



## Прикладна біоінформатика

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	16 – Хімічна інженерія та біоінженерія
Спеціальність	162 Біотехнології та біоінженерія
Освітня програма	ОНП Біотехнології
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	Денна
Рік підготовки, семестр	5 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	Загальна кількість 120 год., 4 кредити, в т.ч. лекцій – 26 годин, практичних – 28 годин, СРС – 66 годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік/ МКР/ РГР
Розклад занять	Лекції: 1,5 год./тиждень; практичні: 1,5 год./тиждень згідно розкладу
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., професор Горобець Світлана Василівна, телеграм-чат «Прикладна біоінформатика: очна форма навчання» <a href="https://t.me/+Qoj_53iNc2c1ZTdi">https://t.me/+Qoj_53iNc2c1ZTdi</a> Практичні: д.т.н., професор Горобець Світлана Василівна, телеграм-чат «Прикладна біоінформатика: очна форма навчання» <a href="https://t.me/+Qoj_53iNc2c1ZTdi">https://t.me/+Qoj_53iNc2c1ZTdi</a>
Розміщення курсу	На платформі дистанційного навчання Сікорський

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Проект "Геном людини" розпочав процес накопичення величезних обсягів даних про геноми. Геномні дані про різноманітні організми, які регулярно генеруються, і використовуються в багатьох галузях, що впливає на широкі сектори економіки, включаючи доставку ліків, розробку фармакологічних препаратів, виробництво промислових та харчових продуктів. Робота з геномами, їх аналіз та інтерпретація, необхідна для досягнення успіху в більшості галузей наук про життя та в біомедичній галузі. Таке розуміння лежить в основі прикладної біоінформатики. Прикладна біоінформатика призначена для вчених у галузі біологічних наук, інженерів, технічних фахівців, медиків, що працюють у промисловій біотехнології, сільському господарстві, медицині тощо. Прикладна біоінформатика дає глибоке розуміння інструментів дослідження наук про життя, знання безлічі відкритих баз даних (БД) та способи їх використання, знайомство з програмними засобами, що використовуються для аналізу та порівняння генетичних даних, поінформованість про сучасні методи геноміки, протеоміки, фармакогеноміки тощо. Дисципліна «Прикладна біоінформатика» вивчає застосування сучасних інформаційних та обчислюваних технологій в біотехнології для аналізу і систематизації біологічних даних, моделювання процесів, що відбуваються на молекулярному рівні, для застосування цих знань для розробки методів генетичної терапії. Її метою є виявлення структури, функцій та взаємодії біомакромолекул (ДНК, РНК, білків) і подальше використання цих знань при створенні нових лікарських препаратів, наноматеріалів і приладів для діагностики і лікування людини, а також методів персоналізованої медицини. До першочергових

задач прикладної біоінформатики потрібно віднести такі, як аналіз геномів, виділення з їх складу окремих генів, їх екзон-інтронної структури, сигнальних послідовностей, передбачення функцій генів і експресованих ними продуктів, виявлення генів – потенційних мішеней дії нових ліків, оцінка ролі окремих складових амінокислотної послідовності у функціонуванні білка, побудова молекулярних моделей білків і нуклеїнових кислот, виходячи з їх послідовностей, дослідження механізму функціонування макромолекул, виходячи з їх молекулярних моделей, комп'ютерне конструювання ліків, засноване на раціональному виборі генів-мішеней і молекулярних моделей їх білкових продуктів.

Професійний біотехнолог наразі має знати та вміти використовувати сучасні мови програмування. Лідером серед таких мов є Python, особливо Biopython, що є колекцією некомерційних інструментів для обчислення в біології та біоінформатиці з відкритим кодом створеною міжнародною асоціацією розробників Biopython – це набір модулів Python, які надають функції для роботи з послідовностями ДНК, РНК і білкових послідовностей, такими як зворотна комплементация ланцюжка ДНК, пошук мотивів в білкових послідовностях тощо. Він надає безліч синтаксичних аналізаторів для читання всіх основних генетичних баз даних, таких як GenBank, SwissPort тощо, а також оболонки / інтерфейси для запуску інших популярних програм / інструментів біоінформатики, таких як NCBI BLASTN, Entrez тощо, в середовищі Python.

З огляду на це, дисципліна «Прикладна біоінформатика», безперечно, є важливою та актуальною для підготовки сучасних спеціалістів біотехнологів.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів **компетентностей**:

ФК02.Здатність здійснювати пошук необхідної інформації в науковій і технічній літературі, базах даних та інших джерелах

ФК03.Здатність відбирати та аналізувати релевантні дані, у тому числі за допомогою сучасних методів аналізу даних і спеціалізованого програмного забезпечення.

ФК05.Здатність розробляти нові біотехнологічні об'єкти і технології та підвищувати ефективність існуючих технологій на основі експериментальних та/або теоретичних досліджень та/або комп'ютерного моделювання.

ФК15.Здатність використовувати молекулярно-генетичні технології для створення нових біологічних агентів

ФК17.Здатність використовувати методи молекулярної біоінженерії для модифікації біологічних агентів

Основні завдання навчальної дисципліни

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі **програмні результати навчання**:

ПР04. Вміти обирати та застосовувати найбільш придатні методи математичного моделювання та оптимізації при розробленні науково-технічних проектів.

ПР19. Вміти створювати та використовувати спеціалізоване програмне забезпечення для аналізу та управління біотехнологічними об'єктами (процесами)

ПР20. Вміти використовувати методи молекулярної біоінженерії для створення нових біологічних агентів.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Місце в структурно-логічній схемі навчання забезпечується дисциплінами, що вивчалися на попередніх семестрах: «Інформаційні технології», «Генетика», як базові основні біотехнологічні дисципліни, а також базовий рівень володіння англійською мовою не нижче А2. У структурно-логічній площині програми підготовки магістрів науковців з біотехнології дисципліна базується на

попередньо вивчених дисциплінах, які створюють фундамент для подальшої дослідницької і практичної діяльності випускників.

