



Основи біомедичного застосування високоградієнтної  
магнітної фільтрації і сепарації

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший</i> (бакалаврський)
Галузь знань	13 – Механічна інженерія
Спеціальність	133 – Галузеве машинобудування
Освітня програма	<i>Механічна інженерія</i>
Статус дисципліни	вибіркова
Форма навчання	Денна
Рік підготовки, семестр	4 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити (120 год.), в т.ч. лекцій – 36 год., практичних – 10 годин, комп’ютерних практикумів – 8 годин, СРС – 66 год.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік/Реферат
Розклад занять	<i>На сайтах <a href="http://roz.kpi.ua">http://roz.kpi.ua</a> та <a href="https://schedule.kpi.ua">https://schedule.kpi.ua</a></i>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор, викладач практичних робіт та комп’ютерних практикумів: доктор технічних наук, професор Горобець Світлана Василівна, телеграм чат дисципліни
Розміщення курсу	На платформі дистанційного навчання Google Клас за посиланням <a href="https://classroom.google.com/c/NDEyNTgzNTcyODQw?cjc=hthzu22">https://classroom.google.com/c/NDEyNTgzNTcyODQw?cjc=hthzu22</a> , код класу hthzu22, постійне посилання на Google Meet <a href="https://meet.google.com/erh-ecxj-fpu">https://meet.google.com/erh-ecxj-fpu</a> <a href="https://campus.kpi.ua/">https://campus.kpi.ua/</a>

Програма навчальної дисципліни

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

Спецкурс “Основи біомедичного застосування високоградієнтної магнітної фільтрації і сепарації” є одним з найбільш важливих інженерно-біологічних напрямків, що відіграє значну роль у підготовці спеціалістів для фармацевтичної та мікробіологічної промисловості.

В теперішній час магнітні технології широко застосовуються в різних областях: водопостачанні – очищення і знезаражування питної води, особливо підземних вод; очищення побутових та стічних вод; магнітна обробка води з метою запобігання утворення накипу на трубах, в котлах; харчовій промисловості – очищення сипучих і рідких харчових продуктів; збільшення термінів зберігання харчових продуктів; інтенсифікація технологічних циклів приготування продуктів; у сільському господарстві для очищення ґрунту, сільськогосподарської сировини; медицині і фармації – очищення і сепарації крові і лікарських препаратів; заданого транспорту ліків і генів в організмі людини, лікування бактеріальних захворювань комбінованою дією магнітних полів і біотерапевтичних препаратів, у діагностиці та лікування захворювань; машинобудуванні – очищення робочих рідин гідрообладнання; хімічній та нафтохімічній промисловості – очищення рідкого аміаку при виробництві азотної кислоти, очищення нафти та ін.; енергетиці – очищення води котельних агрегатів теплових електростанцій; очищення води атомних станцій; металургійної промисловості - очищення оборотної води, очищення доменних газів; збагачення руд чорних та

кольорових металів; керамічній промисловості; при виробництві паперу для очищення крейди та макулатурної маси від феромагнітних домішок тощо.

Найбільш широке розповсюдження в усіх цих галузях мають високоградієнтні магнітні сепаратори. Однак до 1970 року застосування магнітних технологій в біологічних науках було обмеженим. Широкого розповсюдження для біологічних та медичних застосувань (наприклад, для розділення клітин) магнітна сепарація набула після створення нових магнітокерованих сорбентів з покращеними властивостями для різних процедур, пов'язаних з клітинною сепарацією. Магнітними сепараторами з високоградієнтними феромагнітними насадками (ВГФН) вилучаються з робочого середовища домішки за рахунок різниці в магнітних властивостях самих домішок і робочого середовища, шляхом збільшення зовнішнього магнітного поля фільтра або зменшення розмірів окремих елементів ВГФН. Збільшення зовнішнього магнітного поля фільтра обмежено властивостями матеріалів магнітної системи, а збільшення градієнтного магнітного в околі окремих елементів ВГФН можливе тільки за рахунок зменшення розмірів окремих елементів насадки.

Магнітна сепарація клітин має суттєві переваги у порівнянні з іншими технологіями, які використовуються для цих цілей. Це дозволяє направлено відділяти клітини від зразків сировини, наприклад, такого типу, як кров, кістковий мозок, живильне середовище, вода тощо. Порівняно з іншими методами клітинної сепарації, магнітна сепарація є найбільш чутливим методом розділення з порівняно простою і швидкою технологією, що обумовило її широке розповсюдження в світі.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів компетентностей:

ФК1: Здатність застосовувати типові аналітичні методи та комп'ютерні програмні засоби для розв'язування інженерних завдань галузевого машинобудування, ефективні кількісні методи математики, фізики, інженерних наук, а також відповідне комп'ютерне програмне забезпечення для розв'язування інженерних задач галузевого машинобудування.

ФК2: Здатність застосовувати фундаментальні наукові факти, концепції, теорії, принципи для розв'язування професійних задач і практичних проблем галузевого машинобудування.

ФК5: Здатність застосовувати комп'ютеризовані системи проектування та спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань в галузі машинобудування.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

Програмні результати навчання:

ПРН1: Знання і розуміння засад технологічних, фундаментальних та інженерних наук, що лежать в основі галузевого машинобудування відповідної галузі.

ПРН3: Знати і розуміти системи автоматичного керування об'єктами та процесами галузевого машинобудування, мати навички їх практичного використання.

ПРН4: Здійснювати інженерні розрахунки для вирішення складних задач і практичних проблем у галузевому машинобудуванні.

