



УЛЬТРАЗВУКОВІ МЕТОДИ В БІОТЕХНОЛОГІЇ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	16 Хімічна інженерія та біоінженерія
Спеціальність	<i>162 Біотехнології та біоінженерії</i>
Освітня програма	Біотехнології
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити (120 годин): лекції – 28 год; практичні – 26 год.; СРС – 66 год</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік, МКР</i>
Розклад занять	<i>На сайтах http://roz.kpi.ua та https://schedule.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., проф, зав. каф БТтаІ Мельник Вікторія Миколаївна 044-204-94-51, vmm71@i.ua Практичні: ас. Косова Віра Петрівна 044-204-94-51, vera_62@ukr.net
Розміщення курсу	Е-Кампус, Платформа дистанційного навчання «Сікорський»

Програма навчальної дисципліни

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

В кредитному модулі «Ультразвукові методи в біотехнології» розглядаються питання отримання та розповсюдження ультразвукових коливань у різних середовищах, вивчаються теоретичні основи процесів, що прискорюються під впливом ультразвукових коливань, досліджуються практичні конструкції застосовуваних джерел ультразвукових коливань та ультразвукових апаратів, аналізуються їх функціональні можливості для вирішення практичних проблем.

Сучасні методи досліджень в біотехнології, за допомогою ультразвукового поля, дозволяють одержувати концентрати біологічно активних речовин (БАВ) практично з повним збереженням їх складу, властивого природній сировині, та високим виходом екстрактивних речовин. А можливість при цьому регулювати під час технологічного процесу концентрацію видобутих діючих речовин відкриває перспективи використання природних компонентів як основної фармацевтичної субстанції. Розчинення твердих частинок у рідині - один із найпоширеніших процесів біотехнології. Дуже часто розчинення є першим етапом виробничого циклу, як це має місце, наприклад, при виробництві добрив.

УЗ коливання забезпечують надтонке диспергування (не реалізується іншими способами), збільшуючи міжфазну поверхню елементів, що реагують. Це один із механізмів інтенсифікації процесів у рідких середовищах. Він виникає під впливом коливань рідини кавітацією і спрямовує її потужні мікропотоки, звуковий тиск і звуковий вітер, що впливає на прикордонний шар і «змиває» його. Таким чином, усувається опір перенесення реагуючих речовин та інтенсифікується технологічний процес. Найбільш цікавими з гетерогенних процесів є процеси УЗ емульгування (диспергування рідин у рідинах) та диспергування (отримання тонкодисперсних суспензій). Ці процеси пов'язані зі збільшенням поверхні взаємодії і тому лежать в основі інтенсифікації багатьох інших процесів.

«Ультразвукові методи в біотехнології» мають на меті формування у здобувачів вищої освіти теоретичних, практичних засад та принципів пов'язаних з прийняттям рішень відносно розкриття властивостей та можливостей ультразвукових коливань високої інтенсивності, особливостей застосування ультразвукових коливань для інтенсифікації процесів, що протікають у рідких, твердих, газоподібних середовищах, полімерних матеріалах, стосовно вирішення проблем біотехнологічної та харчової промисловості.

Відповідно до освітньої програми дисципліна має забезпечувати:

Такі компетентності:

- Здатність визначати доцільність використання ультразвукових технологій для конкретних біотехнологічних завдань (екстракція, стерилізація, диспергування).
- Здатність працювати з ультразвуковими установками, такими як ультразвукові генератори, кавітатори, стерилізатори та аналізатори.
- Здатність поєднання ультразвукових методів із традиційними біотехнологічними підходами для підвищення ефективності виробництва.
- Здатність використання ультразвукових методів для створення продуктів з поліпшеними властивостями (наночастинки, емульсії, капсульовані форми).
- Здатність використання ультразвукових методів для створення продуктів з поліпшеними властивостями (наночастинки, емульсії, капсульовані форми).

