



Основи біомедичного застосування високоградієнтної магнітної фільтрації і сепарації

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (освітній)</i>
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	Загальна кількість 105 год.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік/ДКР/МКР
Розклад занять	Розклад занять викладено на сторінці http://rozklad.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доктор технічних наук, професор Горобець Світлана Василівна, телеграм-канал «Основи біомедичного застосування ВГМС» https://t.me/+kk4j-GXxLuUwNzky Викладач практичних занять: доктор технічних наук, професор Горобець Світлана Василівна, телеграм-канал «Основи біомедичного застосування ВГМС» https://t.me/+kk4j-GXxLuUwNzky Лабораторні роботи: к.т.н., ас. Дем'яненко Ірина Володимирівна
Розміщення курсу	На платформі дистанційного навчання Google Клас за посиланням https://classroom.google.com/c/NDEyNTgzNTcyODQw?cjc=7mxcody , код класу 7mxcody , постійне посилання на Google Meet https://meet.google.com/erh-ecxj-fpu .

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 гідروобладнання; 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 здатностей: розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов у біотехнології та біоінженерії, або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів біотехнології та біоінженерії; використовувати ґрунтовні знання з хімії та біології в обсязі, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми; працювати з біологічними агентами, використовуваними у біотехнологічних процесах (мікроорганізми, гриби, рослини, тварини; віруси; окремі їхні компоненти); комплексно аналізувати біологічні та біотехнологічні процеси на молекулярному та клітинному рівнях; використовувати знання про шляхи біосинтезу практично цінних метаболітів для вдосконалення біотехнологій їх одержання.

Основні завдання навчальної дисципліни

Завдання вивчення полягає в отриманні навичок та вмій для розрахунку і проектування обладнання фармацевтичної та мікробіологічної промисловості. Завдання студентів полягає в оволодінні основними методами розрахунку величин магнітних полів сепараторів, оптимальних швидкостей потоків середовищ, що підлягають сепарації та ін.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

ЗНАННЯ:

- основи високоградієнтної магнітної сепарації;
- основні методи високоградієнтної магнітної сепарації.
- розрахунки магнітних систем сепараторів та високоградієнтних феромагнітних насадок з використанням мови програмування Python.

УМІННЯ:

1. Вміти застосовувати сучасні математичні методи для розв'язання практичних задач, пов'язаних з дослідженням і проектуванням біотехнологічних процесів. Використовувати знання фізики для аналізу біотехнологічних процесів.

2. Вміти застосовувати знання складу та структури клітин різних біологічних агентів для визначення оптимальних умов культивування та потенціалу використання досліджуваних клітин у біотехнології.

3. Вміти проводити експериментальні дослідження з метою визначення впливу фізико-хімічних та біологічних факторів зовнішнього середовища на життєдіяльність клітин живих організмів.

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: «Аналітична хімія», «Біохімія», «Біофізика», «Загальна біологія», «Мікробіологія і вірусологія», «Генетика», «Загальна біотехнологія», «Інформаційні технології», а також базовий рівень володіння англійською мовою не нижче А2. У структурно-логічній площині програми підготовки бакалаврів з біотехнології дисципліна базується на попередньо вивчених дисциплінах, які створюють фундамент для подальшої дослідницької і практичної діяльності випускників.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1.1. Становлення високоградієнтної магнітної сепарації в біології та медицині. Магнітні характеристики речовин. Постійні магніти для високоградієнтних магнітних сепараторів (ВГМС).

Лекція 1. Становлення високоградієнтної магнітної сепарації в біології та медицині

Лекція 2. Магнітні властивості речовин.

Лекція 3. Постійні магніти для високоградієнтних магнітних сепараторів (ВГМС) та їх характеристики.

Тема 1.2. Пакети numpy та magpylib мови програмування Python для розрахунку магнітних систем сепараторів та високоградієнтних феромагнітних насадок.

Лекція 4. 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 5. 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.