### 3. Зміст навчальної дисципліни

*Тема 1. Використання мови програмування Python для аналізу експериментальних даних в біотехнології та роботи з біоінформатичними базами даних.*

Лекція 1. Особливості розвитку сучасних мов програмування, розвиток мови Python як однієї з найпопулярніших мов для біотехнологічних застосувань. Пакети Python для вирішення задач біотехнології та біоінформатики. Інтегральне середовище розробки (ICP), (Integrated development environment – IDE) Pycharm Community.

Лекція 2. Робота зі списками, словниками, кортежами, множинами (наборами) в мові Python.

Лекція 3. Пакет matplotlib python для візуалізації та аналізу експериментальних даних в біотехнології.

Лекція 4. Пакети мови програмування Python для задач регресійного аналізу.

Лекція 5. Огляд можливостей пакету Biopython. Робота з об'єктом SeqRecord. Попарне та множинне вирівнювання послідовностей в Biopython. Організація доступу до бази даних NCBI Entrez в пакеті Biopython. Використання пакету Biopython для дослідження генетичних послідовностей.

Лекція 6. Пакет Opensv-python для аналізу зображень, отриманих методами оптичної мікроскопії, скануючої зондової мікроскопії, скануючої електронної мікроскопії тощо.

Лекція 7. Пакет SciPy мови програмування Python для алгоритмів оптимізації, інтегрування, спеціальних функцій, статистики, розв'язування звичайних диференціальних рівнянь та інших задач.

*Тема 2. Практичне застосування досягнень біоінформатики та генетичного аналізу в різних галузях.*

Лекція 8. Постгеномна ера в розвитку біоінформатики. Розвиток персоналізованої (прецизійної, індивідуалізованої) медицині. Переваги прецизійної медицини, розробка та застосування ліків, генотипування (генетичний паспорт).

Лекція 9. Пошук мішеней для ліків. Біомаркери їх класифікація та роль в персоналізованій (прецизійній) медицині.

Лекція 10. Іонні канали, як мішені (біомаркери) для ліків. Іонні канали кальцію як мішені для лікування онкологічних, серцево-судинних захворювань, діабету та низки інших захворювань.

Лекція 11. Моделювання на мові програмування Python передачі сигналів кальцію як одного з основних внутрішньоклітинних сигнальних механізмів, за допомогою яких клітини реагують на зовнішні подразники. Моделювання на мові програмування Python коливань концентрації внутрішньоклітинного кальцію при онкологічних захворюваннях.

Лекція 12. Моделювання на мові програмування Python коливань концентрації внутрішньоклітинного кальцію в ендотеліальних клітинах та роль сигналів кальцію при серцево-судинних захворюваннях.

Лекція 13. Методи введення генетичного матеріалу в клітини еукаріотів. Вірусні та невірусні системи доставки генів та ліків. Методи магнітокерованої доставки генів та ліків. Природне та штучне магнітомічення клітин бактерій для цільової доставки ліків.

*Надається перелік розділів і тем всієї дисципліни.*

### 4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Горобець, С. В. Основи біоінформатики [Електронний ресурс]: підручник для студентів напряму підготовки 6.051401 «Промислова біотехнологія» факультету біотехнології і біотехніки / С. В. Горобець, О. Ю. Горобець, Т. А. Хоменко ; НТУУ «КПІ». - Електронні текстові дані (1 файл: 2,72 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2010
2. Мова програмування Python для інженерів і науковців : навчальний посібник / В.Б. Копей; Міністерство освіти і науки України, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, кафедра комп'ютеризованого машинобудування. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2019. – 267 с.

3. С.В. Горобець, О.Ю. Горобець, П.П. Горбик, І.В. Уварова, Функціональні біо- та наноматеріали медичного призначення: монографія, Видавничий дім «Кондор», Київ, 2018. [http://condor-books.com.ua/index.php?route=product/product&path=1&product\\_id=845](http://condor-books.com.ua/index.php?route=product/product&path=1&product_id=845).
4. Горобець С. В. Біоінформатика. Практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» / С. В. Горобець, О. Ю. Горобець, І.В. Дем'яненко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл 5.49 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 86с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38813>
5. Горобець С. В. Біоінформатичні бази даних [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» / С. В. Горобець, О. Ю. Горобець, М. О. Булаєвська ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,86 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 117 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/36457>
6. С. В. Горобець. Прикладна біоінформатика. Практичні роботи [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за освіт. програмою «Біотехнології» спец. 162 Біотехнології та біоінженерія / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С. В. Горобець. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 63 с.
7. С. В. Горобець. Прикладна біоінформатика. Розрахункова графічна робота [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за освіт. програмою «Біотехнології» спец. 162 Біотехнології та біоінженерія / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С. В. Горобець. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 21 с.