ПРН5: Аналізувати інженерні об'єкти, процеси та методи.

ПРН6: Відшукувати потрібну наукову і технічну інформацію в доступних джерелах, зокрема, іноземною мовою, аналізувати і оцінювати її.

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

Місце в структурно-логічній схемі навчання забезпечується дисциплінами, такими як загальні хімічні, біологічні та інженерні дисципліни: «Програмне забезпечення інженерних розрахунків», «Технологія машинобудування», «Основи моделювання технологічних процесів в галузі»,

«Сучасне обладнання фармацевтичної та біотехнологічної промисловості», а також базовий рівень володіння англійською мовою не нижче А2. У структурно-логічній площині програми підготовки бакалаврів зі спеціальності Галузеве машинобудування дисципліна базується на попередньо вивчених дисциплінах, які створюють фундамент для подальшої дослідницької і практичної діяльності випускників.

### 3. Зміст навчальної дисципліни

*Тема 1. Інтерпретована, об'єктно-орієнтована мова програмування Python для вирішення задач біотехнології*

Лекція 1. Різні мови програмування та сфери їх застосування. Об'єктно-орієнтований і системний підходи. Порівняння об'єктно-орієнтованого та процедурного (традиційного) підходів. Особливості мови Python. Пакети Python для вирішення задач біотехнології.

Лекція 2. Базові поняття мови Python: базовий синтаксис, типи даних, математичні операції, логічні оператори, умовні оператори, цикли.

Лекція 3. Складні структури даних мови Python. Робота з рядками, списками, словниками, кортежами, множинами (наборами).

Лекція 4. Функції в Python та робота з файлами в мові Python.

*Тема 2. Становлення високоградієнтної магнітної сепарації в біології та медицині. Магнітні характеристики речовин. Постійні магніти для високоградієнтних магнітних сепараторів (ВГМС). Конструкції магнітних сепараторів.*

Лекція 5. Становлення високоградієнтної магнітної сепарації в біології та медицині.

Лекція 6. Магнітні властивості речовин.

Лекція 7. Постійні магніти для високоградієнтних магнітних сепараторів (ВГМС) та їх характеристики.

Лекція 8. Конструкції магнітних сепараторів, високоградієнтні феромагнітні насадки (ВГФН) у високоградієнтних магнітних сепараторах (ВГМС) та у живих організмах.

*Тема 3. Використання мови програмування Python і пакетів мови Python для аналізу, візуалізації експериментальних даних в біотехнології та розрахунку магнітних систем сепараторів.*

Лекція 9. Основи пакету numpy мови програмування Python.

Лекція 10. Пакет matplotlib для побудови графіків та діаграм та для візуалізації даних розрахунку магнітних систем високоградієнтних магнітних сепараторів.

Лекція 11. Пакети python для задач регресійного аналізу. Лінійна та поліноміальна регресія експериментальних даних.

Лекція 12. Пакет numpy мови програмування Python для розрахунку магнітних систем сепараторів на основі постійних магнітів, що застосовуються для сепарації біооб'єктів в біотехнології та медицині.

Лекція 13. Пакет magpylib мови програмування Python для розрахунку магнітних систем на основі постійних магнітів та електромагнітів з високоградієнтними феромагнітними насадками різної форми, що застосовуються для сепарації біооб'єктів в біотехнології та медицині.

*Тема 4. Основні методи високоградієнтної магнітної сепарації. Штучні магнітні наночастинки та біогенні магнітні наночастинки (БМН) у високоградієнтних магнітних сепараторах (ВГМС) та у живих організмах.*

Лекція 14. Штучні магнітні наночастинки, їх властивості, методи отримання та сфери застосування.

Лекція 15. Біогенні магнітні наночастинки (БМН), їх властивості, методи отримання та сфера застосувань, локалізація БМН та вплив на метаболізм рослин, грибів, тварин.

Лекція 16. Магнітні технології в таргетній доставці ліків та генів. Використання мікроорганізмів з природними магнітокерованими властивостями в якості векторів для генної терапії раку.

Лекція 17. Біомінералізація біогенних магнітних наночастинок (БМН) у людини в нормі і при патологіях.

Лекція 18. Принципи методів імуномагнітної сепарації та переваги її використання.

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Базова література: [1-6]

