



Технології виробництва і сфери застосування наноцелюлози

Робоча програма освітнього компонента (Силабус)

Реквізити освітнього компонента

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>16 хімічна та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>161 хімічні технології та інженерія</i>
Освітня програма	<i>Промислова екологія та ресурсоефективні чисті технології</i>
Статус освітнього компонента	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>заочна/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, весняний семестр</i>
Обсяг освітнього компонента	<i>4 кредити (120 год)</i>
Семестровий контроль	<i>залік</i>
Розклад занять	<i>10 години (4 год. лекційних та 6 год. практичних занять)</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.х.н., професор Барбаш В.А., https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/barbash-valerij-anatolijovich.html Практичні / Семінарські: к.х.н., професор Барбаш В.А., https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/barbash-valerij-anatolijovich.html</i>
Розміщення курсу	<i>https://eco-paper.kpi.ua/navchannia/navchalni-plany/161-tekhnohiia.html</i>

Програма освітнього компонента

1. Опис освітнього компонента, її мета, предмет вивчення та результати навчання

В останні роки спостерігається значне зростання наукових досліджень у галузі наноматеріалів і нанотехнологій, зокрема одержання і використання наноцелюлози, яка складається з нанорозмірних частинок целюлози, що мають принаймні один лінійний розмір до 100 нм. Цей зростаючий інтерес до розробки нових біорозкладних матеріалів з рослинної сировини пояснюється здатністю наноматеріалів замінити полімери, що виготовлені з вичерпних природних ресурсів - нафти, газу, вугілля, і завдають непоправної шкоди довкіллю за рахунок тривалого періоду їх біорозкладання. Наноцелюлоза має такі унікальні властивості, як: високий модуль еластичності і велику питому площу поверхні, високу прозорість і щільність, біорозкладність і біосумісність, хімічну реакційну активність і низький коефіцієнт теплового розширення. Вона знаходить широке застосування як природний матеріал для заміни синтетичних армуючих речовин в паперовій, хімічній, фармацевтичній, цементній промисловостях, у композиційних матеріалах для органічного пакування і зеленої гнучкої електроніки. Папір і картон, гнучкі сенсори і сонячні батареї,

гнучкі термоелектричні генератори і ультрафіолетові екрани, імпортозамінні матеріали для промисловості і будівництва є прикладами використанням наноцелюлози.

Використання наноматеріалів із целюлозовмісної рослинної сировини розглядається як альтернатива пластмасам і може бути життєздатним підходом до зменшення вирубки лісів, збільшення використання надлишків сільського господарства та розробки біорозкладних матеріалів, сприяє сталому розвитку суспільства, вирішенню економічних та екологічних проблем.

Предмет освітнього компонента «Технології виробництва і сфери застосування наноцелюлози» полягає у вивченні теоретичних основ екстракції з рослинної сировини наноматеріалів, зокрема наноцелюлози, та практики їх використання у різних галузях промисловості, медицині і побуті, у композиційних матеріалах органічного пакування, елементах зеленої гнучкої електроніки, мікро- і наноелектронних приладів нового покоління, які мають короткий термін біорозкладу.

Мета освітнього компонента «Технології виробництва і сфери застосування наноцелюлози» полягає у підготовці фахівців у галузі хімічних технологій та інженерії, здатних на основі здобутих теоретичних знань вирішувати професійні задачі у практичних ситуаціях, а також формувати у студентів компетентностей:

- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (К 03);
- здатності використовувати положення і методи фундаментальних наук для вирішення професійних задач (К 09);
- здатність застосовувати сучасні експериментальні методи роботи з технологічними об'єктами в промислових і лабораторних умовах (К 18).