Лекція 6. Пакети numpy та sklearn мови програмування Python для побудови математичної моделі процесу високоградієнтної магнітної сепарації біооб'єктів на основі експериментальних даних.

Тема 1.3. Штучні магнітні наночастинки та біогенні магнітні наночастинки (БМН) у високоградієнтних магнітних сепараторах (ВГМС) та у живих організмах.

Лекція 7. Високоградієнтні феромагнітні насадки (ВГФН) у високоградієнтних магнітних сепараторах (ВГМС) та у живих організмах.

Лекція 8. Штучні магнітні наночастинки, їх властивості, методи отримання та сфера застосування.

Лекція 9. Біогенні магнітні наночастинки (БМН), їх властивості, методи отримання та сфера застосувань. Генетично запрограмована біомінералізація БМН в магнітотаксисних бактеріях.

Лекція 10. Біомінералізація та локалізація біогенних магнітних наночастинок (БМН) в живих організмах (мікроорганізмах, рослинах, грибах, тваринах).

Лекція 11. Біомінералізація біогенних магнітних наночастинок (БМН) у людини в нормі і при патологіях. Вплив магнітних полів на організми.

Тема 1.4. Основні методи високоградієнтної магнітної сепарації.

Лекція 12. Конструкції магнітних сепараторів для біомедичних застосувань.

Лекція 13. Методи високоградієнтної магнітної сепарації біологічних середовищ.

Лекція 14. Використання магнітокерованих мікроорганізмів для очищення стічних вод та в біометалургії.

Лекція 15. Принципи імуномагнітної сепарації та переваги її використання.

Тема 1.5. Використання штучних та біогенних магнітних наночастинок в медицині, сільському господарстві та інших галузях.

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

Лекція 17. Магнітні нанотехнології в сільському господарстві.

Лекція 18. Перспективи розвитку магнітних нанотехнології в різних галузях.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література: [1-5]

Додаткова література: [6-20]

- [1] 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>.
- [2] П.П. Горбик, М.П. Турелик, С.В. Горобець, О.Ю. Горобець, І.В. Дем'яненко, Біофункціоналізовані наноматеріали і нанокompозити: 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>.
- [3] С.В. Горобець, О.Ю. Горобець, В.В. Лізунов, Біосорбція іонів металів з технологічних розчинів [Електронний ресурс]: навчальний посібник, НТУУ «КПІ», Електронні текстові дані (1 файл: 1,6 Мбайт), Київ, 2009. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/335>.
- [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.
- [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.
- [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>.
- [11] 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>.
- [12] S. V Gorobets, N.A. Mikhailenko, High-gradient ferromagnetic matrices for purification of wastewaters by the method of magnitoelectrolysis, *J. Water Chem. Technol.* 36 (2014) 153–159. <https://doi.org/10.3103/S1063455X14040018>.
- [13] M. Neamtu, C. Nadejde, V.-D. Hodoroaba, 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>.
- [14] 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>.
- [15] R.S. García, S. Stafford, Y.K. Gun'ko, Recent progress in synthesis and functionalization of multimodal fluorescent-magnetic nanoparticles for biological applications, *Appl. Sci.* (2018). <https://doi.org/10.3390/app8020172>.
- [16] S. V. Gorobets, O.Y. Gorobets, I. V. Sharau, Y. V. Milenko, Magnetically controlled vector based

- on E coli Nissle 1917, ArXiv. (2020). <https://arxiv.org/abs/2002.01958>.
- [17] 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>.
- [18] 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>.
- [19] 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>.
- [20] D. Kuzajewska, A. Wszolek, W. Żwieręto, 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>.
- [21] 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>.