#### Додаткова:

1. Костюченко А.О. Основи програмування мовою Python: навчальний посібник. Ч.: ФОП Баликіна С.М., 2020. 180 с.
2. Яковенко А.В. Основи програмування. Python. Частина 1 [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальності 122 "Комп'ютерні науки", спеціалізації "Інформаційні технології в біології та медицині" / А. В. Яковенко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,59 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 195 с.
3. Замуруєва О. В., Кримусь А. С., Ольхова Н. В. Об'єктно-орієнтоване програмування в Python : курс лекцій. Луцьк : Вежа-Друк, 2018. – 64 с.
4. Personalized Medicine Coalition, The Case for Personalized Medicine 4th edition, (2014) 66 [https://www.personalizedmedicinecoalition.org/Userfiles/PMC-Corporate/file/pmc\\_the\\_case\\_for\\_personalized\\_medicine.pdf](https://www.personalizedmedicinecoalition.org/Userfiles/PMC-Corporate/file/pmc_the_case_for_personalized_medicine.pdf)
5. Wolfgang Sadee, Danxin Wang, Katherine Hartmann, Amanda Ewart Toland. PHARMACOGENOMICS: Driving Personalized Medicine // Pharmacological Reviews, Vol. 75, Issue 3 2023, doi: 10.1124/pharmrev.122.000810 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36927888/> .
6. M.S. Williams, Early Lessons from the Implementation of Genomic Medicine Programs, Annu. Rev. Genomics Hum. Genet. (2019). <https://doi.org/10.1146/annurev-genom-083118-014924> .
7. US National Library of Medicine, What is pharmacogenomics?, Genet. Home Ref. (2022). <https://medlineplus.gov/genetics/understanding/genomicresearch/pharmacogenomics/>
8. Elena Fountzilias, Apostolia M. Tsimberidou, Henry Hiep Vo & Razelle Kurzrock. Clinical trial design in the era of precision medicine // Genome Medicine volume 14, Article number: 101 (2022) <https://genomemedicine.biomedcentral.com/counter/pdf/10.1186/s13073-022-01102-1.pdf>
9. J. Chiu, S. Chien. Effects of Disturbed Flow on Vascular Endothelium: Patho- physiological Basis and Clinical Perspectives // Physio Rev 91: 327–387, 2011; doi:10.1152/physrev.00047.2009 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21248169/>
10. Virginia B. Kraus Biomarkers as drug development tools: discovery, validation, qualification and use Nature Reviews Rheumatology volume 14, pages 354–362 (2018) <https://doi.org/10.1038/s41584-018-0005-9>
11. Peng Zhang, Chang-Bo Zheng, Zhen Chen, Xiao-Yu Liu. Editorial: The Role of Calcium Channels in Human Health and Disease // Front. Mol. Biosci., 2022 Sec. Molecular Diagnostics and Therapeutics Volume 9. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2022.834108>
12. Nasseem Ahamad, Brij B Singh. Calcium channels and their role in regenerative medicine // World J Stem Cells 2021 April 26; 13(4): 260-280. <https://www.f6publishing.com>



13. Gorobets O., Gorobets S., Sharai I., Polyakova T., Zablotskii V.. Interaction of magnetic fields with biogenic magnetic nanoparticles on cell membranes: physiological consequences for organisms in health and disease // *Bioelectrochemistry* (2023) <https://doi.org/10.1016/j.bioelechem.2023.108390>
14. P. J. Dalal, D. P. Sullivan, E. W. Weber, D. B. Sacks, M. Gunzer, I. M. Grumbach, J. Heller Brown, and W. A. Muller, Spatiotemporal Restriction of Endothelial Cell Calcium Signaling Is Required during Leukocyte Transmigration, *J. Exp. Med.* 218, (2021) <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32970800/>
15. O. F. Harraz, N. R. Klug, A. J. Senatore, D. C. Hill-Eubanks, and M. T. Nelson, Piezo1 Is a Mechanosensor Channel in Central Nervous System Capillaries, *Circ. Res.* 130, 1531 (2022). <https://rupress.org/jgp/article/154/9/e2021ecc12/212770/Piezo1-is-a-mechanosensor-channel-in-CNS>
16. Y. Chang, M. Funk, S. Roy, E. Stephenson, S. Choi, H. V. Kojouharov, B. Chen, and Z. Pan, Developing a Mathematical Model of Intracellular Calcium Dynamics for Evaluating Combined Anticancer Effects of Afatinib and RP4010 in Esophageal Cancer, *Int. J. Mol. Sci.* 23, 1763 (2022). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8836083/>
17. H.L. Bong, Gregory R. Monteith Calcium signaling and the therapeutic targeting of cancer cells // *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Cell Research* Volume 1865, Issue 11, Part B, 2018, Pages 1786-1794 <https://doi.org/10.1016/j.bbamcr.2018.05.015>
18. Z. Peth, K. Najder, E. Bulk, A. Schwab, Mechanosensitive ion channels push cancer progression, *Cell Calcium.* 80 (2019) 79–90, <https://doi.org/10.1016/j.ceca.2019.03.007> .
19. Nahit Rizaner, Rustem Onkal, Scott P. Fraser, Alessandro Pristerá, Kenji Okuse, Mustafa B. A. Djamgoz. Intracellular calcium oscillations in strongly metastatic human breast and prostate cancer cells: control by voltage-gated sodium channel activity // *Eur Biophys J* 2016, 45(7):735-748. doi: 10.1007/s00249-016-1170-x. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27665102/>
20. Y. Chang, M. Funk, S. Roy, E. Stephenson, S. Choi, H. V. Kojouharov, B. Chen, and Z. Pan, Developing a Mathematical Model of Intracellular Calcium Dynamics for Evaluating Combined Anticancer Effects of Afatinib and RP4010 in Esophageal Cancer, *Int. J. Mol. Sci.* 23, 1763 (2022). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8836083/>
21. J. Cheng, J. Wen, N. Wang, C. Wang, Q. Xu, and Y. Yang, Ion Channels and Vascular Diseases, *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* 39, (2019) <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31017824/> .
22. H. Li, W.-Y. Zhou, Y.-Y. Xia, J.-X. Zhang, Endothelial Mechanosensors for Atheroprone and Atheroprotective Shear Stress Signals, *J. Inflamm. Res.* 15 (2022) 1771–1783 <https://doi.org/10.2147/JIR.S355158>
23. B. Debir, C. Meaney, M. Kohandel, and M. B. Unlu, The Role of Calcium Oscillations in the Phenotype Selection in Endothelial Cells, *Sci. Rep.* 11, 23781 (2021) <https://www.nature.com/articles/s41598-021-02720-2> .
24. M. J. Plank, D. J. N. Wall, and T. David, Atherosclerosis and Calcium Signalling in Endothelial Cells, *Prog. Biophys. Mol. Biol.* 91, 287 (2006). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16171849/>
25. Уварова І.В., Горбик П.П., Горобець С.В., Іващенко О.А., Ульянчич Н.В. Наноматеріали медичного призначення, Київ, "Наукова думка", 2014, 414 стр. <http://www.materials.kiev.ua/science2.0/publications/edition.jsp?id=14> .
26. N. Nayerossadat, P. Ali, T. Maedeh, Viral and nonviral delivery systems for gene delivery, *Adv. Biomed. Res.* (2012). <https://doi.org/10.4103/2277-9175.98152>
27. S. Sawant, S.M. Patil, V. Gupta, N.K. Kunda, Microbes as Medicines: Harnessing the Power of Bacteria in Advancing Cancer Treatment, *Int. J. Mol. Sci.* 21 (2020) 7575. <https://doi.org/10.3390/ijms21207575> .
28. O. Gorobets, S. Gorobets, M. Koralewski, Physiological origin of biogenic magnetic nanoparticles in health and disease: from bacteria to humans, *Int. J. Nanomedicine.* Volume 12 (2017) 4371–4395. <https://doi.org/10.2147/IJN.S130565>.