Згідно з вимогами програми освітнього компонента студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі **програмні результати навчання**:

- коректно використовувати у професійній діяльності термінологію та основні поняття хімії, хімічних технологій, процесів і обладнання виробництв хімічних речовин та матеріалів на їх основі (ПР 02);
- знати і розуміти механізми і кінетику хімічних процесів, ефективно використовувати їх при проектуванні і вдосконаленні технологічних процесів та апаратів хімічної промисловості (ПР 03);
- приймати самостійні рішення на конкретному місці роботи за реальних умов виробництва в процесі виконання різних обов'язків (ПР 21).

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

Вивченню освітнього компонента «Технології виробництва і сфери застосування наноцелюлози» передують навчальні дисципліни, такі як: «Органічна хімія», «Хімія високомолекулярних сполук», «Будова рослинної сировини», «Фізична хімія», «Процеси та апарати хімічної технології». Освітній компонент належить до циклу професійної підготовки (вибіркові освітні компоненти з кафедрального Ф-каталогу).

3. Зміст освітнього компонента

Розділ 1. Характеристика наноматеріалів із рослинної сировини

Тема 1. Мета освітнього компонента та його задачі в підготовці фахівців.
Класифікація наноматеріалів із рослинної сировини та їх загальна характеристика.

Тема 2. Динаміка виробництва і застосування nanoцелюлози у різних галузях промисловості. Вимоги до сировини для одержання наноматеріалів. Характеристика унікальних властивостей nanoцелюлози.

Тема 3. Фізико-хімічні методи визначення характеристик nanoцелюлози. Скануюча електронна мікроскопія, трансмісійна електронна мікроскопія, атомна силова мікроскопія. Рентгеноструктурний аналіз. Термогравіметричний аналіз.

Розділ 2. Методи одержання nanoцелюлози із рослинної сировини.

Тема 4. Механічні методи одержання nanoцелюлози із рослинної сировини. Типи обладнання та характеристика одержаної nanoцелюлози.

Тема 5. Хімічні методи одержання nanoцелюлози із рослинної сировини. Основні реагенти і технологічні параметри одержання nanoцелюлози хімічними методами.

Тема 6. Біотехнологічні методи одержання nanoцелюлози із рослинної сировини та основні характеристики бактеріальної nanoцелюлози.

Розділ 3. Основні галузі застосування наноматеріалів.

Тема 7. Використання наноматеріалів із рослинної сировини у целюлозно-паперовій промисловості. Використання nanoцелюлози у виробництві паперу і картону.

Тема 8. Практика застосування nanoцелюлози у хімічній, фармацевтичній і цементній промисловостях, в композиційних матеріалах, медицині і будівництві.

Тема 9. Технології застосування nanoцелюлози в зеленій гнучкій електроніці. Виробництво гнучких сенсорів температури, вологості і вигину, сонячних батарей, термоелектричних генераторів, ультрафіолетових захисних екранів.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Пилипчук Л.Л., Близнюк В.М. Наноматеріали у хімії і фармації. Навчальний посібник.- 2020.- 168 с., ISBN: 978-966-289-351-9
2. Барбаш В. А. Інноваційні технології рослинного ресурсозбереження. Навч. посібник. Київ: Каравела, 2016.- 288 с.
3. Барбаш В.А. Технології перероблення недревної рослинної сировини у целюлозовмісну продукцію : монографія. — Київ : Каравела, 2022. — 360 с.

Додаткова література

4. Аналітичні методи досліджень. Спектроскопічні методи аналізу: теоретичні основи і методики: навчальний посібник для підготовки студентів вищих навчальних закладів / Д.О. Мельничук, С.Д. Мельничук, В.М. Войціцький та ін.: за ред. акад. Д.О. Мельничука. – К.: ЦП «Компринт», 2016. – 289 с.
5. Барбаш В.А., Яценко О.В., Гондовська А.С. Спосіб отримання nanoцелюлози із стебел недревних рослин. Патент № 147320 опубліковано 28.04.2021, бюл. № 17/2021
6. Лапшуда В. А., Коваль В.М., Душейко М.Г., Барбаш В. А. Гнучкі сенсори вологості на основі nanoцелюлози для носимої електроніки //Вісник КПІ. Серія ПРИЛАДОБУДУВАННЯ, Вип. 64(2), 2022, с. 42-50. DOI: 10.20535/1970.64(2).2022.269986
7. Найдьонов А.О., Душейко М.Г., Коваль В.М., Барбаш В. А. Одноразові носимі сенсори на основі nanoцелюлози для біомедичних застосувань//Мікросистеми, Електроніка та Акустика, 2022-12-26. DOI: 10.20535/2523-4455.tea.264043