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 1.1. Становлення високоградієнтної магнітної сепарації в біології та медицині. Магнітні характеристики речовин. Постійні магніти для високоградієнтних магнітних сепараторів (ВГМС)</i>	
1	Лекція 1. 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: [1] [2] [3] [4] [5]; додаткова: [6] [7] [8]; Інформаційні ресурси: [1]
2	Лекція 2. Магнітні властивості речовин. Література основна: [1] [2]; додаткова: [9]
3	Лекція 3. 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: [1]; додаткова: [10]; Інформаційні ресурси: [2, 3]
<i>Тема 1.2. Пакети numpy та matplotlib мови програмування Python для розрахунку магнітних систем сепараторів та високоградієнтних феромагнітних насадок</i>	
4	Лекція 4. Пакет numpy мови програмування Python для розрахунку магнітних систем сепараторів на основі постійних магнітів, що застосовуються для сепарації біооб'єктів в біотехнології та медицині. Інформаційні ресурси: [3]
5	Лекція 5. Пакет matplotlib 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. Інформаційні ресурси: [4]

6	<p>Лекція 6. Пакети numpy та sklearn мови програмування Python для побудови математичної моделі процесу високоградієнтної магнітної сепарації біооб'єктів на основі експериментальних даних.</p> <p>Інформаційні ресурси: [3, 5]</p>
<p><i>Тема 1.3. Штучні магнітні наночастинки та біогенні магнітні наночастинки (БМН) у високоградієнтних магнітних сепараторах (ВГМС) та у живих організмах.</i></p>	
7	<p>Лекція 7. Високоградієнтні феромагнітні насадки (ВГФН) у високоградієнтних магнітних сепараторах (ВГМС) та у живих організмах.</p> <p>Основні характеристики та методи отримання високоградієнтних феромагнітних насадок для ВГМС.</p> <p>Література основна: [1] [5]; додаткова: [7] [8] [9]</p>
8	<p>Лекція 8. Штучні магнітні наночастинки, їх властивості, методи отримання та сфера застосування.</p> <p>Література основна: [1] [5]; додаткова: [11]</p>
9	<p>Лекція 9. Біогенні магнітні наночастинки (БМН), їх властивості, методи отримання та сфера застосувань. Генетично запрограмована біомінералізація БМН в магнітотаксисних бактеріях.</p> <p>Література основна: [1] [5]; додаткова: [8]</p>
10	<p>Лекція 10. Біомінералізація та локалізація біогенних магнітних наночастинок (БМН) в живих організмах (мікроорганізмах, рослинах, грибах, тваринах).</p> <p>Література основна: [1] [5]; додаткова: [7] [8]</p>
11	<p>Лекція 11. Біомінералізація біогенних магнітних наночастинок (БМН) у людини в нормі і при патологіях. Вплив магнітних полів на організми.</p> <p>Література основна: [1] [5]; додаткова: [8] [11]</p>
<p><i>Тема 1.4. Основні методи високоградієнтної магнітної сепарації.</i></p>	
12	<p>Лекція 12. Конструкції магнітних сепараторів для біомедичних застосувань.</p> <p>Основні етапи процесу сепарації біооб'єктів (клітин, білків, макромолекул та їх фрагментів та ін.) з використанням магнітних наночастинок (магнітних міток) та магнітних сепараторів. Класифікація магнітних сепараторів по різновидах конструкцій, типу магнітних систем та типу операцій, циклічні та проточні магнітні сепаратори.</p> <p>Література основна: [1] [2]; додаткова: [12]</p>
13	<p>Лекція 13. Методи високоградієнтної магнітної сепарації біологічних середовищ.</p> <p>Методи феритизації, магнітосорбційні методи з використанням магнітокерованих сорбентів (МКС), магнітоіонообмінні методи, методи магнітокерованої біосорбції, методи магнітної сепарації з використанням мікроорганізмів з природними магнітокерованими властивостями.</p> <p>Література основна: [1] [3]; додаткова: [13] [14]</p>
14	<p>Лекція 14. Використання магнітокерованих мікроорганізмів для очищення стічних вод та в біометалургії.</p> <p>Література основна: [2] [3]; додаткова:</p>
15	<p>Лекція 15. Принципи імуномагнітної сепарації та переваги її використання.</p> <p>Принципи імуномагнітної сепарації, отримання моноклональних антитіл, схема процесу імуноферментного аналізу, схема процесу імуномагнітної сепарації, переваги використання магнітокерованих дисперсних матеріалів. Імобілізація лігандів білкової природи на МКС. Основні вимоги до магнітокерованих сорбентів.</p> <p>Література основна: [1]; додаткова: [15]</p>
<p><i>Тема 1.5. Використання штучних та біогенних магнітних наночастинок в медицині, сільському господарстві та інших галузях.</i></p>	
16	<p>Лекція 16. Магнітні технології таргетній доставці ліків та генів. Використання мікроорганізмів з природними магнітокерованими властивостями в якості векторів для генної терапії раку.</p> <p>Магнітні властивості мікроорганізмів. Вплив штучних магнітних наночастинок на мікроорганізми. Магнітомічення мікроорганізмів.</p> <p>Література основна: [1]; додаткова: [6] [16]</p>