##### Додаткова література: [7-21]

- [1] Горобець О.Ю. Мова python: для інженерних та наукових задач [Електронний ресурс]: підручник для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 162 «Біотехнології та біоінженерія», магістра за спеціальністю 162 «Біотехнології та біоінженерія», бакалавра за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія» та магістра за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія» / О. Ю. Горобець, С. В. Горобець, К. Ю. Хахно ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 1-ше вид. – Електрон. текст. дані (1 файл, 13.7 авт.арк) – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 277 с.
- [2] С.В. Горобець, О.Ю. Горобець, Основи біомедичного застосування високоградієнтної магнітної сепарації, Електронний підручник, надано гриф Рекомендовано Методичною радою НТУУ «КПІ». Свідоцтво НМУ Е10/11-091 від 2.12.10, протокол № 3, 2010.  
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/860?locale=uk>.
- [3] П.П. Горбик, М.П. Турелик, С.В. Горобець, О.Ю. Горобець, І.В. Дем'яненко, Біофункціоналізовані наноматеріали і наноккомпозити: наукові основи та напрями застосування, навчальний посібник, ІХП ім. О. О. Чуйка НАНУ, НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані. – Київ : НТУУ «КПІ», 2013. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/3560>.
- [4] С.В. Горобець, І.В. Дем'яненко, Основи біомедичного застосування високоградієнтної магнітної сепарації (фільтрації) [Електронний ресурс] : методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів напряму підготовки 6.050503 «Машинобудування» факультету біотехнології і біотехніки, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ, 2010. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/822>
- [5] 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).
- [6] S.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>.
- [7] O.Y. Gorobets, S.V. Gorobets, Y.I. Gorobets, Biogenic Magnetic Nanoparticles. *Biomaterialization in Prokaryotes and Eukaryotes*, Dekker Encycl. Nanosci. Nanotechnology, Third Ed. CRC Press New York. (2014) 300–308. <https://doi.org/10.1081/E-ENN3-120050083>.
- [8] 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>.
- [9] A. Pekarsky, O. Spadiut, Intrinsically Magnetic Cells: A Review on Their Natural Occurrence and Synthetic Generation, *Front. Bioeng. Biotechnol.* 8 (2020). <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.573183>.
- [10] С.В. Горобець, О.Ю. Горобець, І.А. Бондар, В.П. Роспотнюк, Основи біомедичного застосування високоградієнтної магнітної фільтрації і сепарації. Методичні вказівки для виконання практичних робіт для студентів напряму підготовки 6.050503 «Машинобудування», Електронне видання. Гриф «Рекомендовано вченою радою ФБТ» протокол № 8 від 27.04.2015, 2015. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/11719>.
- [12] M. Frenea-Robin, J. Marchalot, Basic Principles and Recent Advances in Magnetic Cell Separation, *Magnetochemistry*. 8 (2022) 11. <https://doi.org/10.3390/magnetochemistry8010011>.
- [13] P.S. Williams, L.R. Moore, P. Joshi, M. Goodin, M. Zborowski, A. Fleischman, Microfluidic chip for graduated magnetic separation of circulating tumor cells by their epithelial cell adhesion molecule expression and magnetic nanoparticle binding, *J. Chromatogr. A*. 1637 (2021) 461823. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2020.461823>.
- [14] O. Civelekoglu, A.B. Frazier, A.F. Sarioglu, The Origins and the Current Applications of Microfluidics-Based Magnetic Cell Separation Technologies, *Magnetochemistry*. 8 (2022) 10. <https://doi.org/10.3390/magnetochemistry8010010>.
- [15] A. Ali, T. Shah, R. Ullah, P. Zhou, M. Guo, M. Ovais, Z. Tan, Y. Rui, Review on Recent Progress

- in Magnetic Nanoparticles: Synthesis, Characterization, and Diverse Applications, *Front. Chem.* 9 (2021). <https://doi.org/10.3389/fchem.2021.629054>.
- [16] M. Neamtu, C. Nadejde, V.-D. Hodoroba, R.J. Schneider, L. Verestiuc, U. Panne, Functionalized magnetic nanoparticles: Synthesis, characterization, catalytic application and assessment of toxicity, *Sci. Rep.* 8 (2018) 6278. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24721-4>.
- [17] M.I. Anik, M.K. Hossain, I. Hossain, A.M.U.B. Mahfuz, M.T. Rahman, I. Ahmed, Recent progress of magnetic nanoparticles in biomedical applications: A review, *Nano Sel.* 2 (2021) 1146–1186. <https://doi.org/10.1002/nano.202000162>.
- [18] Gorobets, Svitlana, Oksana Gorobets, Yuri Gorobets, and Maryna Bulaievskia. 2022. “Chain-Like Structures of Biogenic and Nonbiogenic Magnetic Nanoparticles in Vascular Tissues.” *Bioelectromagnetics* 43(2): 119–43. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bem.22390>
- [19] Gorobets O.Yu. Biomineralization and synthesis of biogenic magnetic nanoparticles and magnetosensitive inclusions in microorganisms and fungi / O.Yu. Gorobets, S.V. Gorobets, L.V20Sorokina // *Functional Materials*. – 2014. – No4. – P. 15-21. <http://dx.doi.org/10.15407/fm21.04.427>
- [20] Gorobets S., Gorobets O., Sharay I., Yevzhyk L. The influence of artificial and biogenic magnetic nanoparticles on the metabolism of fungi // *Funct. Mater.* 2021; 28 (2): 315-322. doi: <https://doi.org/10.15407/fm28.02.315>
- [21] Gorobets S., Gorobets O., Magerman A.V., Sharay I.V. Biogenic magnetic nanoparticles in plants. 2018, arXiv:1901.07212[q-bio.OT]. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1901/1901.07212.pdf>
- [22] D. Baragaño, J. Alonso, J.R. Gallego, M.C. Lobo, M. Gil-Díaz, Magnetite nanoparticles for the remediation of soils co-contaminated with As and PAHs, *Chem. Eng. J.* (2020). <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.125809> .
- [23] H. Bahrulolum, S. Nooraei, N. Javanshir, H. Tarrahimofrad, V.S. Mirbagheri, A.J. Easton, G. Ahmadian, Green synthesis of metal nanoparticles using microorganisms and their application in the agrifood sector, *J. Nanobiotechnology.* (2021). <https://doi.org/10.1186/s12951-021-00834-3>.
- [24] C. Claudio, E. Di Iorio, Q. Liu, Z. Jiang, V. Barrón, Iron oxide nanoparticles in soils: Environmental and agronomic importance, *J. Nanosci. Nanotechnol.* (2017). <https://doi.org/10.1166/jnn.2017.14197> .
- [25] A. Spanos, K. Athanasiou, A. Ioannou, V. Fotopoulos, T. Krasia-Christoforou, Functionalized Magnetic Nanomaterials in Agricultural Applications, *Nanomaterials.* 11 (2021) 3106. <https://doi.org/10.3390/nano11113106>.
- [26] 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>
- [27] D. Kuzajewska, A. Wszolek, W. Żwierzeło, L. Kirczuk, A. Maruszewska, Magnetotactic Bacteria and Magnetosomes as Smart Drug Delivery Systems: A New Weapon on the Battlefield with Cancer?, *Biology (Basel).* 9 (2020) 102. <https://doi.org/10.3390/biology9050102>.
- [28] M.A. Busquets, J. Estelrich, Prussian blue nanoparticles: synthesis, surface modification, and biomedical applications, *Drug Discov. Today.* (2020). <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2020.05.014> .
- [29] Gorobets O. Yu., S.V. Gorobets, Y.A. Darnenko, I. V. Sharay, O.M. Lazarenko Detection of biogenic magnetic nanoparticles in human’s aortic aneurysms // *Acta Physica Polonica A.* – 2018. – Vol. 133. – № 3. – P.738-741. <http://przyrbwn.icm.edu.pl/APP/PDF/133/app133z3p123.pdf>
- [30] Алексеева Т.А., С.В. Горобець, О.Ю. Горобець, І.В. Дем’яненко, О.М. Лазаренко Магнітна-силова мікроскопія атеросклеротичних бляшок // *Медичні перспективи.* – 2014. – Т. 19. – № 1. – С. 4 [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Мр\\_2014\\_19\\_1\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Мр_2014_19_1_3)
- [31] R. E. Wilson , Ryan O'Connor Immunomagnetic Capture and Multiplexed Surface Marker Detection of Circulating Tumor Cells with Magnetic Multicolor Surface-Enhanced Raman Scattering Nanotags//*ACS Appl Mater Interfaces* (2020);12(42):47220-47232 doi: 10.1021/acsami.0c12395 .
- [32] J.M. Kefauver, A.B. Ward, A. Patapoutian, Discoveries in structure and physiology of mechanically activated ion channels, *Nature.* 587 (2020) 567–576

