу біосигналу з 6–8 кроків від датчика до клінічного висновку.

Перелік навчально-методичної літератури

Основна

1. Медична інформатика: підручник для студентів медичних ВНЗ / за ред. В.Г. Книгавка. — Харків: ХНМУ, 2015. — 240 с.
2. Медична інформатика: навчальний посібник для студентів медичних університетів / В.Г. Книгавко, О.В. Зайцева, М.А. Бондаренко, Л.В. Батюк, О.С. Рукін. — Харків: ХНМУ, 2019. — 65 с.
3. Інформаційні технології в медицині. E-health: підручник / [Є.Б. Радзішевська, О.В. Ви-соцька]; за ред. В.Г. Книгавка. — Харків: ХНМУ, 2019. — 72 с.
4. Biomedical Informatics: An Introduction to Information Systems and Software in Medicine and Health / David J. Lubliner. — Boca Raton: CRC Press (Taylor & Francis), 2015. — ISBN 978-1-4665-9620-7.
5. Health Information Management Technology: An Applied Approach / Nanette B. Sayles. — 5th ed. — AHIMA Press, 2016. — 686 p. — ISBN 978-1-58426-517-7.
6. Health Information: Management of a Strategic Resource / Mervat Abdelhak, Mary Alice Hanken, Elayne J. Jacobs. — 5th ed. — Elsevier Saunders, 2015. — 800 p. — ISBN 978-0-323-26348-1.
7. Автоматизована лапароскопічна діагностика стану печінки / А.В. Ляшенко, М.Р. Баязітов, Л.С. Годлевський та ін. // Досягнення біології та медицини. — 2016. — № 2. — С. 34–38.
8. Інформаційно-технічна система автоматизованої лапароскопічної діагностики / А.В. Ляшенко, М.Р. Баязітов, Л.С. Годлевський та ін. // Радіoeлектроніка, інформатика, управління. — 2016. — № 4. — С. 90–96.

Додаткова

1. Biomedical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine / Edward H. Shortliffe, James J. Cimino (eds.). — 4th ed. — Springer, 2014. — ISBN 978-1-4471-4473-1.
2. Автоматизована комп'ютерна діагностика апендициту під час лапароскопічного втручання / Д.М. Баязітов та ін. // Клінічна хірургія. — 2017. — № 8 (904). — С. 21–23.
3. Бузиновський А.Б. Ефективність рішень в лапароскопічній хірургії залежно від методів їх прийняття // Досягнення біології і медицини. — 2017. — № 1 (29). — С. 57–62.
4. Коротка В.О. Основи медичної інформатики: навч. посібник. — Львів: КЗВО ЛОР «Львівська медична академія імені Андрея Крупинського», 2023. — 89 с.
5. Мінцер О.П. Інформатика та охорона здоров'я // Медична інформатика та інженерія. — 2010. — № 2. — С. 8–21.
6. Реєстрація, обробка та контроль біомедичних електронних сигналів: навч. посібник / В. Вуйцік, З.Ю. Готра, О.З. Готра та ін. — Львів: Ліга-Прес, 2009. — 308 с.

Інформаційні ресурси

1. <https://www.hl7.org> (HL7 International: стандарти обміну медичними даними).
2. <https://www.openehr.org> (openEHR: архетипи та моделі ЕМК).
3. <https://www.snomed.org> (SNOMED CT: клінічна термінологія).
4. <https://loinc.org> (LOINC: коди лабораторних досліджень).
5. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov> (PubMed / NLM).
6. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov> (NCBI).
7. <https://www.himss.org> (HIMSS: матеріали з цифрової медицини та ЕМК).

Самостійна робота № 22–23

Тема: Індивідуальні медичні картки. Структурування змісту електронних медичних карт (ЕМК/EHR).

Мета: Закріпити визначення ЕМК/EHR, ключові відмінності від паперових записів, принципи структурування (у тому числі проблемно-орієнтований підхід POMR), роль інтероперабельності та стандартів обміну (HL7), а також базові компоненти систем ЕМК і логіку інтеграції даних.

Основні поняття: ЕМК/EHR; сховище даних; провайдери даних; ідентифікація пацієнта; інтероперабельність; структуровані дані; POMR; HL7; ресурси знань; підтримка прийняття рішень; звітність; веб-доступ; конфіденційність; шифрування.