29. Svitlana Gorobets, Oksana Gorobets, Iryna Sharai, Tatyana Polyakova, Vitalii Zablotskii / Gradient Magnetic Field Accelerates Division of E. coli Nissle 1917. *Cells* 2023, 12, 315.  
<https://doi.org/10.3390/cells12020315>

### Інформаційні ресурси

1. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>
2. <https://www.python.org/>
3. <https://matplotlib.org/>
4. <https://scikit-learn.org/stable/>
5. <http://www.biopython.org>
6. [https://docs.opencv.org/4.5.2/d6/d00/tutorial\\_py\\_root.html](https://docs.opencv.org/4.5.2/d6/d00/tutorial_py_root.html)
7. <https://docs.scipy.org/doc/scipy/>

### Навчальний контент

#### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

1	2
	Тема 1. Використання мови програмування Python для аналізу експериментальних даних в біотехнології та роботи з біоінформатичними базами даних.
1	<b>Лекція 1.</b> Особливості розвитку сучасних мов програмування, розвиток мови Python як однієї з найпопулярніших мов для біотехнологічних застосувань. Пакети Python для вирішення задач біотехнології та біоінформатики. Інтегральне середовище розробки (ICP), ( <i>Integrated development environment – IDE</i> ) Pycharm Community. Література: базова [1], інформаційні джерела [2]
2	<b>Лекція 2.</b> Робота зі списками, словниками, кортежами, множинами (наборами) в мові Python. Література: базова [2], додаткова [1, 2], інформаційні джерела [2]
3	<b>Лекція 3.</b> Пакет Matplotlib Python для візуалізації та аналізу експериментальних даних в біотехнології. Література: базова [2], інформаційні джерела [3]
4	<b>Лекція 4.</b> Пакети Python для задач регресійного аналізу. Література: базова [2], додаткова [3], інформаційні джерела [4]
5	<b>Лекція 5.</b> Огляд можливостей пакету Biopython. Робота з об'єктом SeqRecord. Попарне та множинне вирівнювання послідовностей в Biopython. Організація доступу до бази даних NCBI Entrez в пакеті Biopython. Використання пакету Biopython для дослідження генетичних послідовностей та білків на прикладі вірусу COVID-19. Література: базова [2], інформаційні джерела [5]
6	<b>Лекція 6.</b> Пакет Opencv-python для аналізу зображень, отриманих методами оптичної мікроскопії, скануючої зондової мікроскопії, скануючої електронної мікроскопії тощо. Література: базова [2], інформаційні джерела [6]
7	<b>Лекція 7.</b> Пакет SciPy мови програмування Python для алгоритмів оптимізації, інтегрування, спеціальних функцій, статистики, розв'язування звичайних диференціальних рівнянь та інших задач. Література: базова [2], інформаційні джерела [7]
	Тема 2. Практичне застосування досягнень біоінформатики та генетичного аналізу в різних галузях.
8	<b>Лекція 8.</b> Постгеномна ера в розвитку біоінформатики. Розвиток персоналізованої (прецизійної, індивідуалізованої) медицини. Переваги прецизійної медицини, розробка та застосування ліків, генотипування (генетичний паспорт). Література: базова [4, 5], додаткова [4-7]

9	<b>Лекція 9.</b> Пошук мішеней для ліків. Біомаркери їх класифікація та роль в персоналізованій (прецизійній) медицині. Література: базова [6], література: додаткова [8-10]
10	<b>Лекція 10.</b> Іонні канали, як мішені для ліків. Іонні канали кальцію як мішені для лікування онкологічних, серцево-судинних захворювань, діабету та низки інших захворювань. Література: додаткова [11-14]
11	<b>Лекція 11.</b> Моделювання на мові програмування Python передачі сигналів кальцію як одного з основних внутрішньоклітинних сигнальних механізмів, за допомогою яких клітини реагують на зовнішні подразники. Моделювання на мові програмування Python коливань концентрації внутрішньоклітинного кальцію при онкологічних захворюваннях. Література: додаткова [15-19], інформаційні джерела [2, 3, 7]
12	<b>Лекція 12.</b> Моделювання на мові програмування Python коливань концентрації внутрішньоклітинного кальцію в ендотеліальних клітинах та роль сигналів кальцію при серцево-судинних захворюваннях. Література: додаткова [20-24], інформаційні джерела [2, 3, 7]
13	<b>Лекція 13.</b> Методи введення генетичного матеріалу в клітини еукаріотів. Вірусні та невірусні системи доставки генів та ліків. Методи магнітокерованої доставки генів та ліків. Природне та штучне магнітомічення клітин бактерій для цільової доставки ліків. Література: додаткова [25-29]

#### Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять:

- робота з програмними пакетами, які використовуються в біотехнології;
- практична робота з сучасними базами даних молекулярної біології.

1.	2
1	<b>Практична робота 1</b> Робота в базах даних Національного центру біотехнологічної інформації США (National Center for Biotechnology Information (NCBI)) з базами даних PMC та PubMed. Література: базова [4,5,6]
2	<b>Практична робота 2</b> Математичні оператори, умовні оператори if, else, elif, цикли for, while. Робота зі складними структурами даних: списками, словниками, кортежами, множинами (наборами) в мові Python. Література: базова [2,7], інформаційні джерела [2]
3	<b>Практична робота 3</b> Робота з пакетом Matplotlib для візуалізації результатів експериментальних досліджень в біотехнології. Методи Matplotlib побудови лінійних графіків. Література: базова [2,7], інформаційні джерела [3]
4	<b>Практична робота 4</b> Пакети Python для задач регресійного аналізу. Лінійна регресія експериментальних даних. Література: базова [2,7], інформаційні джерела [4]
5	<b>Практична робота 5</b> Пакети Python для задач регресійного аналізу. Поліноміальна регресія експериментальних даних. Література: базова [2,7], інформаційні джерела [4]
6	<b>Практична робота 6</b>