Очікувані результати навчання

- Вміти застосовувати ультразвукові технології для обробки біологічних об'єктів: Студенти повинні вміти використовувати ультразвукове обладнання для підвищення ефективності процесів екстракції, гомогенізації та інших операцій з біологічними матеріалами.
- Вміти розрахувати параметри ультразвукового впливу на різні типи біологічних систем: Студенти повинні вміти вибирати оптимальні частоти й інтенсивності ультразвуку залежно від типу мікроорганізмів чи тканин, що обробляються.
- Вміти оцінювати вплив ультразвуку на структуру і функцію клітин: Студенти повинні вміти аналізувати зміни в морфології та метаболічних процесах клітин під дією різних режимів ультразвукового впливу.
- Вміти розробляти схеми використання ультразвуку в поєднанні з іншими методами обробки біоматеріалів: Студенти повинні вміти проектувати технологічні лінії, де поєднуються різні методи (ультразвук + ферментація тощо) для підвищення ефективності виробництва.
- Вміти проводити експериментальні дослідження по застосуванню ультрасонічної обробки в різних галузях біотехнології: Студенти повинні вміти планувати й виконувати лабораторні експерименти щодо застосування ультрасонічної технології для різних цілей (наприклад, очистка поверхонь або активація ферментативної діяльності).
- Вміти інтерпретувати дані про фізико-хімічні зміни під час дії низькочастотного й високочастотного звука на різні типи тканин і мікроорганізмів: Студенти повинні вміти розшифровувати результати досліджень щодо змін властивостей матеріалів під дією різноманітних режимів звукових хвиль.

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

Дисципліна «Ультразвукові методи в біотехнології» базується на знаннях, одержаних студентами при вивченні наступних дисциплін, а саме: математики, фізики, біофізика.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. УЛЬТРАЗВУКОВІ КОЛИВАННЯ ДЛЯ ПРИСКОРЕННЯ ПРОЦЕСІВ В РІДКИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Тема 1. Вступ. Природа та властивості ультразвукових коливань. Класифікація ультразвукових перетворювачів.

Тема 2. Ультразвукова кавітація в рідких середовищах. Ультразвук в фармації. Процеси розчинення, екстрагування, емульгування.

Тема 3. Вплив ультразвуку у харчовій промисловості. Процеси емульгування харчових продуктів,

ультразвукова обробка молока та соків.

Тема 4. Процеси ультразвукового освітлення та очистки рідин. Ультразвукова стерилізація рідкого середовища.

Розділ 2. УЛЬТРАЗВУКОВІ КОЛИВАННЯ ДЛЯ ПРИСКОРЕННЯ ПРОЦЕСІВ В ТВЕРДИХ ТА ГАЗОВИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Тема 1. Процеси диспергування, масообміну та адсорбції.

Тема 2. Процеси коагуляції, акустичного сушіння та піногасіння.

Розділ 3. ВПЛИВ УЛЬТРАЗВУКА НА ЖИВІ СИСТЕМИ ТА БІООРГАНІЗМИ

Тема 1. Ультразвук та біологічні системи.

Тема 2. Передпосівна обробка насіння

Тема 3. Вплив ультразвуку на живі системи у космічному просторі.