8. Лапшуда В. А., Ліневич Я.О., Душейко М.Г., Коваль В.М., Барбаш ВА. Резистивні сенсори вологи на основі плівок наноцелюлози для біорозкладної електроніки// Технологія та конструювання в електронній апаратурі, 2022, № 4–6. DOI:10.15222/TKEA2022.4-6.03

Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/40249/1/Yaschchenko_dys.pdf
2. <https://lpnu.ua/pfn/naukova-diialnist-kafedry>
3. <https://www.health-medix.com/articles/mistetzto/2013-10-14/Nanotehnologii.pdf>
4. <https://doi.org/10.1007/s10570-020-03207-5>
5. <https://doi.org/10.1016/j.crcon.2018.05.004>

Навчальний контент

5. Методика опанування освітнього компонента

Лекції

Лекційні заняття спрямовані на формування у студентів комплексу знань, необхідних для кваліфікованого управління технологічними процесами одержання наноматеріалів із рослинної сировини та практики їх використання в різних галузях промисловості, медицини та виробництві композиційних товарів широкого споживання, а також можливості, які відкриваються під час різних перетворень рослинної сировини на наноматеріали для вдосконалення цих процесів та створення нових, більш ефективних, екологічно більш чистих виробництв.

№ з/п	Назва теми лекції	Годин
1	Розділ 1. Характеристика наноматеріалів із рослинної сировини Тема 1. Мета дисципліни та її задачі в підготовці фахівців. Класифікація наноматеріалів із рослинної сировини та їх загальна характеристика. Література: [1, с. 1-18; 2; 5] Завдання на СРС: Характерні властивості наноматеріалів із рослинної сировини.	0,5
2	Тема 2. Фізико-хімічні методи визначення властивостей наноцелюлози. Скануюча електронна мікроскопія, трансмісійна електронна мікроскопія, атомна силова мікроскопія. Рентгеноструктурний аналіз. Термогравіметричний аналіз Література: [4, с.1- 34; 3, с. 176-185]. Завдання на СРС: Приклади визначення характерних особливостей будови рослинної сировини, целюлози і наноцелюлози скануючою електронною мікроскопією	0,5
3	Розділ 2. Методи одержання наноцелюлози із рослинної сировини. Тема 3. Механічні методи одержання наноцелюлози із рослинної сировини. Типи обладнання та характеристика одержаної наноцелюлози. Література: [1, с. 19-31; 2]. Завдання на СРС: Приклади одержання і порівняльні характеристики наноцелюлози, одержаної механічними методами	0,5
4	Тема 4. Хімічні методи одержання наноцелюлози із рослинної сировини. Основні реагенти і технологічні параметри одержання наноцелюлози	0,5