17	Лекція 17. Магнітні нанотехнології в сільському господарстві. Використання магнітних наночастинок в якості нанодобрив та для біоремедіації ґрунтів. Вплив штучних магнітних наночастинок на ріст та розвиток рослин та грибів. Вплив магнітних наночастинок на родючість ґрунтів. Література основна: [1]; додаткова: [17] [18] [19]
18	Лекція 18. Перспективи розвитку магнітних нанотехнологій в різних галузях. Використання магнітних нанотехнологій для діагностики та лікування захворювань. Вплив штучних магнітних наночастинок на органи, тканини та клітини людини. Література основна: [4] [5]; додаткова: [20]

Лабораторні роботи

№ з/п	Назва теми лабораторного заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<i>Тема 2.1. Непрямі методи ВГМФС</i>
1	Лабораторна робота 1. Отримання магнітних наночастинок (наноміток) методом хімічної конденсації. Література додаткова: [4]
2	Лабораторна робота 2. Дослідження накопичення заліза рослинами методом Перлса. Література додаткова: [21]
3	Лабораторна робота 3. Проведення високоградієнтної магнітної сепарації біологічних зразків з метою виділення магнітокерованої фракції. Література додаткова: [4]
4	Лабораторна робота 4. Вимірювання швидкості руху подрібненої біомаси в неоднорідному магнітному полі системи двох постійних магнітів. Література додаткова: [16]

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми практичного заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
<i>Тема 1.1. Становлення високоградієнтної магнітної сепарації в біології та медицині.</i>	
1	Практичне заняття 1. Робота в базах даних Національного центру біотехнологічної інформації США (National Center for Biotechnology Information (NCBI)). Пошук літератури по використанню магнітної сепарації в біотехнології, медицині та сільському господарстві. Література: базова [1-3], інформаційні ресурси [1].
<i>Тема 1.2. Пакети питру та magpylib мови програмування Python для розрахунку магнітних систем сепараторів та високоградієнтних феромагнітних насадок</i>	
2	Практичне заняття 2. Програмування формул для розрахунку магнітних полів сепараторів з застосуванням пакету питру мови програмування Python. Література базова: [1], додаткова: [10]; інформаційні ресурси: [3]
3	Практичне заняття 3. Розрахунок магнітних полів постійних магнітів різної форми, що застосовуються для сепарації біооб'єктів в біотехнології та медицині, з застосуванням пакету питру мови програмування Python. Література базова: [1], додаткова: [10]; інформаційні ресурси: [3]
4	Практичне заняття 4. 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 пакету magpylib (метод display). Література базова: [1], додаткова: [10]; інформаційні ресурси: [4]