	Використання пакету Biopython для дослідження нуклеотидних послідовностей та послідовностей білків. Література: базова [2,7], інформаційні джерела [6]
7	<b>Практична робота 7</b> Аналіз зображень біологічних об'єктів з застосуванням пакету Opencv-python. Література: базова [2,7], інформаційні джерела [5]
8	<b>Практична робота 8</b> Використання пакету SciPy мови програмування Python для завдання спеціальних функцій та задач статистики. T-test для перевірки, чи відмінність між середніми значеннями двох вибірок даних є статистично значущою. Спеціальні тести для нормального розподілу. Порівняння двох вибірок, чи мають ці вибірки однакові статистичні властивості. Література: базова [2,7], інформаційні джерела [7]
9	<b>Практична робота 9</b> Використання пакетів мови програмування Python для задач кластеризації та розв'язання звичайних диференціальних рівнянь. Література: базова [2,7], інформаційні джерела [7]
10	<b>Практична робота 10</b> Моделювання на мові програмування Python коливань концентрації внутрішньоклітинного кальцію. Література: базова [7], література: додаткова [24], інформаційні джерела [2, 3, 7]
11	<b>Практична робота 11</b> Моделювання на мові програмування Python коливань концентрації внутрішньоклітинного кальцію при онкологічних захворюваннях. Література: додаткова [20], інформаційні джерела [2, 3, 7]
12	<b>Практична робота 12</b> Моделювання на мові програмування Python коливань концентрації внутрішньоклітинного кальцію в ендотеліальних клітинах. Література: базова [7], література: додаткова [23, 24 ], інформаційні джерела [2, 3, 7]
13	<b>Практична робота 13</b> Модульна контрольна робота.
14	<b>Практична робота 14.</b> Залік.

#### Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студента по дисципліні включає підготовку до аудиторних занять (41 година), виконання РГР (15 години) модульної контрольної (4 години), підготовка до заліку (6 годин).

#### Політика та контроль

##### 6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Вивчення дисципліни «Прикладна біоінформатика» відбувається на лекційних та практичних заняттях. Наочність навчальних занять забезпечується використанням значної кількості ілюстративного матеріалу (схем, таблиць, слайдів). Під час викладання даної дисципліни викладач проводить опитування здобувачів для того, щоб визначити рівень засвоєння ними викладеного матеріалу, важливим є активність здобувачів. Практичні заняття проходять з використанням комп'ютерної техніки та відповідного програмного забезпечення.



*Зазначається система вимог, які викладач ставить перед студентом/аспірантом:*

- *правила відвідування занять (як лекцій, так і практичних/лабораторних);*  
Відвідування лекцій, практичних занять та лабораторних робіт, а також відсутність на них, не оцінюються. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для формування компетентностей, визначених стандартом освіти. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, працевлаштування, міжнародне стажування тощо) навчання може відбуватися в он-лайн формі за погодженням із керівником курсу.
- *правила поведінки на заняттях (активність, підготовка коротких доповідей чи текстів, відключення телефонів, використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті тощо);*  
На аудиторних заняттях студент має поважати викладача та дисципліну, що він слухає; Виконувати елементарні правила та норми поведінки; Протягом заняття забороняється користуватися мобільними телефонами, окрім екстрених випадків. Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.
- *правила призначення заохочувальних та штрафних балів;*  
не передбачено РСО
- *політика дедлайнів та перескладань;*  
Термін здачі кожного виду роботи обговорюється на занятті під час видачі завдання та залежить від типу роботи. Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання тем (модулів) відбувається за наявності поважних причин.
- *політика щодо академічної доброчесності;*  
визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>. Використання додаткових джерел інформації під час оцінювання знань заборонено (у т.ч. мобільних девайсів). Мобільні пристрої дозволяється використовувати лише під час он-лайн тестування та виконання розрахунків.  
*інші вимоги, що не суперечать законодавству України та нормативним документам Університету.*
- Студент зобов'язаний зареєструватися на платформі дистанційного навчання Google Workspace for Education Fundamentals (в минулому G Suite For Education) на домені @LLL.kpi.ua та приєднатися до Google Класу «Прикладна біоінформатика» за посиланням <https://classroom.google> . Для цього студенту необхідно спочатку отримати акаунт в Google Workspace for Education Fundamentals на домені @LLL.kpi.ua. Для отримання акаунту в Google Workspace for Education Fundamentals на домені @LLL.kpi.ua необхідно заповнити Google Форму: [https://sikorsky-distance.kpi.ua/reg\\_gsuite/](https://sikorsky-distance.kpi.ua/reg_gsuite/) . Після реєстрації та модерації заявки студента, адміністратор надішле студенту на пошту пароль та логін до акаунту, з яким студент зможе використовувати всі доступні інструменти та сервіси Google Workspace for Education Fundamentals. Google Workspace for Education Fundamentals – це пакет спеціалізованого хмарного програмного забезпечення, інструментів для спільної роботи та дистанційного навчання від компанії Google. Основна складова пакету – система управління навчанням Google Клас, яка дозволяє викладачу створювати навчальні класи, оцінювати завдання, надавати учням зворотній зв'язок, публікувати оголошення і поширювати навчальні матеріали. Викладач може бачити, хто виконав завдання, а хто ще продовжує над ним працювати, а також читати питання і коментарі студентів. Для приєднання до навчального курсу «Прикладна біоінформатика» студенту потрібно перейти у Google Клас за посиланням <https://classroom.google.com/c/NDA4NzcxNTU2ODY1?cjc=pxhc3oa> , натиснути зображення «+» у верхньому правому кутку браузера, вибрати «Приєднатися до класу» та ввести код курсу pxhc3oa. Акаунти студентів, які приєдналися до Google Класу не