<https://doi.org/10.1038/s41586-020-2933-1>

[32] Oksana Gorobets, Svitlana Gorobets, Iryna Sharai, Tatyana Polyakova, Vitalii Zablotskii Interaction of magnetic fields with biogenic magnetic nanoparticles on cell membranes: physiological consequences for organisms in health and disease (2023) Bioelectromagnetics.

<https://doi.org/10.1016/j.bioelechem.2023.108390>

### Інформаційні ресурси

1. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>
2. <https://www.python.org/>
3. [www.numpy.org](http://www.numpy.org)
4. <https://docs.scipy.org/doc/scipy/>
5. <https://matplotlib.org/>
6. <https://magpylib.readthedocs.io/en/latest/>

### Навчальний контент

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

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
<i>Тема 1. Інтерпретована, об'єктно-орієнтована мова програмування Python для вирішення задач біотехнології</i>	
1	Лекція 1. Різні мови програмування та сфери їх застосування. Об'єктно-орієнтований і системний підходи. Порівняння об'єктно-орієнтованого та процедурного (традиційного) підходів. Особливості мови Python. Пакети Python для вирішення задач біотехнології. Література основна: [1]; інформаційні ресурси: [1]
2	Лекція 2. Базові поняття мови Python: базовий синтаксис, типи даних, математичні операції, логічні оператори, умовні оператори, цикли. Література основна: [1]; інформаційні ресурси: [1]
3	Лекція 3. Складні структури даних мови Python. Робота з рядками, списками, словниками, кортежами, множинами (наборами). Література основна: [1]; інформаційні ресурси: [1]
4	Лекція 4. Функції в Python та робота з файлами в мові Python. Література основна: [1]; інформаційні ресурси: [1]
<i>Тема 2. Становлення високоградієнтної магнітної сепарації в біології та медицині. Магнітні характеристики речовин. Постійні магніти для високоградієнтних магнітних сепараторів (ВГМС). Конструкції магнітних сепараторів.</i>	
5	Лекція 5. Становлення високоградієнтної магнітної сепарації в біології та медицині. Напрямки вдосконалення та поширення ВГМС в різних галузях. Области застосування ВГМС, види методів очистки, пряма та непряма сепарація, напрямки вдосконалення. Історія розвитку ВГМС, області застосування, фізичні та технологічні принципи проектування та використання приладів та методів ВГМС. Фактори, що сприяли використанню ВГМС в переважній більшості галузей. Фактори, які необхідно враховувати при використанні магнітних технологій та ВГМС в біології та медицині. Література основна: [2] [3] [4]; додаткова: [7] [8] [9];
6	Лекція 6. Магнітні властивості речовин. Література основна: [2] [3]; додаткова: [10]
7	Лекція 7. Постійні магніти для високоградієнтних магнітних сепараторів (ВГМС) та їх характеристики. Основні характеристики феромагнітних та феримагнітних матеріалів. Петля гістерезису, магнітний потік, напруженість магнітного поля. Розрахунок індукції та напруженості магнітного поля для постійних магнітів, соленоїдів, систем високоанізотропних постійних магнітів. Постійні магніти, що використовуються для