5	Практичне заняття 5. 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 <code>magpylib</code> мови програмування Python. Візуалізація просторового розподілу індукції магнітного поля та напруженості магнітного поля постійних магнітів різної форми, що застосовуються для сепарації біооб'єктів в біотехнології та медицині, з застосуванням пакетів <code>magpylib</code> та <code>matplotlib</code> мови програмування Python. Література базова: [1], додаткова: [10]; інформаційні ресурси: [4, 6]
6	Практичне заняття 6. Розрахунок магнітної системи високоградієнтного магнітного сепаратора біооб'єктів на основі соленоїда. Візуалізація просторового розподілу магнітного поля всередині соленоїда з застосуванням пакетів <code>numpy</code> , <code>magpylib</code> та <code>matplotlib</code> мови програмування Python. Література базова: [1], додаткова: [10]; інформаційні ресурси: [3, 4, 6]
7	Практичне заняття 7. Розрахунок магнітного поля в околі високоградієнтної феромагнітної насадки у формі циліндра, розміщеної всередині соленоїда, створеного на практичному занятті 6. Візуалізація просторового розподілу магнітного поля в околі високоградієнтної феромагнітної насадки у формі циліндра з застосуванням пакетів <code>numpy</code> , <code>magpylib</code> та <code>matplotlib</code> мови програмування Python. Література базова: [1], додаткова: [10]; інформаційні ресурси: [3, 4, 6]
8	Практичне заняття 8. Модульна контрольна робота
9	Практичне заняття 9. Залік

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студента по дисципліні включає підготовку до аудиторних занять (43 години), модульної контрольної (4 години), підготовка до заліку (6 годин) та виконання домашньої контрольної роботи (8 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 лабораторних роботах. 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.

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 захисту лабораторних робіт;*
Виконання лабораторної роботи проходить під чіткі вказівки викладача та згідно наданого протоколу. Обов'язково перед початком роботи здобувачі проходять інструктаж з техніки безпеки.
- *правила призначення заохочувальних та штрафних балів;*
- Правила призначення заохочувальних та штрафних балів (штрафні бали та заохочувальні бали призначаються згідно підрозділів 8-9 цього силабусу);
- *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 онлайн тестування та виконання розрахунків.
- *правила захисту індивідуальних завдань (тестування <https://classroom.google.com/c/NDEyNTgzNTcyODQw?cjc=7mxcody>).*
- 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=7mxcody>. Для цього студенту необхідно спочатку отримати акаунт в Google Workspace for Education Fundamentals на домені @LLL.kpi.ua. Для отримання акаунта в Google Workspace for Education Fundamentals на домені @LLL.kpi.ua необхідно заповнити Google Форму: 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 7mxcody. Акаунти студентів, які приєдналися до Google Класу не з акаунта 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 акаунта 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-канал «Основи біомедичного застосування високоградієнтної магнітної фільтрації і сепарації» <https://t.me/+kk4j-GXxLuUwNzky>.

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

Поточний контроль: виконання та захист лабораторних робіт (15 балів), виконання практичних робіт (30 балів), написання експрес тестів (10 балів), написання ДКР (20 балів) та МКР (25 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: проводиться протягом семестру у формі написання експрес-тестів.

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, написання ДКР, написання МКР та захист лабораторних і практичних робіт.

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=7mxcody>. 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» КІІ 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	Виконання практичних робіт			
	- ваговий бал r_k^*	10	3	30
	-якість виконання*	0-10		
2.	Модульна контрольна робота			
	-ваговий бал r_k	25	1	25
	- якість виконання**	0-25		
3.	Виконання лабораторних робіт			
	-ваговий бал r_k	5	3	15
	- якість виконання***	0-5		
4.	ДКР			
	- ваговий бал r_k^*	20	1	20
	-якість виконання****	0-15		
5.	Експрес-контроль			
	- ваговий бал r_k^*	5	2	10

	-якість виконання****	0,5		
б.				100

* - Якість виконання практичних робіт:

за невчасне виконання практичної роботи знімається 2 бали;	
бездоганна робота:	9-10 балів;
є певні недоліки у підготовці та/або виконанні роботи:	7-8 балів;
є суттєві недоліки у підготовці та/або виконанні роботи:	6 балів;
Робота не виконана або не захищена:	0-5 балів.