Теоретичні питання

1. Дайте визначення ЕМК/EHR як довготривалого електронного сховища даних про здоров'я пацієнта.
2. Поясніть, чому ЕМК не є простим “сканом” паперової картки; які нові функції з'являються.
3. Порівняйте ЕМК і паперові записи за критеріями: доступність, одночасний доступ, розбірливість, пошук, аудит змін.
4. Поясніть поняття “континуум здоров'я” та роль даних профілактики, амбулаторії, стаціонару в ЕМК.
5. Поясніть, що таке інтегроване представлення даних пацієнта і чому воно є складним.
6. Визначте інтероперабельність і поясніть, чому вона критична для міжзакладного обміну.
7. Поясніть проблему різних ідентифікаторів пацієнтів і як вона впливає на злиття записів.
8. Поясніть проблему різних форматів/термінологій і як вона впливає на семантику даних.
9. Дайте означення POMR та опишіть принцип “структурування навколо проблем”.
10. Поясніть роль стандарту HL7 у передачі та інтеграції медичної інформації (на рівні змісту, не нормативів).
11. Перелічіть 5 функціональних компонентів комплексної системи ЕМК та коротко охарактеризуйте кожний.
12. Поясніть, як клінічні нагадування та попередження реалізують підтримку прийняття рішень в ЕМК.
13. Поясніть, чому структуровані (кодовані) дані легше використовувати для аналітики, ніж неструктурований текст.
14. Поясніть, які ризики створює відмова/збій ЕМК-системи і чому потрібні плани безперервності.
15. Поясніть, чому веб-доступ до ЕМК вимагає технологій захисту (шифрування, авторизація) і що саме вони захищають.

Питання для самоконтролю

1. Запропонуйте мінімальний перелік розділів ЕМК для амбулаторного пацієнта (10–12 позицій).
2. Для однієї проблеми пацієнта побудуйте POMR-структуру: проблема → дані → оцінка → план (словесно).

3. Наведіть приклад, як одна і та сама інформація в ЕМК може відображатися в різних форматах для різних користувачів.
4. Перелічіть 5 прикладів мультимедійних даних в ЕМК і поясніть, чому це важливо.
5. Поясніть, які дані мають бути обов'язково структурованими для автоматичних перевірок (референтні діапазони тощо).
6. Наведіть 5 прикладів автоматичних перевірок, які може робити ЕМК (логічно/форматно).
7. Поясніть, чому “повнота історії” (багаторічні дані) змінює якість рішень, порівняно з коротким горизонтом.
8. Сформулюйте 3 бар'єри впровадження ЕМК (фінансовий, організаційний, технічний) і прояв кожного.
9. Сформулюйте 3 причини, чому введення структурованих даних лікарем може займати більше часу.
10. Наведіть приклад, як відсутність інтероперабельності призводить до дублювання обстежень.
11. Поясніть, як різні ідентифікатори пацієнта можуть призвести до “розщеплення” запису на дві картки.
12. Наведіть приклад, як невідповідність термінології може створити хибну інтерпретацію одного й того ж аналізу.
13. Запропонуйте мінімальний набір ролей доступу в ЕМК і що кожна роль може робити.
14. Поясніть, чому аудит змін є критичним для юридичної та клінічної відповідальності (функціонально).
15. Складіть короткий сценарій інтеграції даних: лабораторія → інтерфейсний двигун → ЕМК → клінічне правило → нагадування.

Перелік навчально-методичної літератури

Основна

1. Медична інформатика: підручник для студентів медичних ВНЗ / за ред. В.Г. Книгавка. — Харків: ХНМУ, 2015. — 240 с.
2. Медична інформатика: навчальний посібник для студентів медичних університетів / В.Г. Книгавко, О.В. Зайцева, М.А. Бондаренко, Л.В. Батюк, О.С. Рукін. — Харків: ХНМУ, 2019. — 65 с.
3. Інформаційні технології в медицині. E-health: підручник / [Є.Б. Радзішевська, О.В. Висоцька]; за ред. В.Г. Книгавка. — Харків: ХНМУ, 2019. — 72 с.
4. Biomedical Informatics: An Introduction to Information Systems and Software in Medicine and Health / David J. Lubliner. — Boca Raton: CRC Press (Taylor & Francis), 2015. — ISBN 978-1-4665-9620-7.
5. Health Information Management Technology: An Applied Approach / Nanette B. Sayles. — 5th ed. — AHIMA Press, 2016. — 686 p. — ISBN 978-1-58426-517-7.
6. Health Information: Management of a Strategic Resource / Mervat Abdelhak, Mary Alice Hanken, Elayne J. Jacobs. — 5th ed. — Elsevier Saunders, 2015. — 800 p. — ISBN 978-0-323-26348-1.
7. Автоматизована лапароскопічна діагностика стану печінки / А.В. Ляшенко, М.Р. Баязітов, Л.С. Годлевський та ін. // Досягнення біології та медицини. — 2016. — № 2. — С. 34–38.
8. Інформаційно-технічна система автоматизованої лапароскопічної діагностики / А.В. Ляшенко, М.Р. Баязітов, Л.С. Годлевський та ін. // Радіoeлектроніка, інформатика, управління. — 2016. — № 4. — С. 90–96.