	магнітних систем ВГМФС. Магніти альніко, феритові магніти (кераміка), магніти самарій кобальтові, магніти неодим-залізо-бор, магнітопласти – полімерні магніти. Література основна: [2]; додаткова: [11]; Інформаційні ресурси: [2-6]
8	Лекція 8. Конструкції магнітних сепараторів, високоградієнтні феромагнітні насадки (ВГФН) у високоградієнтних магнітних сепараторах (ВГМС) та у живих організмах. Конструкції магнітних сепараторів для біомедичних застосувань. Основні характеристики та методи отримання високоградієнтних феромагнітних насадок для ВГМС. Література основна: [2] [5]; додаткова: [9-14].
<i>Тема 3. Використання мови програмування Python і пакетів мови Python для аналізу, візуалізації експериментальних даних в біотехнології та розрахунку магнітних систем сепараторів.</i>	
9	Лекція 9. Основи пакету numpy мови програмування Python. Література основна: [1]; інформаційні ресурси: [3]
10	Лекція 10. Пакет Matplotlib для побудови графіків та діаграм та для візуалізації даних розрахунку магнітних систем високоградієнтних магнітних сепараторів. Література основна: [1]; інформаційні ресурси: [5]
11	Лекція 11. Пакети Python для задач регресійного аналізу. Лінійна та поліноміальна регресія експериментальних даних. Література основна: [1]; інформаційні ресурси: [3, 4]
12	Лекція 12. Пакет numpy мови програмування Python для розрахунку магнітних систем сепараторів на основі постійних магнітів, що застосовуються для сепарації біооб'єктів в біотехнології та медицині. Література основна: [1]; інформаційні ресурси: [3]
13	Лекція 13. Пакет magpylib мови програмування Python для розрахунку магнітних систем на основі постійних магнітів та електромагнітів з високоградієнтними феромагнітними насадками. Інформаційні ресурси: [6]
<i>Тема 4. Основні методи високоградієнтної магнітної сепарації. Штучні магнітні наночастинки та біогенні магнітні наночастинки (БМН) у високоградієнтних магнітних сепараторах (ВГМС) та у живих організмах.</i>	
14	Лекція 14. Штучні магнітні наночастинки, їх властивості, методи отримання та сфера застосування. Література основна: [2] [4]; додаткова: [15-17].
14	Лекція 15. Біогенні магнітні наночастинки (БМН), їх властивості, методи отримання та сфера застосувань, локалізація БМН та вплив на метаболізм рослин, грибів, тварин. Література основна: [2] [4]; додаткова: [18-25]
16	Лекція 16. Магнітні технології в таргетній доставці ліків та генів. Використання мікроорганізмів з природними магнітокерованими властивостями в якості векторів для генної терапії раку. Література основна: [4]; додаткова: [26-28]
17	Лекція 17. Біомінералізація біогенних магнітних наночастинок (БМН) у людини в нормі і при патологіях. Література основна: [8]; додаткова: [29-32]
18	Лекція 18. Принципи методів імуномагнітної сепарації та переваги її використання. Принципи імуномагнітної сепарації, отримання моноклональних антитіл, схема процесу імуноферментного аналізу, схема процесу імуномагнітної сепарації, переваги використання магнітокерованих дисперсних матеріалів. Література основна: [2]; додаткова: [31]

## Практичні заняття

№ з/п	Назва теми практичного заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
<i>Тема 1. Інтерпретована, об'єктно-орієнтована мова програмування Python для вирішення задач біотехнології</i>	
1	<p><b>Практичне заняття 1.</b> Робота в базах даних Національного центру біотехнологічної інформації США (National Center for Biotechnology Information (NCBI)). Пошук літератури по властивостям і використанню штучних і біогенних магнітних наночастинок, використанню магнітної сепарації в біотехнології, медицині та сільському господарстві.</p> <p>Література: базова [2,3], інформаційні ресурси [1].</p>
2	<p><b>Практичне заняття 2.</b> Налаштування середовища розробки та запуск програми на Python. Базові поняття мови Python: базовий синтаксис, типи даних, математичні операції, логічні оператори, умовні оператори, цикли.</p> <p>Література: базова [1], інформаційні джерела [2]</p>
3	<p><b>Практичне заняття 3.</b> Робота з типами даних мови Python: рядками, списками, словниками, кортежами, множинами (наборами).</p> <p>Література: базова [1], інформаційні джерела [2]</p>
4	<p><b>Практичне заняття 4.</b> Пакети мови програмування Python для задач регресійного аналізу. Лінійна та поліноміальна регресія експериментальних даних.</p> <p>Література: базова [1], інформаційні джерела [3,4,5]</p>
5	<p><b>Практичне заняття 5.</b> Презентації доповідей та доповіді рефератів студентів.</p> <p>Література: базова [6]</p>
<i>Тема 3. Використання мови програмування Python і пакетів мови Python для аналізу, візуалізації експериментальних даних в біотехнології та розрахунку магнітних систем сепараторів.</i>	
1	<p><b>Комп'ютерний практикум 1.</b> Розрахунок магнітних полів постійних магнітів різної форми, що застосовуються для сепарації біооб'єктів в біотехнології та медицині, з застосуванням пакету numpy мови програмування python. Візуалізація результатів розрахунку магнітних полів постійних магнітів з застосуванням пакету matplotlib.</p> <p>Література базова: [2]; інформаційні ресурси: [3,5]</p>
2	<p><b>Комп'ютерний практикум 2.</b> Створення джерел магнітного поля (струмів та постійних магнітів) як об'єктів пакету magpylib мови програмування Python. Маніпуляції з об'єктами пакету magpylib (переміщення та обертання) та візуалізація об'єктів (постійних магнітів, датчиків тощо) пакету magpylib (метод display). Візуалізація результатів розрахунку магнітних полів постійних магнітів з застосуванням пакету matplotlib.</p> <p>Література базова: інформаційні ресурси: [5,6]</p>
3	<p><b>Комп'ютерний практикум 3.</b> Розрахунок індукції магнітного поля та напруженості магнітного поля постійних магнітів різної форми, що застосовуються для сепарації біооб'єктів в біотехнології та медицині, з застосуванням пакету magpylib мови програмування python. Візуалізація просторового розподілу індукції магнітного поля на лінії з'єднання двох магнітів із застосуванням пакетів numpy, magpylib та matplotlib мови програмування python.</p> <p>Література базова: [2], додаткова: [10]; інформаційні ресурси: [3-6]</p>
4	<p><b>Комп'ютерний практикум 4.</b> Залік.</p>