Розділ 4. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ УЛЬТРАЗВУКА

Тема 1. Ультразвукова очистка стічної води. Ультразвук в сільському господарстві.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Луговський О. Ф., Гришко І. А., Зілінський А. І., Шульга А. В., Мовчанюк А. В., Берник І. М. Ультразвукові кавітаційні технології/ Монографія– Вінниця: Видавець ФОП Кушнір Ю.В., 2022. – 268 с.
2. Мельник В.М., Косова В.П., Остапенко Ж.І., Швиденко В.В. Дослідження впливу ультразвуку на м'ясну сировину/ Вібрації в техніці та технологіях. 2022. №1(104). С. 38-43.
3. N.W. Ismail-Suhaimy, S.S.A. Gani, U.H. Zaidan, M.I.E. Halmi, P. Bawon Optimizing conditions for microwave-assisted extraction of polyphenolic content and antioxidant activity of *Barleria lupulina* Lindl. *Plants*, 10 (2021), p. 682, 10.3390/plants10040682
4. Остапенко Ж.І. «Математичне моделювання процесу екстрагування акустичному екстракторі» // «Вібрації в техніці і технологіях» - №3 (106) 2022 р. doi.org/10.37128/2306-8744-2022-3-6 <http://vibrojournal.vsau.org/en/particles/mathematical-modeling-of-the-extraction-process-in-the-acoustic-extractor>.
5. Кавітація в харчових та переробних виробництвах: моногр./ Ю.Г. Сухенко, О.А. Литвиненко, М.М. Муштрук, Н.М. Слободянюк; за ред. О.А. Литвиненка; НУБІПУ. – Київ, Інкос. 2018. – 369 с.
6. Верхівкер, Я.Г. Технологічний інжиніринг підприємств харчової галузі: навч. посібник/ Я.Г. Верхівкер, О.С. Бессараб, Т.І. Нікітчина; за ред. Я.Г. Верхівкера; Одес. Нац. акад. харч. техн.; НУХТ. – Одеса: Освіта України. 2017. – 144 с.

Додаткова література:

7. Trifunski, S.; Ardelean, D. (2013). Flavonoid extraction from *Ficus carica* leaves using different techniques and solvents., (125), 81–86. doi:10.2298/ZMSPN1325081T.
8. Берник І.М. Дослідження параметрів ультразвукового поля в технологічному процесі кавітаційного гідролізу-екстракції пектину / І. М. Берник, О. Ф. Луговський, А. В. Мовчанюк, А. В. Ляшок // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія машинобудування. – 2009. – №57. – С.82–87.
9. Karachun V. Research of influence of ultrasound on the extraction of vegetable oil *Technology Audit and Production Reserve*. Kyiv, 2019, 33–35 с.
10. Korobiichuk Igor; Mel'nick Viktorij; Ostapenko Zhanna; Ruzhinska Ludmila. INVESTIGATION OF HEAT AND MASS TRANSFER PROCESSES IN THE EXTRACTION OF VEGETABLE RAW MATERIALS UNDER THE CONDITIONS OF ULTRASOUND/ International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEMТом 22, Вип. 4.1, Стр. 121 -1272022 22nd International Multidisciplinary Scientific Geoconference: Energy and Clean Technologies, SGEM 2022Albena4 July 2022до 10 July 202. DOI 10.5593/sgem2022/4.1/s17.16