Додаткова

1. Biomedical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine / Edward H. Shortliffe, James J. Cimino (eds.). — 4th ed. — Springer, 2014. — ISBN 978-1-4471-4473-1.
2. Автоматизована комп'ютерна діагностика апендициту під час лапароскопічного втручання / Д.М. Баязітов та ін. // Клінічна хірургія. — 2017. — № 8 (904). — С. 21–23.
3. Бузиновський А.Б. Ефективність рішень в лапароскопічній хірургії залежно від методів їх прийняття // Досягнення біології і медицини. — 2017. — № 1 (29). — С. 57–62.
4. Коротка В.О. Основи медичної інформатики: навч. посібник. — Львів: КЗВО ЛОР «Львівська медична академія імені Андрея Крупинського», 2023. — 89 с.
5. Мінцер О.П. Інформатика та охорона здоров'я // Медична інформатика та інженерія. — 2010. — № 2. — С. 8–21.
6. Реєстрація, обробка та контроль біомедичних електронних сигналів: навч. посібник / В. Вуйцік, З.Ю. Готра, О.З. Готра та ін. — Львів: Ліга-Прес, 2009. — 308 с.

Інформаційні ресурси

1. <https://www.hl7.org> (HL7 International: стандарти обміну медичними даними).
2. <https://www.openehr.org> (openEHR: архетипи та моделі ЕМК).
3. <https://www.snomed.org> (SNOMED CT: клінічна термінологія).
4. <https://loinc.org> (LOINC: коди лабораторних досліджень).
5. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov> (PubMed / NLM).
6. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov> (NCBI).
7. <https://www.himss.org> (HIMSS: матеріали з цифрової медицини та ЕМК).

Самостійна робота № 24

Тема: Електронні документи та електронний документообіг у системі охорони здоров'я.

Мета: Закріпити базові поняття електронного документа та електронного документообігу, функціональні ролі учасників, уявлення про реквізити, оригінал, цілісність, підтвердження одержання, а також вимоги до зберігання і відтворення електронних документів у медичній сфері.

Основні поняття: електронний документ; електронний документообіг; суб'єкти документообігу; адресат; посередник; дані; обов'язковий реквізит; електронний підпис; оригінал; копія; цілісність; перевірка цілісності; підтвердження одержання; зберігання; відновлення формату; метадані.

Теоретичні питання

1. Дайте означення електронного документа як інформації, зафіксованої в електронній формі, придатної для сприйняття та обробки.
2. Поясніть поняття електронного документообігу як сукупності процесів створення, передавання, одержання, зберігання, перевірки.
3. Поясніть, хто такі суб'єкти електронного документообігу та які ролі вони можуть мати.
4. Дайте означення адресата та посередника в документообігу. Які приклади посередника типові для медичних систем?
5. Поясніть, що таке обов'язковий реквізит і навіщо він потрібен для юридичної визначеності документа.
6. Поясніть роль електронного підпису як механізму підтвердження авторства та цілісності (функціонально).
7. Поясніть різницю між оригіналом і копією електронного документа (за сенсом, не цитатами).
8. Поясніть поняття "цілісність" електронного документа та що саме вважається порушенням цілісності.
9. Опишіть, що означає "перевірка цілісності" під час обігу та зберігання (процедурно).
10. Поясніть, навіщо потрібне підтвердження одержання документа і як воно впливає на відповідальність сторін.
11. Поясніть вимоги до зберігання: доступність, відтворюваність у первісному форматі, збереження супровідних даних.
12. Поясніть, чому для медичних документів важливі час, автор, версійність та журнал подій.
13. Поясніть, які технічні ризики (збої, міграція форматів) загрожують довготривалому зберіганню.
14. Поясніть, як організовується контроль доступу до електронних документів у медичній інформаційній системі.
15. Поясніть, чому "електронна форма" не означає "меншу доказовість", якщо збережено цілісність і авторство.

Питання для самоконтролю

1. Опишіть сценарій: лікар створив документ → підписав → передав → пацієнт отримав. Хто є суб'єктами та адресатом?
2. Наведіть 5 прикладів обов'язкових реквізитів для медичного електронного документа (ідентифікація, дата/час, автор тощо).