з акаунту на домені @LLL.kpi.ua, будуть вилучатися з навчального курсу «Прикладна біоінформатика» Google Класу тому, що автоматичний імпорт оцінок за тестування можливий виключно з акаунту Прикладна біоінформатика на домені @LLL.kpi.ua. Система Google Клас автоматично надсилає кожному студенту бали по кожному з видів контролю на електронну пошту. Тому для ознайомлення з балами за кожен окремий вид контролю студенту необхідно змінити налаштування електронної пошти так, щоб ці електронні листи не потрапляли у спам. Всі виконані завдання для перевірки викладачем студент повинен завантажувати через систему Google Клас (результати виконання завдань, надіслані через телеграм канал перевіритися не будуть);

Листування із студентами з організаційних питань буде здійснюватися через телеграм-чат «Прикладна біоінформатика: очна форма навчання» [https://t.me/+Qoj\\_53iNc2c1ZTdi](https://t.me/+Qoj_53iNc2c1ZTdi)

#### 7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

**Поточний контроль:** здача тестів з лекційного матеріалу та практичних робіт (70 балів), виконання РГР (20) та МКР (10 балів). Загальна сума балів за семестрову роботу – 100 балів. Докладніша інформація щодо поточного контролю та критеріїв оцінювання наведена в PCO з дисципліни (Додаток 1).

**Календарний контроль:** два рази за семестр. Докладніша інформація щодо проведення та оцінювання наведена в PCO з дисципліни.

**Семестровий контроль:** залік. Загальна сума балів на заліку – 100 балів. Докладніша інформація щодо проведення та оцінювання наведена в PCO з дисципліни.

**Умови допуску до семестрового контролю:** семестровий рейтинг від не нижче 50 балів, здача тестів з лекційного матеріалу та практичних робіт, виконання РГР, написання МКР.

#### 8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

## Система рейтингових (вагових) балів занять і рейтингових оцінок по видах контролю за рік

№ п/п	Вид контролю	Бал	Кількість	Сума балів
1	Тестування знань студентів з лекційного матеріалу та практичних робіт			
	- ваговий бал $r_k^*$	10	7	70
	-якість виконання	0-10		
2.	Модульна контрольна робота			
	-ваговий бал $r_k$	10	1	10
	- якість виконання**	0-10		
3.	РГР			
	-ваговий бал $r_k$	20	1	20
	- якість виконання***	0-20		
4.				100

\* - Якість виконання тестування з лекційного матеріалу та практичних робіт:

бездоганна робота	9-10 балів
є певні недоліки у виконанні роботи	7-8 балів
є суттєві недоліки у виконанні роботи	6 балів
робота не виконана	0-5 балів

\*\* - Якість виконання модульної контрольної роботи:

бездоганна робота	9-10 балів;
є певні недоліки у виконанні роботи	7-8 балів;
є суттєві недоліки у виконанні роботи	6 балів;
робота не виконана	0-5 балів.

\*\*\* - Якість виконання розрахунково графічної роботи:

бездоганна робота	19-20 балів
є певні недоліки у виконанні роботи	17-18 балів
є суттєві недоліки у виконанні роботи	12-16 балів
робота не виконана	0-11 балів

### Розрахунок шкали (R) рейтингу

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R = 70+20+10 = 100 \text{ балів:}$$

Рейтингова шкала з дисципліни складає  $R = 100$  балів;

Необхідною умовою для одержання заліку автоматом є зарахування усіх пропозицій, що виносяться на обговорення виконання на позитивну оцінку модульної контрольної роботи та загальний рейтинг більше 60 балів. Для підвищення оцінки проводиться залікова робота. При цьому попередній рейтинг анулюється.

**Календарний контроль:** два рази за семестр.

Рубіжні (планові атестації). Студент повинен набрати балів: 1 атестація – «зараховано» – 20 балів (40 – максимум), 2 атестація – 40 балів (80 – максимум).

Підсумкова оцінка якості знань з дисципліни визначаються за традиційною 6-рівневою шкалою на базі індивідуальних поточних оцінок за такою шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

**Семестровий контроль:** залік. Загальна сума балів заліку – 100 балів. Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг не менше 50 балів, написання МКР, РГР та виконання практичних робіт.

Залік складається з 10 питань, 1 питання оцінюється у 10 балів:

бездоганна робота	9-10 балів
є певні недоліки у виконанні роботи	7-8 балів
є суттєві недоліки у виконанні роботи	6 балів
робота не виконана	0-5 балів

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

### **Питання до контрольної роботи з курсу «Прикладна біоінформатика»**

1. Історія розвитку та основні мови програмування.
2. Об'єктно-орієнтований підхід до програмування.
3. Процедурний підхід до програмування.
4. Основні переваги Python. Задачі, для яких застосовують Python.
5. Типи даних в Python.
6. Логічні операції в Python.
7. Математичні оператори та функції в Python.
8. Функції в Python.
9. Класи в Python.
10. Основні пакети Python.
11. Основні функції роботи зі списками.
12. Основні функції роботи зі словниками.
13. Основні функції роботи з кортежами.
14. Основні функції роботи з множинами (наборами).
15. Основні функції пакету Matplotlib для побудови графіків.
16. Основні функції пакету OpenCV-python для роботи з зображеннями біологічних об'єктів графіків.
17. Основні засоби роботи з генетичними послідовностями в пакету Biopython.
18. Функції для лінійної регресії в пакеті Sklearn.
19. Особливості постгеномної ери в розвитку біоінформатики.
20. Генна терапія, визначення, стратегія розвитку.
21. Розвиток персоналізованої (прецизійної) медицини.
22. Дати визначення поняттю фармакогеноміка.

23. Приклади досягнень персоналізованої медицини у лікуванні раку.
24. Приклади досягнень персоналізованої медицини у лікуванні серцево-судинних захворювань.
25. Приклади досягнень персоналізованої медицини у лікуванні інфекційних захворювань.
26. Врахування вживання та дозування ліків за використання методів персоналізованої медицини.
27. Вирішення проблеми обстеження населення в різних країнах для врахування спадкових захворювань.
28. Виклики, що характерні в даний час для персоналізованої медицини: питання інтелектуальної власності, конфіденційності, відшкодування ризиків тощо.
29. Приклади закордонних та українських фірм, що пропонують генетичний аналіз при встановленні батьківства та інших послуг.
30. Вірусні системи доставки генів та ліків.
31. Невірусні системи доставки генів та ліків.
32. Методи магнітокерованої доставки генів та ліків.
33. Класифікація і типи біомаркерів.
34. Сімейства механочутливих іонних каналів багатоклітинних організмів та їх характеристики.
35. Механізми впливу на активацію механочутливих іонних каналів.
36. Класифікація механочутливих іонних каналів.
37. Які параметри коливального динамічного сигналіngu кальцію важливі для декодування та передачі сигналу в клітинах.