## 6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента по дисципліні «Основи біомедичного застосування високоградієнтної магнітної фільтрації і сепарації» складає 66 годин, включає підготовку до аудиторних занять (52 години), реферат (8 годин), залік (6 годин).

## Політика та контроль

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

Вивчення дисципліни «Основи біомедичного застосування високоградієнтної магнітної фільтрації і сепарації» відбувається на лекційних, практичних та комп'ютерних практикумах. Наочність навчальних занять забезпечується використанням значної кількості ілюстративного матеріалу (схем, таблиць, презентацій). Під час викладання даної дисципліни викладач проводить опитування здобувачів для того, щоб визначити рівень засвоєння ними викладеного матеріалу, важливим є активність здобувачів.

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

- *правила відвідування занять (як лекцій, так і практичних/лабораторних);*
- Відвідування лекцій, практичних занять та комп'ютерних практикумів, а також відсутність на них, не оцінюється. 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;* Правила призначення заохочувальних балів (заохочувальні бали призначаються згідно підрозділів 8-9 цього силабусу); штрафних балів немає.
- *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.
- *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 пристроїв). Мобільні пристрої дозволяється використовувати лише під час он-лайн тестування та виконання розрахунків.

При виконанні індивідуальних самостійних завдань (реферат) не наводити у списку використаної літератури публікації, співавторами яких є співробітники установ країни-агресора.

- *правила захисту індивідуальних завдань (тестування*  
<https://classroom.google.com/c/NDEyNTgzNTcyODQw?cjc=hthzu22> ).

Студент зобов'язаний зареєструватися на платформі дистанційного навчання Google Workspace for Education Fundamentals (в минулому G Suit For Education) на домені @LLL.kpi.ua та приєднатися до Google Класу «Основи біомедичного застосування високоградієнтної магнітної фільтрації і сепарації» за посиланням <https://classroom.google.com/c/NDEyNTgzNTcyODQw?cjc=hthzu22>. 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 учнів. Для приєднання до навчального курсу «Основи біомедичного застосування високоградієнтної магнітної фільтрації і сепарації» студенту потрібно перейти у Google Клас за посиланням <https://classroom.google.com>, натиснути зображення «+» у верхньому правому кутку браузера, вибрати «Приєднатися до класу» та ввести код курсу hthzu22. Акаунти студентів, які приєдналися до Google Класу не з акаунту на домені @LLL.kpi.ua, будуть вилучатися з навчального курсу «Основи біомедичного застосування високоградієнтної магнітної фільтрації і сепарації» Google Класу тому, що автоматичний імпорт оцінок за тестування можливий виключно з акаунту 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 перевірятися не будуть);

- Листування із студентами з організаційних питань буде здійснюватися через телеграм чат дисципліни.

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

**Поточний контроль:** тестування знань студентів з лекційного матеріалу, практичних та комп'ютерних практикумів (48 балів), відповіді та написання коду на практичних та комп'ютерних практикумах (18 балів), підготовка реферату (34 бали). 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:** проводиться двічі за семестр. Рубіжні (планові атестації). Студент повинен набрати балів: 1 атестація – «зараховано» - 20 балів ( 40 – максимум), 2 атестація – 40 балів (80 – максимум).

**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 не нижче 50 балів, написання реферату, відповіді та написання коду на практичних та практикумах, здача тестів.

Перевірка виконання СРС здійснюватиметься оцінюванням результатів тестування на платформі дистанційного навчання Google Workspace for Education Fundamentals на домені @LLL.kpi.ua в системі Google Клас за посиланням:  
<https://classroom.google.com/c/NDEyNTgzNTcyODQw?cjc=hthzu22> .

Кожен з тестів можливо пройти тільки один раз. Рейтингові (вагові) бали занять і рейтингові оцінки по всіх видах контролю в Google Класі дорівнюють відповідним балам в силабусі з коефіцієнтом 10 для зручності розрахунку балів (щоб не використовувати дробові числа). Відповідно перед кожною атестацією, а також в кінці семестру всі набрані студентом бали в Google Класі будуть ділитися на 10 і вноситись до системи АІС «Електронний кампус» КПІ імені Ігоря Сікорського.

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

### Додаток 1

#### 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, практичних та комп'ютерних практикумів	6	8	48
2	Відповіді та написання коду на практичних заняттях та комп'ютерних практикумах	1	18	18
3	Підготовка реферату	34	1	34
4	Всього			100

Вимоги до оформлення та виконання реферату описано в навчальному посібнику: Горобець С.В. «Основи біомедичного застосування високоградієнтної магнітної фільтрації і сепарації. Реферат» [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Механічна інженерія» спец. 133 Галузеве машинобудування КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С. В. Горобець. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 27 с.