	хімічними методами. Основні технологічні параметри процесу гідролізу целюлози для одержання прозорого наноцелюлозного гідрогелю. Література: [2, с. 195-203; 3] Завдання на СРС: Переваги і недоліки застосування різних кислот в процесах гідролізу целюлози для одержання наноцелюлози	
5	Тема 5. Основні технологічні параметри процесу одержання наноцелюлози методом окиснення із застосуванням різних видів окисників. Біотехнологічні методи одержання наноцелюлози та основні характеристики бактеріальної наноцелюлози. Література: [1, 32-54; 3, с. 200-211; 5] Завдання на СРС: Види бактерій, що використовуються у ферментивному процесі одержання наноцелюлози та характеристика бактеріальної наноцелюлози	0,5
6	Розділ 3. Основні галузі застосування наноматеріалів. Тема 6. Використання наноматеріалів із рослинної сировини у целюлозно-паперовій промисловості. Використання наноцелюлози у виробництві паперу і картону. Література: [1, с. 67-85; 2, с. 203-207] Завдання на СРС: Особливості використання наноцелюлози в технологічних процесах внесення наноцелюлози у волокнисту масу паперу або картону .	0,5
7	Тема 7. Практика застосування наноцелюлози у хімічній, цементній промисловостях і будівництві, у фармацевтичній промисловості і медицині. Література: [1, с. 88-126; 2, с.179-215] Завдання на СРС: Вплив добавок наноцелюлози на показники цементних сумішей	0,5
8	Тема 8. Технології застосування наноцелюлози в зеленій гнучкій електроніці у виробництві гнучких сенсорів температури, вологості і вигину, сонячних батарей і термоелектричних генераторів, ультрафіолетових захисних екранів. Література: [1, с. 127-152; 6; 7; 8] Завдання на СРС: Методи нанесення електропровідних шарів на наноцелюлозні плівки	0,5
	Всього	4

Практичні заняття

В рамках викладання освітнього компонента «Технології виробництва і сфери застосування наноцелюлози» передбачено проведення практичних занять, які займають 18 годин аудиторного навантаження. Основними завданнями практичних занять є:

- допомогти студентам систематизувати, закріпити і поглибити знання теоретичного характеру основ технологічних процесів одержання наноматеріалів із рослинної сировини;
- ознайомитися із сучасними експериментальними фізико-хімічними методами визначення характеристик наноцелюлози;
- навчити студентів визначати напрями використання різних представників рослинної сировини та целюлози в технологічних процесах одержання з них наноматеріалів та їх використання в різних галузях промисловості, медицини, у виробництві композиційних товарів широкого споживання;

- навчити студентів працювати з науковою та довідковою літературою, нормативно-технічними документами в галузі технологічних процесів одержання наноматеріалів із рослинної сировини.

Тематика практичних занять:

№ з/п	Назва теми практичного заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)	Години
1	Тема 1. Характерні властивості наноцелюлози: модуль еластичності і питома площа поверхні, прозорість і щільність, біорозкладність і біосумісність, коефіцієнт теплового розширення та хімічна активність. Література: [1, с. 19-26; 3] Завдання на СРС: Значення модуля Юнга і питомої поверхні різних видів наноцелюлози із рослинної сировини	1,5
2	Тема 2. Фізико-хімічні методи визначення властивостей наноцелюлози. Особливості підготовки зразків рослинної сировини, целюлози і наноцелюлози до випробувань спеціальними фізико-хімічними методами аналізу. Література: [1, с. 24-36; 2] Завдання на СРС: Принцип роботи приладів скануючої електронної мікроскопії для визначення будови рослинної сировини, целюлози і наноцелюлози	1,5
3	Тема 3. Фізико-хімічні методи визначення властивостей наноцелюлози. Аналіз рентгенівських дифрактограм зразків целюлози із різної рослинної сировини після різних стадій її термо-хімічної обробки. Переваги і недоліки метода Сегала для розрахунку індексу кристалічності целюлозовмісних матеріалів. Література: [4, с. 220 – 221; 2] Завдання на СРС: Методи визначення значень індексів кристалічності рослинної сировини, целюлози і наноцелюлози	1,5
4	Тема 4. Фізико-хімічні методи визначення характеристик наноцелюлози. Схема роботи приладів трансмісійної електронної мікроскопії для визначення розмірів частинок наноцелюлози. Література: [1, с. 24-36; 2] Завдання на СРС: Приклади використання атомної силової мікроскопії для визначення нанорозмірів частинок целюлози із різної рослинної сировини	1,5
	Всього	6

6. Самостійна робота студентів

Самостійна робота студентів становить 110 годин вивчення курсу, включає підготовку до вивчення до практичних занять, написання домашньої і модульної контрольних робіт та підготовку до заліку.