### Типове завдання по РГР з курсу «Прикладна біоінформатика».

Задано наступні експериментальні дані в галузі біотехнології. Здійснювали вирощування бактеріальної культури *E. coli* Nissle 1917 на хелатному середовищі та під впливом магнітного поля, використовували стандартні середовища МПА (м'ясо-пептонний агар) та МПБ (м'ясо-пептонний бульйон), водний розчин хелату заліза (32мг/мл). Хелатне середовище для культивування було зроблено шляхом додавання до МПА розчину хелату заліза у перерахунку 32 мг хелату заліза на 1 л середовища. Бактеріальну культуру *E. coli* Nissle 1917 вирощували на хелатному середовищі впродовж 28 годин у оптимальних температурних умовах – 37°C. Щоб прослідкувати вплив середовища, що містить хелат заліза, та впливу магнітного поля на ріст бактерії *E. coli* Nissle 1917, проводили культивування впродовж 28 годин з періодичним вимірюванням кількості живих клітин за допомогою підрахунку у камері Горяєва (Таблиця 1).

Таблиця 1. Результати підрахунку клітин у камері Горяєва впродовж культивування

		Час культивування, годин					
		0	4	10	16	22	28
Кількість клітин	Контроль	1,0•10 <sup>7</sup>	1,6•10 <sup>7</sup>	3,7•10 <sup>7</sup>	1,06•10 <sup>8</sup>	1,2•10 <sup>8</sup>	1,19•10 <sup>8</sup>
		1,1•10 <sup>7</sup>	1,6•10 <sup>7</sup>	3,7•10 <sup>7</sup>	1,06•10 <sup>8</sup>	1,2•10 <sup>8</sup>	1,19•10 <sup>8</sup>
		1,0•10 <sup>7</sup>	1,6•10 <sup>7</sup>	3,7•10 <sup>7</sup>	1,06•10 <sup>8</sup>	1,2•10 <sup>8</sup>	1,19•10 <sup>8</sup>
		1,1•10 <sup>7</sup>	1,6•10 <sup>7</sup>	3,7•10 <sup>7</sup>	1,06•10 <sup>8</sup>	1,2•10 <sup>8</sup>	1,19•10 <sup>8</sup>
		1,0•10 <sup>7</sup>	1,6•10 <sup>7</sup>	3,7•10 <sup>7</sup>	1,06•10 <sup>8</sup>	1,2•10 <sup>8</sup>	1,19•10 <sup>8</sup>
		1,1•10 <sup>7</sup>	1,6•10 <sup>7</sup>	3,7•10 <sup>7</sup>	1,06•10 <sup>8</sup>	1,2•10 <sup>8</sup>	1,19•10 <sup>8</sup>
		1,0•10 <sup>7</sup>	1,6•10 <sup>7</sup>	3,7•10 <sup>7</sup>	1,06•10 <sup>8</sup>	1,2•10 <sup>8</sup>	1,19•10 <sup>8</sup>
	У магнітному полі	1•10 <sup>7</sup>	1,9•10 <sup>7</sup>	5•10 <sup>7</sup>	1,2•10 <sup>8</sup>	1,41•10 <sup>8</sup>	1,39•10 <sup>8</sup>
		1•10 <sup>7</sup>	1,9•10 <sup>7</sup>	5•10 <sup>7</sup>	1,2•10 <sup>8</sup>	1,41•10 <sup>8</sup>	1,39•10 <sup>8</sup>
		1•10 <sup>7</sup>	1,9•10 <sup>7</sup>	5•10 <sup>7</sup>	1,2•10 <sup>8</sup>	1,41•10 <sup>8</sup>	1,39•10 <sup>8</sup>
		1•10 <sup>7</sup>	1,9•10 <sup>7</sup>	5•10 <sup>7</sup>	1,2•10 <sup>8</sup>	1,41•10 <sup>8</sup>	1,39•10 <sup>8</sup>
		1•10 <sup>7</sup>	1,9•10 <sup>7</sup>	5•10 <sup>7</sup>	1,2•10 <sup>8</sup>	1,41•10 <sup>8</sup>	1,39•10 <sup>8</sup>
		1•10 <sup>7</sup>	1,9•10 <sup>7</sup>	5•10 <sup>7</sup>	1,2•10 <sup>8</sup>	1,41•10 <sup>8</sup>	1,39•10 <sup>8</sup>
		1•10 <sup>7</sup>	1,9•10 <sup>7</sup>	5•10 <sup>7</sup>	1,2•10 <sup>8</sup>	1,41•10 <sup>8</sup>	1,39•10 <sup>8</sup>
	З хелатом заліза	1•10 <sup>7</sup>	1,9•10 <sup>7</sup>	3,9•10 <sup>7</sup>	1,1•10 <sup>8</sup>	1,1•10 <sup>8</sup>	1,22•10 <sup>8</sup>
		1•10 <sup>7</sup>	1,9•10 <sup>7</sup>	3,9•10 <sup>7</sup>	1,1•10 <sup>8</sup>	1,1•10 <sup>8</sup>	1,22•10 <sup>8</sup>