3. Поясніть, що відбудеться (функціонально), якщо документ не має одного критичного реквізиту.
4. Наведіть приклад, коли потрібен посередник (реєстр/сховище/сервер обміну), і що він робить.
5. Сформулюйте 5 вимог до архівного зберігання електронних медичних документів.
6. Поясніть, чому “відновлення у первісному форматі” є принциповим і що робити при застаріванні форматів.
7. Наведіть приклад, як порушення цілісності може виникнути без злого наміру (конвертація, обрізання поля, помилка кодування).
8. Поясніть, чому журналювання змін є частиною забезпечення довіри до документа.
9. Опишіть мінімальну політику резервного копіювання для критичних медичних документів (періодичність, зберігання копій).
10. Поясніть різницю між конфіденційністю та цілісністю на прикладі: документ прочитали сторонні vs документ змінили.
11. Наведіть 3 приклади подій, які повинні фіксуватися в audit trail для медичного документа.
12. Запропонуйте мінімальну модель ролей доступу (лікар, медсестра, адміністратор, пацієнт) та дозволи для кожної ролі.
13. Поясніть, чому підтвердження одержання важливе саме для організаційних процесів (направлення, виписки, результати).
14. Наведіть приклад конфлікту версій (дві правки різними користувачами) та як його запобігати (на рівні принципів).
15. Складіть короткий чек-лист із 7 пунктів для перевірки готовності електронного документа до передачі (реквізити, підпис, формат, адресат, цілісність, права доступу, журнал).

Перелік навчально-методичної літератури

Основна

1. Медична інформатика: підручник для студентів медичних ВНЗ / за ред. В.Г. Кнігавка. — Харків: ХНМУ, 2015. — 240 с.
2. Медична інформатика: навчальний посібник для студентів медичних університетів / В.Г. Кнігавко, О.В. Зайцева, М.А. Бондаренко, Л.В. Батюк, О.С. Рукін. — Харків: ХНМУ, 2019. — 65 с.
3. Інформаційні технології в медицині. E-health: підручник / [Є.Б. Радзішевська, О.В. Ви-соцька]; за ред. В.Г. Кнігавка. — Харків: ХНМУ, 2019. — 72 с.
4. Biomedical Informatics: An Introduction to Information Systems and Software in Medicine and Health / David J. Lubliner. — Boca Raton: CRC Press (Taylor & Francis), 2015. — ISBN 978-1-4665-9620-7.
5. Health Information Management Technology: An Applied Approach / Nanette B. Sayles. — 5th ed. — AHIMA Press, 2016. — 686 p. — ISBN 978-1-58426-517-7.
6. Health Information: Management of a Strategic Resource / Mervat Abdelhak, Mary Alice Hanken, Elayne J. Jacobs. — 5th ed. — Elsevier Saunders, 2015. — 800 p. — ISBN 978-0-323-26348-1.
7. Автоматизована лапароскопічна діагностика стану печінки / А.В. Ляшенко, М.Р. Баязітов, Л.С. Годлевський та ін. // Досягнення біології та медицини. — 2016. — № 2. — С. 34–38.
8. Інформаційно-технічна система автоматизованої лапароскопічної діагностики / А.В. Ляшенко, М.Р. Баязітов, Л.С. Годлевський та ін. // Радіоелектроніка, інформатика, управління. — 2016. — № 4. — С. 90–96.

Додаткова

1. Biomedical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine / Edward H. Shortliffe, James J. Cimino (eds.). — 4th ed. — Springer, 2014. — ISBN 978-1-4471-4473-1.
2. Автоматизована комп'ютерна діагностика апендициту під час лапароскопічного втручання / Д.М. Баязітов та ін. // Клінічна хірургія. — 2017. — № 8 (904). — С. 21–23.
3. Бузиновський А.Б. Ефективність рішень в лапароскопічній хірургії залежно від методів їх прийняття // Досягнення біології і медицини. — 2017. — № 1 (29). — С. 57–62.
4. Коротка В.О. Основи медичної інформатики: навч. посібник. — Львів: КЗВО ЛОР «Львівська медична академія імені Андрея Крупинського», 2023. — 89 с.
5. Мінцер О.П. Інформатика та охорона здоров'я // Медична інформатика та інженерія. — 2010. — № 2. — С. 8–21.
6. Реєстрація, обробка та контроль біомедичних електронних сигналів: навч. посібник / В. Вуйцік, З.Ю. Готра, О.З. Готра та ін. — Львів: Ліга-Прес, 2009. — 308 с.

Інформаційні ресурси

1. <https://www.hl7.org> (HL7 International: стандарти обміну медичними даними).
2. <https://www.openehr.org> (openEHR: архетипи та моделі ЕМК).
3. <https://www.snomed.org> (SNOMED CT: клінічна термінологія).
4. <https://loinc.org> (LOINC: коди лабораторних досліджень).
5. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov> (PubMed / NLM).
6. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov> (NCBI).
7. <https://www.himss.org> (HIMSS: матеріали з цифрової медицини та ЕМК).