#### Розрахунок шкали (R) рейтингу

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R = 48 + 18 + 34 = 100 \text{ балів};$$

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

Необхідною умовою для одержання заліку автоматом є здача тестів з лекційного матеріалу, практичних та комп'ютерних практикумів, виконання на позитивну оцінку реферату та загальний рейтинг не менше 60 балів. Для підвищення оцінки проводиться залікова робота. При цьому попередній рейтинг анулюється.

**Календарний контроль:** проводиться в кінці семестру.

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:

Кількість балів	Оцінка
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, здача тестів з лекційного матеріалу, практичних та комп'ютерних практикумів, та виконання реферату .

Заліковий білет складається з 10 питань, 1 питання оцінюється у 10 балів.

Повна відповідь на питання – 9-10 балів

Зроблені незначні помилки – 7-8 балів

Суттєві помилки у відповіді – 6 балів

Відповіді не вірні – 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

#### **Перелік питань для підготовки рефератів:**

1. Де вперше було застосовано методи ВГМС? У чому вони полягали?
2. Назвіть основні галузі, де застосування ВГМС.
3. Назвіть біомедичні області застосування методів ВГМС.
4. Назвіть основні фактори, які необхідно враховувати при проектуванні приладів ВГМС.
5. Чому на сьогодні стирається межа між пристроями для збагачення та пристроями для очищення робочих середовищ?
6. На які групи поділяються всі матеріали за магнітними властивостями?
7. Охарактеризуйте феро-, фері- та антиферомагнетики.
8. Охарактеризуйте пара- та діамагнетики.
9. Яка основна різниця між феро-, фері-, антиферомагнетиками та пара- і діамагнетиками?
10. Що таке прямі та непрямі способи ВГМС?
11. Напрямки удосконалення прямих способів ВГМС.
12. Що таке високоградієнтні феромагнітні насадки (ВГФН)?
13. Що таке високоградієнтні феромагнітні насадки (ВГФН) в організмах?
14. Критерії ефективності високоградієнтних феромагнітних насадок (ВГФН).
15. Класифікація високоградієнтних феромагнітних насадок (ВГФН).
16. Що таке багаторівневі високоградієнтні феромагнітні насадки (ВГФН)?
17. Характеристики багаторівневих високоградієнтних феромагнітних насадок (ВГФН).
18. Способи отримання багаторівневих високоградієнтних феромагнітних насадок (ВГФН).
19. Суть методу феритизації. Коли вперше був використаний метод феритизації?
20. Переваги методу феритизації.
21. Для яких галузей народного господарства, продукт отриманий в результаті феритизації є сировиною?
22. Яка обов'язкова умова протікання процесу феритизації?
23. Поняття намагніченості, напруженості та індукції магнітного поля.

24. Характеристики магнетиків (магнітна проникність, магнітна сприйнятливість, зв'язок між ними).
25. Типи магнетиків (із прикладами речовин) та їх природа.
26. Поведінка магнетиків у зовнішньому магнітному полі.
27. Поняття магнітного домену. Магнетики, що володіють доменною структурою. Однодоменні та багатодоменні магнетики. Суперпарамагнетики.
28. Петля гістерезису. Що відбувається із магнітними доменами при намагнічуванні і розмагнічуванні?
29. Магнітом'які та магнітотверді матеріали.
30. Зміст другого квадранту петлі гістерезису. Яким чином вдається отримати максимальне значення  $(BH)_{\max}$  для магніту?
31. Типи магнітів, їх області застосування.
32. Пряма та непряма ВГМС. Напрямки вдосконалення та поширення високоградієнтної магнітної фільтрації (сепарації) в різних галузях.
33. На які основні групи можна розділити магнітні сепаратори за типом операцій?
34. Характеристики магнітів NeFeB (залишкова намагніченість, температурний коефіцієнт індукції, коерцитивну силу, значення енергетичного добутку, діапазон робочих температур).
35. На які основні групи можна розділити магнітні сепаратори за типом операцій?
36. Назвіть основні фактори, які необхідно враховувати саме при проектуванні приладів ВГМФ(С).
37. Яка характеристика відображає різницю між магнітом'якими та магнітожорсткими матеріалами?
38. Характеристики магнітів Альніко.
39. На які основні групи можна розділити магнітні сепаратори періодичної дії по типу робочих ємностей?
40. Чому недоцільно використовувати магніти в формі довгих циліндрів? А в формі пластин великого розміру?
41. Приклади конструкцій площинних магнітних сепараторів, які ви знаєте фірми, що виготовляють площинні магнітні сепаратори.
42. Приклади конструкцій пробірочних магнітних сепараторів, які ви знаєте фірми, що виготовляють пробірочні магнітні сепаратори.
43. Методи магнітокерованої доставки ліків. Магнітофекція.
44. Бактеріальні магнітокеровані методи доставки ліків.
45. Які мікроорганізми використовуються для таргетної доставки ліків?
46. Використання наночастинок магнетиту для ремедіації ґрунтів.
47. Механізми взаємодії наночастинок магнетиту з рослинами.
48. Вплив наночастинок магнетиту на вегетативний ріст, фізіологічні параметри і поглинання заліза рослинами.
49. Реакція рослин на ефекти взаємодії наночастинок магнетиту і на стрес, спричинений впливом важких металів.
50. Вплив важких металів та наночастинок магнетиту на метаболічні процеси у рослин.
51. Вплив наночастинок магнетиту на ріст грибів.
52. Вплив наночастинок магнетиту на ріст рослин.
53. Вплив наночастинок магнетиту на магнітну сприйнятливість біомаси рослин та грибів.