Головне завдання самостійної роботи студентів – це опанування наукових знань в галузі хімічних технологій, що не ввійшли до переліку лекційних питань та практичних занять, шляхом самостійного вивчення матеріалу за навчальною літературою, особистого пошуку інформації, формування активного інтересу до творчого підходу у навчальній роботі. У процесі самостійної роботи в рамках кредитного модуля студент повинен навчитися глибоко аналізувати питання теоретичних основ екстракції з рослинної сировини наноматеріалів, зокрема nanoцелюлози, та практики їх використання у різних галузях промисловості, медицині і побуті, у композиційних матеріалах органічного пакування, елементах зеленої гнучкої електроніки, мікро- і нанoeлектронних приладів нового покоління.

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Години
Розділ 1. Характеристика наноматеріалів із рослинної сировини		
1	Номенклатура і класифікація наноматеріалів на основі рослинної сировини. Основні поняття і термінологія наноматеріалів. Нормативні документи щодо термінології nanoцелюлози. Література: [1, с. 1-18]	40
2	Динаміка виробництва і застосування nanoцелюлози у різних галузях промисловості. Вимоги до сировини для одержання наноматеріалів. Характеристика унікальних властивостей nanoцелюлози. Нормативні документи щодо термінології nanoцелюлози та компонентів на її основі.	
3	Література: [4, с. 212-224; 10, с. 1-5]. Порівняння характеристик рослинної сировини, як джерела одержання наноматеріалів. Хімічний склад представників рослинної сировини. Морфологічна будова рослин: від мікрометрів до нанорозмірів.	
4	Література: [4, с. 213-214] Значення модуля Юнга і питомої поверхні різних видів nanoцелюлози із рослинної сировини в залежності від умов їх отримання.	
5	Література: [1, с. 18-23] Принцип роботи приладів скануючої електронної мікроскопії для визначення будови рослинної сировини, целюлози і nanoцелюлози	
6	Література: [1, 24-36; 6, 14] Методики визначення значень індексів кристалічності рослинної сировини, целюлози і nanoцелюлози за даними рентгеноструктурного аналізу, їх переваги і недоліки. Порівняння значень індексів кристалічності рослинної сировини, целюлози і nanoцелюлози, отриманих за різними методиками із різної рослинної сировини	
7	Література: [10, с. 3-15; 13]. Методика розрахунку кристалічності целюлози за даними інфрачервоної спектроскопії	
8	Література: [2, с. 25-34]. Приклади використання атомної силової мікроскопії для визначення	
9		