** - Якість виконання модульної контрольної роботи:

повна розкрита відповідь:	23-25 балів;
помилка в одному завданні або неповна відповідь в двох завданнях:	19-22 балів;
помилка в двох завдань або неповна відповідь в 4 завданнях:	15-18 балів;
робота не зарахована:	0 -14 балів.

*** - Якість виконання лабораторних робіт:

допуск:	1 бал
правильно оформлена робота, відповідь на усі запитання:	4 бали
є незначні помилки у відповідях:	3 бали
робота не зарахована:	0-2 бали

****- Якість написання ДКР

творчий підхід до розкриття проблеми:	19-20 балів;
глибоке розкриття проблеми, відображена власна позиція	15-18 балів;
обґрунтоване розкриття проблеми з певними недоліками	12-14 балів;
завдання не зараховане	0-11 балів.
За кожний тиждень затримки із поданням ДКР нараховуються штрафні –2 бали (усього не більше – 6 балів). Наявність позитивної оцінки з ДКР є умовою допуску до залікової контрольної роботи.	

****- Якість написання експрес-контрольних

вірна відповідь на питання:	0,5 бали
не вірна відповідь:	0 балів

Розрахунок шкали (R) рейтингу

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R = 15+30+10+20+25 = 100 \text{ балів};$$

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: 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, написання ДКР, МКР та виконання практичних та лабораторних робіт.

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

Повна відповідь на питання – 10 балів

Зроблені незначні помилки – 8-9 балів

Суттєві помилки у відповіді – 6-7 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

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором кафедри кафедру біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології, д.т.н., проф. Горобець С.В.

Ухвалено кафедрою біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології (протокол № 2 від 30.08.21)

Погоджено Методичною комісією факультету біотехнології і біотехніки¹ (протокол № 1 від 31.08.21)

Домашня контрольна робота (ДКР):

Провести пошук літератури по використанню магнітної сепарації в біотехнології, медицині та сільському господарстві в базах даних Національного центру біотехнологічної інформації США (National Center for Biotechnology Information (NCBI)). Підготувати доповідь з презентацією (12-15 слайдів).

Перелік питань, що виносяться на модульну контрольну роботу:

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. Критерії ефективності високоградієнтних феромагнітних насадок (ВГФН).
14. Класифікація високоградієнтних феромагнітних насадок (ВГФН).
15. Що таке багаторівневі високоградієнтні феромагнітні насадки (ВГФН)?
16. Характеристики багаторівневих високоградієнтних феромагнітних насадок (ВГФН).
17. Способи отримання багаторівневих високоградієнтних феромагнітних насадок (ВГФН).
18. Суть методу феритизації. Коли вперше був використаний метод феритизації?
19. Переваги методу феритизації.
20. Для яких галузей народного господарства, продукт отриманий в результаті феритизації є сировиною?
21. Яка обов'язкова умова протікання процесу феритизації?
22. Природа магнетизму (з чим пов'язана наявність у речовині магнітних властивостей).
23. Поняття намагніченості, напруженості та індукції магнітного поля.
24. Характеристики магнетиків (магнітна проникність, магнітна сприйнятливність, 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 сприйнятливність 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 намагніченості 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)тах.
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. Будова IgG людини.
65. Схема отримання моноклональних антитіл.
66. Схема імуноферментного твердофазного аналізу.
67. Схема процесу імуномагнітної сепарації.
68. Переваги використання магнітокерованих дисперсних матеріалів.
69. Основні вимоги до магнітокерованих сорбентів.
70. Комерційнодоступні магнітокеровані сорбенти та фірми, що їх випускають.
71. Яке рівняння є основним для розрахунку процесу уловлювання мікронних та більших за розмірами парамагнітних часток високоградієнтною магнітною насадкою?
72. Яка модель використовується для розрахунку процесу уловлювання субмікронних парамагнітних часток високоградієнтною магнітною насадкою?
73. Як визначаються розміри зони уловлювання парамагнітних часток високоградієнтною магнітною насадкою?