		$1 \cdot 10^7$	$1,9 \cdot 10^7$	$3,9 \cdot 10^7$	$1,1 \cdot 10^8$	$1,1 \cdot 10^8$	$1,22 \cdot 10^8$
		$1 \cdot 10^7$	$1,9 \cdot 10^7$	$3,9 \cdot 10^7$	$1,1 \cdot 10^8$	$1,1 \cdot 10^8$	$1,22 \cdot 10^8$
		$1 \cdot 10^7$	$1,9 \cdot 10^7$	$3,9 \cdot 10^7$	$1,1 \cdot 10^8$	$1,1 \cdot 10^8$	$1,22 \cdot 10^8$
		$1 \cdot 10^7$	$1,9 \cdot 10^7$	$3,9 \cdot 10^7$	$1,1 \cdot 10^8$	$1,1 \cdot 10^8$	$1,22 \cdot 10^8$
		$1 \cdot 10^7$	$1,9 \cdot 10^7$	$3,9 \cdot 10^7$	$1,1 \cdot 10^8$	$1,1 \cdot 10^8$	$1,22 \cdot 10^8$
	З хелатом	$1 \cdot 10^7$	$1,8 \cdot 10^7$	$4,4 \cdot 10^7$	$1,22 \cdot 10^8$	$1,44 \cdot 10^8$	$1,42 \cdot 10^8$
	заліза у	$1 \cdot 10^7$	$1,8 \cdot 10^7$	$4,4 \cdot 10^7$	$1,22 \cdot 10^8$	$1,44 \cdot 10^8$	$1,42 \cdot 10^8$
	магнітному	$1 \cdot 10^7$	$1,8 \cdot 10^7$	$4,4 \cdot 10^7$	$1,22 \cdot 10^8$	$1,44 \cdot 10^8$	$1,42 \cdot 10^8$
	полі	$1 \cdot 10^7$	$1,8 \cdot 10^7$	$4,4 \cdot 10^7$	$1,22 \cdot 10^8$	$1,44 \cdot 10^8$	$1,42 \cdot 10^8$
		$1 \cdot 10^7$	$1,8 \cdot 10^7$	$4,4 \cdot 10^7$	$1,22 \cdot 10^8$	$1,44 \cdot 10^8$	$1,42 \cdot 10^8$
		$1 \cdot 10^7$	$1,8 \cdot 10^7$	$4,4 \cdot 10^7$	$1,22 \cdot 10^8$	$1,44 \cdot 10^8$	$1,42 \cdot 10^8$
		$1 \cdot 10^7$	$1,8 \cdot 10^7$	$4,4 \cdot 10^7$	$1,22 \cdot 10^8$	$1,44 \cdot 10^8$	$1,42 \cdot 10^8$

Написати код на Python, щоб він розраховував:

- середнє значення величини, яка вимірювалася експериментально (а саме, середнє значення кількості клітин) (формула (2) <https://zfftt.kpi.ua/images/books/TheorOfErrors.pdf>);
- середню квадратичну похибку середнього (формула (3) <https://zfftt.kpi.ua/images/books/TheorOfErrors.pdf>);
- дисперсію величини, яка вимірювалася експериментально;
- найбільш ймовірне значення величини, яка вимірювалася експериментально.

### Питання до заліку з курсу «Прикладна біоінформатика»

1. Історія розвитку та основні мови програмування.
2. Об'єктно-орієнтований підхід до програмування.
3. Процедурний підхід до програмування.
4. Основні переваги Python. Задачі, для яких застосовують Python.
5. Типи даних в Python.
6. Логічні операції в Python.
7. Математичні оператори та функції в Python.
8. Функції в Python.
9. Класи в Python.
10. Основні пакети Python.
11. Основні функції роботи зі списками.
12. Основні функції роботи зі словниками.
13. Основні функції роботи з кортежами.
14. Основні функції роботи з множинами (наборами).
15. Основні функції пакету Matplotlib для побудови графіків.
16. Основні функції пакету Opencv-python для роботи з зображеннями біологічних об'єктів графіків.
17. Основні засоби роботи з генетичними послідовностями в пакету Biopython.
18. Функції для лінійної регресії в пакеті Sklearn.
19. Особливості постгеномної ери в розвитку біоінформатики.
20. Генна терапія, визначення, стратегія розвитку.
21. Вірусні системи доставки генів та ліків.
22. Невірусні системи доставки генів та ліків.
23. Методи магнітокерованої доставки генів та ліків.
24. Розвиток персоналізованої (прецизійної) медицини.
25. Приклади досягнень персоналізованої медицини у лікуванні раку.
26. Приклади досягнень персоналізованої медицини у лікуванні респіраторних захворювань.
27. Приклади досягнень персоналізованої медицини у лікуванні інфекційних захворювань.
28. Врахування вживання та дозування ліків за використання методів персоналізованої медицини.

29. Вирішення проблеми обстеження населення в різних країнах для врахування спадкових захворювань.
30. Виклики, що характерні в даний час для персоналізованої медицини: питання інтелектуальної власності, конфіденційності, відшкодування ризиків тощо.
31. Розвиток персоналізованої (прецизійної) медицини.
32. Дати визначення поняттю фармакогеноміка.
33. Приклади досягнень персоналізованої медицини у лікуванні раку.
34. Приклади досягнень персоналізованої медицини у лікуванні серцево-судинних захворювань.
35. Приклади досягнень персоналізованої медицини у лікуванні інфекційних захворювань.
36. Врахування вживання та дозування ліків за використання методів персоналізованої медицини.
37. Вирішення проблеми обстеження населення в різних країнах для врахування спадкових захворювань.
38. Виклики, що характерні в даний час для персоналізованої медицини: питання інтелектуальної власності, конфіденційності, відшкодування ризиків тощо.
39. Приклади закордонних та українських фірм, що пропонують генетичний аналіз при встановленні батьківства та інших послуг.
40. Вірусні системи доставки генів та ліків.
41. Невірусні системи доставки генів та ліків.
42. Методи магнітокерованої доставки генів та ліків.
43. Класифікація і типи біомаркерів.
44. Сімейства механочутливих іонних каналів багатоклітинних організмів та їх характеристики.
45. Механізми впливу на активацію механочутливих іонних каналів.
46. Класифікація механочутливих іонних каналів.
47. Які параметри коливального динамічного сигналіngu кальцію важливі для декодування та передачі сигналу в клітинах.

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

складено д.т.н., проф. Горобець С.В.

**Ухвалено** кафедрою біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології (протокол №18 від 25.05.2023 р.)

**Погоджено** Методичною комісією факультету (протокол № 11 від 26.06.23).