10	характеристик наноцелюлози із різної рослинної сировини Література: [2, с. 12-18]. Термогравіметричний аналіз рослинної сировини, целюлози і наноцелюлози. Порівняння залежностей гравіметричного та диференціально термічного аналізу наноцелюлози, одержаної різними методами екстракції із рослинної сировини. Література: [4, с. 221-225; 102] Використання атомної силової мікроскопії для визначення нанорозмірів частинок целюлози із рослинної сировини. Література: [2, с. 35-38].	
Розділ 2. Методи одержання наноматеріалів із рослинної сировини		
11	Механічні, хімічні та біологічні методи екстракції наноцелюлози з рослинної сировини. Література: [4, с. 213-214; 7]	32
12	Приклади одержання і порівняльні характеристики наноцелюлози, одержаної механічними методами. Література: [1, с. 19-31; 4, с. 213-214]	
13	Переваги і недоліки застосування різних кислот в процесах гідролізу целюлози для одержання наноцелюлози. Залежність властивостей наноцелюлозних плівок від технологічних параметрів процесу гідролізу. Література: [10, с. 6-9; 4, с. 223-224; 10]	
14	Основні технологічні параметри процесу одержання наноцелюлози методом окиснення із застосуванням різних видів окисників. Особливості застосування реагенту 2,2,6,6-тетраметил-піперидин-оксиду (ТЕМПО) для одержання наноцелюлози. Література: [1, 32-46; 15]	
15	Види бактерій, що використовуються у ферментивному процесі одержання наноцелюлози та характеристика бактеріальної наноцелюлози Література: [1, с.47-54, 13, с.1-5]	
16	Способи модифікації поверхні наноцелюлози і властивості таких продуктів Література: [2, с. 3-9; 7; 13]	
17	Приклади визначення характерних особливостей будови рослинної сировини, целюлози і наноцелюлози методом скануючої електронної мікроскопії. Література: [2, с. 9-13; 4, 223-224]	
18	Приклади використання атомної силової мікроскопії для визначення нанорозмірів частинок целюлози із різної рослинної сировини Література: [4, с. 213-214; 14]	
Розділ 3. Основні галузі застосування наноцелюлози		
19	Використання наноматеріалів із рослинної сировини у процесі виробництва паперу і картону. Особливості використання наноцелюлози в технологічних процесах внесення наноцелюлози у волокнисту масу паперу та картону. Література: [1, с. 67-72; 10, с. 10-15; 8]	23

20	Особливості використання nanoцелюлози в технологічних процесах нанесення nanoцелюлози на поверхню паперу та картону.	
21	Література: [1, с. 75-85; 10, с. 16-22; 9] Вплив добавок nanoцелюлози на показники міцності цементних сумішей. Література: [1, с. 88-104; 3, с.179-215]	
22	Покращення показників лікарських препаратів за рахунок додавання в їх композицію nanoцелюлози.	
23	Література: [1, с. 106-112; 6] Вплив добавок nanoцелюлози на показники якості композиційних епоксидних сумішей. Література: [1, с. 114-126; 7, 17]	
24	Термоелектричні генератори на nanoцелюлозних плівках. Біорозкладні гнучкі прозорі плівки на основі nanoцелюлози для захисту від ультрафіолетового та видимого спектру світла Література: [1, с. 152-170; 11, 12]	
25	Підготовка модульної контрольної роботи	5
26	Виконання ДКР	10
	Всього годин	110

Політика та контроль

7. Політика освітнього компонента

Правила відвідування занять та поведінки на заняттях

Відвідування занять є обов'язковим 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

- заохочувальні бали можуть нараховуватись викладачем виключно за виконання творчих робіт з освітнього компонента, але їхня сума не може перевищувати 10% від рейтингової шкали; Зокрема, заохочувальні бали зараховуються через використання дистанційних профільних курсів з отриманням відповідного сертифікату.
- 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, студент має зв'язатися з викладачем по доступних (наданих викладачем) каналах зв'язку для розв'язання проблемних питань та узгодження алгоритму дій для відпрацювання. У разі відсутності у день захисту модульної контрольної роботи (МКР) і домашньої контрольної роботи (ДКР) студент, що надав довідку про хворобу, може їх захистити в терміни, які встановлює деканат.

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. Списування під час контрольних робіт заборонені. Неприпустимі

підказки та списування під час тестів, 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>.

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

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з освітнього компонента згідно з робочим навчальним планом:

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин			Контрольні заходи		
	Кредити	акад. год.	Лекції	Прак-тичні	СРС	МКР	ДКР	Семестрова атестація
8	4	120	4	6	110	1	1	залік

Рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO) студента з освітнього компонента складається з балів, що він отримує за відповіді під час експрес-контроль на лекціях; відповідях на практичних заняттях; виконання модульної і домашньої контрольної роботи. Оцінювання результатів навчання здійснюється за 100-бальною шкалою з подальшим переведенням до оцінок за університетською шкалою.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1) Відповіді на практичних заняттях:

Ваговий бал - 3. Ваговий коефіцієнт – 1,55. Максимальна кількість балів на всіх лабораторних заняттях дорівнює: 3 практ. (відповідей) x 3 балів x 1,55 = 14 балів

Критерії оцінювання відповіді:

Бали	Повнота відповіді
3	«відмінно», Повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації)
2	«добре», неповне розкриття одного з питань або повна відповідь з незначними неточностями
1	«задовільно», неповне розкриття питання (не менше 60 % потрібної інформації) та незначні помилки
0	Незадовільна робота (не відповідає вимогам на «задовільно»).