11. Мельник В.М., Косова В.П., Жуковська К.В. Автоматичне керування енергетичним станом робочої рідини в біореакторі на резонансному рівні// Журнал «Вібрації в техніці та технології» - 2021. №4 С. 41-46
12. Мельник В.М., Косова В.П., Бурсаков К.В. Окреслення граничних та фізичних умов математичної моделі масообмінну в апараті під час розділення водно-органічних сумішей.// Журнал «Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Технічні науки» 2022. №22 С. 76-87 <http://mcm-tech.kpnu.edu.ua/article/view/251083/248550>.
13. L.S. Kassama, J. Shi, G.S. Mittal Optimization of supercritical fluid extraction of lycopene from tomato skin with central composite rotatable design model Sep. Purif. Technol., 60 (2008), pp. 278-284
14. Dong JE, Liu YB, Liang ZS, Wang WL. Investigation on ultrasound-assisted extraction of salvianolic acid B from Salvia miltiorrhiza root. Ultrason. Sonochem. 2010;17:61-65.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
1	<i>Розділ 1. УЛЬТРАЗВУКОВІ КОЛИВАННЯ ДЛЯ ПРИСКОРЕННЯ ПРОЦЕСІВ В РІДКИХ СЕРЕДОВИЩАХ</i> <i>Тема 1. Вступ. Природа та властивості ультразвукових коливань. Класифікація ультразвукових перетворювачів.</i> Лекція 1. Вступ. Відмінні особливості ультразвукових коливань. Окреслення використання ультразвуку.	2
2	<i>Тема 2. Ультразвукова кавітація в рідких середовищах. Ультразвук в фармації. Процеси розчинення, екстрагування, емульгування.</i> Лекція 2-3. Прискорення процесів в рідких середовищах. Стадії ультразвукової кавітації. Захисні ефекти. Вплив ультразвуку на процеси гідролізу, розщеплення, окислення у фармації. Інтенсифікація процесів розчинення СРС: <i>Масоотдача речовин з поверхні рослинного матеріалу в розчин</i>	4
	Лекція 4-6. Оптимізація і моделювання процесу екстрагування. <i>Експерименти, що відсвіають. Складання математичнонь модели процесу екстрагування. Оптимізація процесу. Оптимальні схеми екстрагування. СРС: Рівняння процесу екстрагування</i>	6
3	<i>Тема 3. Вплив ультразвуку у харчовій промисловості. Процеси емульгування харчових продуктів, ультразвукова обробка молока та соків.</i> <i>Тема 4. Процеси ультразвукового освітлення та очистки рідин. Ультразвукова стерилізація рідкого середовища.</i> Лекція 7-8. Ультразвукове механічне руйнування. Процеси емульгування у парфумерній, харчовій та фармацевтичній галузі. <i>Коагуляція часток, суспензії бентоніту, питома поверхня та ступінь дисперсності частинок СРС: Доброякісність матеріалів і препаратів природних сполук</i>	4
4	<i>Розділ 2. УЛЬТРАЗВУКОВІ КОЛИВАННЯ ДЛЯ ПРИСКОРЕННЯ ПРОЦЕСІВ В ТВЕРДИХ ТА ГАЗОВИХ СЕРЕДОВИЩАХ</i> <i>Тема 1. Процеси диспергування, масообміну та адсорбції.</i> <i>Тема 2. Процеси коагуляції, акустичного сушіння та піно гашення.</i> Лекція 9-10. Процеси диспергування, масообміну та адсорбції. Процеси	4

	<i>коагуляції, акустичного сушіння та піно гашення. СРС: безобразивна ультразвукова фінішна обробка матеріалу безобразивна ультразвукова фінішна обробка матеріалу</i>	
5	<i>Розділ 3. ВПЛИВ УЛЬТРАЗВУКА НА ЖИВІ СИСТЕМИ ТА БІООРГАНІЗМИ Тема 1. Ультразвук та біологічні системи. Тема 2. Передпосівна обробка насіння Лекція 11. Механічний, фізико-хімічний та біологічний вплив ультразвуку на проникність клітинних мембран, дифузні процеси та тканини. Кавітація в суспензіях клітин. Ультразвукова дезінтеграція клітин. Вплив ультразвуку на білки. Стерилізуючий ефект ультразвуку на мікроорганізми. Вплив ультразвуку на розвиток живців.</i>	2
6	<i>Тема 3. Вплив ультразвуку на живі системи у космічному просторі. Лекція 12. Рослинні оранжереї із штучною гравітацією. Автономні біологічні лабораторії для проведення експериментів з культурами клітин і тканин тварин і рослин, личинками, дрібними тваринами та рослинами для проведення експериментів з культурами клітин і тканин тварин і рослин, личинками, дрібними тваринами та рослинами СРС: фізіотерапевтичний вплив ультразвуку</i>	2
7	<i>Розділ 4. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ УЛЬТРАЗВУКА Тема 1. Ультразвукова очистка стічної води. Ультразвук в сільському господарстві Лекція 13-14. Інтенсифікація процесу пророщування зерен та семян під впливом ультразвуку. Стимуляція угруповань мікроорганізмів ультразвуком. Швидкість біосинтезу біологічно активних сполук при біологічній очистці басейнів СРС: вплив температури і присутності повітря на поверхні і всередині матеріалу вплив температури і присутності повітря на поверхні і всередині матеріалу</i>	4
	Всього	28

Практичні заняття

Основні цілі практичних занять – закріпити знання, отриманні при вивченні теоретичного курсу. Набути навичок побудови принципової, функціональної та структурної схем систем автоматизації технологічним обладнанням фармацевтичного і мікробіологічного виробництва; визначати похибки систем автоматизації з типовими регуляторами.