#### **Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль:**

1. Де вперше було застосовано методи ВГМФ(С)? У чому вони полягали?
2. Назвіть основні галузі, де застосовуються ВГМФ(С).
3. Назвіть біомедичні області застосування методів ВГМФ(С).

4. Назвіть основні фактори, які необхідно враховувати при проектуванні приладів ВГМФ(С).
5. Чому, на сьогодні, стирається межа між пристроями для збагачення та пристроями для очищення робочих середовищ?
6. Чи всі речовини в природі виявляють магнітні властивості? Вкажіть основні групи, на які поділяються речовини за магнітними властивостями та чим вони відрізняються?
7. Охарактеризуйте феро-, фері- та антиферомагнетики.
8. Охарактеризуйте пара- та діамагнетики.
9. Яка основна різниця між феро-, фері-, антиферомагнетиками та пара- і діамагнетиками?
10. Що таке пряма та непряма ВГМС?
11. Напрямки удосконалення прямих способів ВГМФ(С).
12. Завдяки чому стало можливим використання ВГМФ(С) практично в усіх галузях?
13. Суть методу феритизації. Коли вперше був використаний метод феритизації?
14. Переваги методу феритизації.
15. Для яких галузей народного господарства, продукт отриманий в результаті феритизації є сировиною?
16. Яка обов'язкова умова протікання процесу феритизації?
17. Що таке високоградієнтні феромагнітні насадки (ВГФН)?
18. Основні вимоги, що висуваються до високоградієнтних феромагнітних насадок (ВГФН).
19. Основні критерії ефективності високоградієнтних феромагнітних насадок (ВГФН).
20. Класифікація високоградієнтних феромагнітних насадок (ВГФН).
21. Що таке багаторівневі високоградієнтні феромагнітні насадки (ВГФН)?
22. Характеристики багаторівневих високоградієнтних феромагнітних насадок (ВГФН).
23. Способи отримання багаторівневих високоградієнтних феромагнітних насадок (ВГФН).
24. Що таке магнітом'які та магнітожорсткі матеріали.
25. Визначення магнітної проникності матеріалів.
26. Чому дорівнює магнітна проникність діамагнетиків та парамагнетиків?
27. Що характеризує петля гістерезису?
28. Що характеризує другий квадрант петлі гістерезису?
29. Яким чином вдається отримати максимальне значення для постійного магніту?
30. Від чого залежить розмагнічуючий коефіцієнт магніту?
31. Які постійні магніти найбільше застосовуються у ВГМС для біомедичних досліджень?
32. Наведіть рівняння для знаходження максимальної енергії постійного магніту (ВН)<sub>max</sub>.
33. По якій формулі розраховується індукція магнітного поля створена соленоїдом в робочому об'ємі магнітного сепаратора.
34. Яка характеристика відображає різницю між магнітом'якими та магнітожорсткими матеріалами?
35. Які правилами необхідно враховувати при проектуванні ВГМС?
36. Чому для створення сильних магнітних полів за допомогою постійних магнітів потрібно використовувати високоанізотропні магнітні матеріали?
37. Які максимальні поля можна створювати за допомогою систем високоанізотропних постійних магнітів? Чим це максимальне поле обмежується?
38. Які переваги використання систем високоанізотропних постійних магнітів для сепарації біооб'єктів в порівнянні з традиційними конструкціями постійних магнітів?
39. Чи є технологічним використання систем високоанізотропних постійних магнітів для створення сильних магнітних полів в великих робочих об'ємах?
40. Які постійні магніти ви знаєте? Їх основні характеристики.
41. Характеристики магнітів NeFeB (залишкова намагніченість, температурний коефіцієнт індукції, коерцитивну силу, значення енергетичного добутку, діапазон робочих температур).
42. Характеристики магнітів Альніко.
43. Характеристики феритових магнітів.
44. Способи створення магнітних полів у ВГМС?
45. Привести приклади приладів, які використовують постійні магніти.

46. Суть методу феритизації. Для яких галузей народного господарства, продукт отриманий в результаті феритизації є сировиною?
47. Які магнітосорбційні методи очистки ви знаєте?
48. Для чого використовується біосорбція?
49. Назвіть методи очистки з використанням магнітних міток.
50. Що таке магнітокеровані сорбенти?
51. Методи отримання магнітокерованих сорбентів.
52. Морфологічні характеристики магнітних міток.
53. Хто вперше використав біосорбцію для сорбції іонів важких металів?
54. Які мікроорганізми є біосорбентами? Кількість важких металів, які можуть бути сорбовані мікроорганізмами?
55. Які фактори впливають на сорбційну здатність мікроорганізмів?
56. Переваги дріжджів *S. cerevisiae*, як біосорбентів.
57. Способи зв'язування важких металів мікроорганізмами.
58. Назвіть сайти для зв'язування важких металів мікроорганізмами.
59. Вимоги до біосорбентів.
60. Що таке магнітотаксисні бактерії?
61. Суть методу магнітної сепарації з використанням магнітокерованих мікроорганізмів.
62. Принципи, на яких заснована імуномагнітна сепарація.
63. Що таке антитіла, антигени, моноклональні антитіла?
64. Схема процесу імуномагнітної сепарації.
65. Переваги використання магнітокерованих дисперсних матеріалів.
66. Основні вимоги до магнітокерованих сорбентів.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

складено д.т.н., проф. Горобець С.В.

Ухвалено кафедрою біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології (протокол № 14 від 27.05.2024 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол №19 від 28.06.2024).