2) Виконання модульної контрольної роботи, яка складається із відповідей на 2 питання з різних розділів навчальної дисципліни і виконується у письмовому вигляді власноруч без застосування комп'ютерної техніки.

Ваговий бал - 3. Ваговий коефіцієнт – 6,0. Максимальна кількість балів за модульну контрольну роботу дорівнює: 2 питання x 3 балів x 6,0 = 36 балів

Критерії оцінювання відповіді:

Бали	Повнота відповіді
3	«відмінно», Повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації)
2	«добре», неповне розкриття одного з питань або повна відповідь з незначними неточностями
1	«задовільно», неповне розкриття питання (не менше 60 % потрібної інформації) та незначні помилки
0	Незадовільна робота (не відповідає вимогам на «задовільно»).

3) Виконання домашньої контрольної роботи, яка складається із відповідей на 3 питання з розділів освітнього компонента і виконується у письмовому вигляді власноруч без застосування комп'ютерної техніки.

Ваговий бал - 3. Ваговий коефіцієнт – 5,55. Максимальна кількість балів за модульну контрольну роботу дорівнює: 3 питань x 3 балів x 5,55= 50 балів

Критерії оцінювання відповіді:

Бали	Повнота відповіді
3	«відмінно», Повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації)
2	«добре», неповне розкриття одного з питань або повна відповідь з незначними неточностями
1	«задовільно», неповне розкриття питання (не менше 60 % потрібної інформації) та незначні помилки
0	Незадовільна робота (не відповідає вимогам на «задовільно»).

Розрахунок шкали (R) рейтингу

Рейтингова оцінка здобувача складається з балів, отриманих здобувачем за результатами заходів поточного контролю. Необхідною умовою допуску до заліку є позитивні відповіді на лекціях, практичних заняттях, написання модульної і домашньої контрольної роботи. Таким чином, рейтингова шкала з дисципліни складає: $R = 16 + 36 + 50 = 100$ балів. Семестровим контролем є залік.

Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань.

Необхідною умовою допуску до заліку є регулярні позитивні відповіді на лекціях, практичних і лабораторних заняттях, а також вчасне написання модульної контрольної роботи із, стартовим рейтингом не менше 40 балів. Зі студентами, які набрали протягом семестру рейтинг менше 60 балів, або зі здобувачами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, викладач проводить семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи. При цьому всі бали, що були ним отримані протягом семестру скасовуються. Завдання контрольної роботи містить запитання, які відносяться до різних розділів програми. Перелік залікових запитань наведено у Розділі 9.

Для отримання студентом залікової оцінки, сума всіх зароблених протягом семестру рейтингових балів **R** переводиться згідно з таблицею:

Кількість балів	Оцінка
95...100	відмінно
85...94	дуже добре
75...84	добре
65...74	задовільно
60...64	достатньо
RD < 60	незадовільно
Не виконані умови допуску	не допущено