№	Практичні заняття	
1.	<i>Розділ 1. УЛЬТРАЗВУКОВІ КОЛИВАННЯ ДЛЯ ПРИСКОРЕННЯ ПРОЦЕСІВ В РІДКИХ СЕРЕДОВИЩАХ Тема 2. Ультразвукова кавітація в рідких середовищах. Ультразвук в фармації. Процеси розчинення, екстрагування, емульгування. Практичне заняття 1-2. Розрахунок рівноважних способів екстрагування: процес мацерації, ремацерації, противоточного багатоступінчастого екстрагування</i>	4
2.	Практичне заняття 3. Розрахунок нерівноважних способів екстрагування: мацерації, ре мацерації, противоточного багатоступінчастого екстрагування	2

3.	Практичне заняття 4-5. Критеральні рівняння: теорія подібності, розрахунок процесу екстрагування за допомогою критеральних рівнянь	4
4.	Практичне заняття 6-7. Побудова математичної моделі процесу екстрагування математико-статистичними методами	4
5.	Практичне заняття 8. Визначення форм кавітаційної області під впливом ультразвукових коливань	2
6.	Практичне заняття 9-10. Визначення умов проникнення рідин в капіляри пористих матеріалів під впливом ультразвукових коливань	4
7.	Розділ 2. УЛЬТРАЗВУКОВІ КОЛИВАННЯ ДЛЯ ПРИСКОРЕННЯ ПРОЦЕСІВ В ТВЕРДИХ ТА ГАЗОВИХ СЕРЕДОВИЩАХ Тема 1. Процеси диспергування, масообміну та адсорбції. Тема 2. Процеси коагуляції, акустичного сушіння та піногасіння. Практичне заняття 11-12. Диспергування в акустичному полі	4
8.	Практичне заняття 13. Розчинення в акустичному полі.	2
9.	Практичне заняття 14. Модульна контрольна робота (МКР)	2
	ВСЬОГО	26

10. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Години на СРС
	Підготовка до аудиторних занять	8
	Масообмін в системі тверде тіло – рідина. Закономірно процесу екстрагування висушеної рослинної сировини: проникність екстрагенту у сировину, змочуваність речовин, які знаходяться всередині сировини	10
	Підготовка лікарської рослинної сировини для екстрагування. Визначення екстрактивних речовин, технологічні властивості сировини, набухання сировини, коефіцієнт та число вимивання	10
	Способи екстрагування. Рівнодіючі стану прямої та багатоступінчастої ремацерації та реперколяції. Одноступінчасте та багатоступінчасте настаювання. Противоточне неперервне екстрагування	10
	Акустична турбулентність. Акустичний флотаційний ефект. Мікротечії. Випрямлена дифузія. Біотехнологічні процеси у кавітаційних пузирях	8
	Підготовка до МКР	4
	Ефекти другого порядку при розповсюдженні в осередку акустичних хвиль великої інтенсивності	8
	Підготовка до заліку	8
	ВСЬОГО	66

Політика та контроль

- **Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Правила відвідування занять та поведінки на заняттях

Відвідування занять є важливим компонентом оцінювання. Студенти зобов'язані брати активну участь в навчальному процесі, не спізнюватися на заняття та не пропускати їх без поважної причини, не заважати викладачу проводити заняття, не відволікатися на дії, що не пов'язані з навчальним процесом.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

- штрафні бали в рамках навчальної дисципліни не передбачені

Політика дедлайнів та перескладань

У разі виникнення заборгованостей з навчальної дисципліни або будь-яких форс-мажорних обставин, студенти мають зв'язатися з викладачем по доступних (наданих викладачем) каналах зв'язку для розв'язання проблемних питань та узгодження алгоритму дій для відпрацювання.