9. Додаткова інформація з освітнього компонента

Приблизний перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

1. Навести номенклатуру і класифікацію наноматеріалів на основі рослинної сировини. Основні поняття і термінологія наноматеріалів. Нормативні документи щодо термінології nanoцелюлози та компонентів на її основі.
2. Описати динаміку виробництва і застосування nanoцелюлози у різних галузях промисловості. Вимоги до сировини для одержання наноматеріалів. Перерахувати унікальні властивості nanoцелюлози.
3. Охарактеризувати фізико-хімічні методи визначення показників nanoцелюлози, зокрема атомну силову мікроскопію (АСМ) та її використання для визначення нанорозмірів частинок целюлози.
4. Описати принцип роботи приладів скануючої електронної мікроскопії для визначення будови рослинної сировини, целюлози і nanoцелюлози.
5. Навести методики визначення значень індексів кристалічності рослинної сировини, целюлози і nanoцелюлози за даними рентгеноструктурного аналізу. Порівняти значень індексів кристалічності рослинної сировини, целюлози і nanoцелюлози, отриманих за різними методиками із різної рослинної сировини.
6. Охарактеризувати трансмісійну електронну мікроскопію (ТЕМ) та навести приклади використання ТЕМ для визначення нанорозмірів частинок целюлози із різної рослинної сировини.
7. Описати принцип роботи термогравіметричного аналізу рослинної сировини, целюлози і nanoцелюлози. Порівняти залежності гравіметричного та диференціально термічного аналізу nanoцелюлози, одержаної різними методами екстракції із різної рослинної сировини
8. Охарактеризувати механічні, хімічні та біологічні методи екстракції nanoцелюлози з рослинної сировини. Навести приклади одержання і порівняльні характеристики nanoцелюлози, одержаної механічними методами. Види механічних методів одержання nanoцелюлози.
9. Охарактеризувати хімічні методи одержання nanoцелюлози. Переваги і недоліки застосування різних кислот в процесах гідролізу целюлози для одержання nanoцелюлози. Навести залежність властивостей nanoцелюлозних плівок від технологічних параметрів процесу гідролізу.

10. Описати основні технологічні параметри процесу одержання nanoцелюлози методом окиснення із застосуванням різних окисників. Перерахувати особливості застосування реагенту 2,2,6,6-тетраметилпіперидин-оксиду (ТЕМПО) для одержання nanoцелюлози та вплив технологічних параметрів процесу окиснення на властивості nanoцелюлози.
11. Охарактеризувати біотехнологічні методи одержання nanoцелюлози та основні характеристики бактеріальної nanoцелюлози. Навести види бактерій, що використовуються у ферментивному процесі одержання nanoцелюлози та характеристика бактеріальної nanoцелюлози
12. Навести приклади використання наноматеріалів із рослинної сировини у процесі виробництва паперу і картону. Перерахувати особливості використання nanoцелюлози в технологічних процесах внесення nanoцелюлози у волокнисту масу паперу або картону
13. Назвати особливості використання nanoцелюлози в целюлозно-паперовій промисловості, зокрема в технологічних процесах нанесення nanoцелюлози на поверхню паперу або картону.
14. Описати технології застосування nanoцелюлози у хімічній, цементній промисловостях і будівництві та вплив добавок nanoцелюлози на показники цементних сумішей.
15. Навести приклади застосування nanoцелюлози у фармацевтичній промисловості і медицині, зокрема приклади покращення показників лікарських препаратів за рахунок додавання nanoцелюлози.
16. Охарактеризуйте вплив добавок nanoцелюлози на показники якості композиційних епоксидних сумішей.
17. Описати технології застосування nanoцелюлози в зеленій гнучкій електроніці у виробництві гнучких сенсорів температури.
18. Навести приклади застосування nanoцелюлози у виробництві гнучких сенсорів вологості і вигину.
19. Охарактеризувати технології застосування nanoцелюлози у виробництві сонячних батарей і термоелектричних генераторів
20. Описати технології виробництва біорозкладних гнучких прозорих плівок на основі nanoцелюлози для захисту від ультрафіолетового та видимого спектру світла.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором, к.х.н. Барбашем Валерієм Анатолійовичем

Ухвалено кафедрою ЕТРП (протокол № 4 від 08.10.2025 р.)

Погоджено Методичною комісією ІХФ (протокол № 2 від 15.10.2025 р.)