Політика академічної доброчесності

Плагіат та інші форми недоброчесної роботи неприпустимі. До плагіату відноситься відсутність посилань при використанні друкованих та електронних матеріалів, цитат, думок інших авторів. Неприпустимі підказки та списування під час написання тестів, проведення занять; здача заліку за іншого студента; копіювання матеріалів, захищених системою авторського права, без дозволу автора роботи.

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

Політика академічної поведінки і етики

Студенти мають бути толерантним, поважати думку оточуючих, заперечення формулювати в коректній формі, конструктивно підтримувати зворотний зв'язок на заняттях.

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>

Заборонено використання джерел російського походження та російськомовних джерел.

При виявленні плагіату у завданнях дана робота не зараховується, але здобувач може отримати нове завдання.

Студенти мають дотримуватимуться правил Академічної доброчесності – як їх викладено на сайті КПІ ім. Ігоря Сікорського, див. <https://kpi.ua/academic-integrity>, <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf>. При виявленні плагіату у МКР студента така робота не зараховується і студент не отримує балів за цей вид робіт. Студент може отримати для переробки МКР інше завдання виключно у випадку, якщо сума семестрових балів є меншою за допускову до написання залікової роботи (менше 40 балів).

- **Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)**

11. Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з кредитного модуля згідно з робочим навчальним планом:

Семестр	Начальний час		Розподіл навчальних годин				Контрольні заходи	
	кредити	акад. год.	Лекц.	Практич.	Лаб. роб.	СРС	МКР	Семестрова атестація
5	4	120	28	26	---	66	1	залік

Поточний контроль: МКР, відповіді на практичних заняттях.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: зарахування усіх практичних робіт, МКР та семестровий рейтинг не менше 40 балів.

Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується виходячи із 100-бальної шкали.

Рейтинг складається з балів, що студент отримує протягом семестру за:

- 13 практичних робіт – $13 \times 6 = 78$ балів;
- 1 МКР – $1 \times 22 = 22$ бали;
- Заохочувальні бали – не заплановано.

1. Робота на практичних заняттях

Ваговий бал – 6. Максимальна кількість балів на практичних заняттях дорівнює $13 \times 6 = 78$ балів.

- «відмінно» - виконання 100% задач під час заняття та самостійної роботи студента (СРС) – 12,3 - 13 балів.
- «добре» - виконання 80% задач під час заняття та СРС – 9,7 – 12,2 балів.
- «задовільно» - виконання $\geq 50\%$ задач під час заняття та СРС – 7,8 – 9,6 балів.
- «незадовільно» - невиконання задач (СРС) – 0 балів, завдання не зараховано.

2. Модульна контрольна робота

Ваговий бал – 22. Кількість МКР – 1. Максимальна кількість балів - 22 бали.

- «відмінно», повне виконання завдань контрольної роботи (не менше 90% потрібної інформації) – 20,9-22 бали;
- «добре», достатньо повне виконання завдань контрольної роботи (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 16,5 – 20,8 балів;
- «задовільно», неповне виконання завдань контрольної роботи (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 13,2– 16,4 бали;
- «незадовільно», невиконання завдань контрольної роботи (не відповідає вимогам на 13,1 балів) – 0 балів, МКР не зарахована.

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів «ідеальний студент» має набрати 36 балів. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 18 балів. За результатами 13 тижнів навчання «ідеальний студент» має набрати 66 балів.

Максимальна сума балів складає 100. Необхідною умовою допуску до заліку є рейтинг не менше 60 балів, зарахування усіх практичних робіт та МКР.

Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 40 балів в системі ECTS, виконують залікову роботу.

Залікова робота складається з чотирьох завдань різних розділів силабусу з переліку, що наданий у методичних рекомендацій до засвоєння кредитного модуля.

Кожне завдання контрольної роботи (r_1, r_2, r_3, r_4) оцінюється у 25 балів відповідно до системи оцінювання:

- «відмінно», повне виконання завдань контрольної роботи (не менше 90% потрібної інформації) – 25-22,5 балів;
- «добре», достатньо повне виконання завдань контрольної роботи (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності) – 22-18,5 балів;
- «задовільно», неповне виконання завдань контрольної роботи (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 18-15 балів;

– «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 15 балів) – 0 балів.

Сума балів за кожне з чотирьох запитань контрольної роботи переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

• **Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

Питання, які виносяться на МКР

1. Що таке кавітація і як вона впливає на біологічні об'єкти під час ультразвукової обробки?
2. Опишіть основні принципи роботи ультразвукових апаратів, які застосовуються в біотехнології.
3. Які основні параметри ультразвукового впливу (частота, інтенсивність) і як вони впливають на ефективність процесу?
4. Поясніть механізми руйнування клітинних мембран під дією ультразвуку.
5. У яких галузях біотехнології найчастіше використовуються ультразвукові методи? Наведіть
6. Розрахуйте оптимальну частоту ультразвуку для руйнування клітинної стінки бактерій при заданих умовах (наприклад, температура, тип середовища).
7. Складіть технологічну схему використання ультразвуку для екстракції активних речовин із рослинної сировини.
8. Проаналізуйте вплив ультразвукової обробки на якість отриманого продукту в процесі ферментації.
9. Порівняйте ефективність ультразвукових методів із традиційними методами механічного руйнування клітин.
10. Оцініть переваги та недоліки використання ультразвуку для стерилізації біологічних матеріалів.

Питання, які виносяться на семестровий контроль

Теоретичні запитання:

- Проникнення екстрагенту у сировину відбувається завдяки
- Як відбувається розчинення речовини, яка знаходиться на клітковому рівні
- Наведіть принцип дії ультразвуку на біологічні об'єкти
- Отримайте критеріальне рівняння у явному виді
- Продемонструйте теорію подібності для процесу екстрагування
- Які фактори впливають на процес екстрагування
- Означте основні закони масообміну в системі тверде тіло – рідина та окресліть зв'язок із швидкістю розчинення під впливом ультразвуку
- Яка послідовність підготовки лікарняного рослинної сировини для проведення екстрагування
- Опишіть гідродинамічні умови екстрагування
- Як проходить ультразвукове освітлення та очистка рідини
- Наведіть переваги впливу ультразвуку для харчової промисловості
- Як відбувається технологія емульгування харчових продуктів
- Опишіть вплив ультразвуку на біологічні системи
- Опишіть вплив ультразвуку на мікроорганізми

- Як використовується ультразвук у фармації

Практичні запитання:

• Площа перерізу ультразвукового пучка, що нормально падає на плоску перешкоду, дорівнює S . Знайдіть радіаційну силу F за умови ідеально поглинаючої перешкоди в напрямку розповсюдження ультразвукової хвилі.

- Продемонструйте радіаційний вплив ультразвукових пучків на поверхню розділу двох рідин, що не змішуються: вода (верхній шар) і анілін (нижній шар).
- Розрахуйте силу радіаційного тиску для плоскої хвилі, яка біжить.
- Розрахуйте силу радіаційного тиску для стоячої хвилі.
- Знайдіть швидкість процесу розчинення.
- Критеріальне рівняння різниці густин розчину та розчинника.
- Як знайти коефіцієнта масовіддачі при ламінарному русі.
- Опишіть рівняння для визначення діаметру крапель аерозолю при ультразвуковому розпиленні.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено зав. кафедри, д.т.н., професор Вікторія Мельник

Ст. викл. Жанна Остапенко

Ухвалено кафедрою біотехніки та інженерії (протокол № 12 від 11.06. 2025 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету біотехнології і біотехніки (протокол № 6 від 30.06.2025 р.)