



Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»



Кафедри екології та
технології рослинних
полімерів

Сучасні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів

Силабус освітнього компонента

Реквізити освітньої компоненти

Рівень вищої освіти	<i>третій (доктор філософії)</i>
Галузь знань	<i>16 Хімічна та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>161 Хімічні технології та інженерія</i>
Освітня програма	<i>Хімічні технології та інженерія</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>8 кредитів ECTS /240 годин (36 годин лекцій, 18 годин практичних занять; 36 годин лабораторних робіт, 150 СРС)</i>
Семестровий контроль	<i>Екзамен/ МКР, ІСЗ, захист практичних і лабораторних робіт</i>
Розклад занять	<i>1 лекція (2 години) 1 раз на тиждень; 1 практичне заняття (2 години) 1 раз на 2 тижні; 1 лабораторна робота (4 години) 1 раз на 2 тижні.</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор, практичні і лабораторні заняття: к.х.н., професор Барбаш Валерій Анатолійович, v.barbash@kpi.ua, 0504199054</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Силабус освітнього компонента «Сучасні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів» складено відповідно до освітньої програми підготовки докторів філософії спеціальності G1 «Хімічні технології та інженерія».

Збільшення чисельності населення на земній кулі і зміни демографічних умов його проживання, поліпшення життєвого рівня, освіти, гігієнічних вимог призводить до зростання споживання товарів широкого споживання, зокрема продукції підприємств лісового комплексу. Виробництво товарів широкого споживання із рослинної сировини, яка щорічне утворюється, має екологічну чистоту і невисоку вартість, роблять її джерелом волокна та альтернативною заміною вичерпних природних ресурсів – нафти, вугілля, газу. Розроблення та впровадження інноваційних технологій перероблення рослинних волокон у товари широкого споживання потребують використання сучасних методів досліджень на всіх стадіях технологічного процесу – від визначення показників якості вихідних лігноцелюлозних матеріалів до споживчих характеристик кінцевої продукції. Тому викладання здобувачам вищої освіти рівня PhD (з.в.о.) освітньої компоненти «Сучасні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів» обумовлене необхідністю оцінювати характеристики

сировини, проміжних продуктів і кінцевої продукції, що важливо для раціонального управління екологічно безпечними технологіями виробництва, участі у вітчизняних та міжнародних проектах, пов'язаних з перероблення лігноцелюлозних матеріалів.

Метою освітньої компоненти є формування та посилення у з.в.о. компетенцій:

1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК 01);
2. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у хімічній технології та інженерії та дотичних до них міждисциплінарних напрямках хімічної та біоінженерії (ФК 01);
3. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми в сфері хімічних процесів та апаратів, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень (ФК 03).
4. Здатність до розробки технологічних показників одержання і практичного застосування: нанорозмірних та наноструктурованих матеріалів, нових функціональних матеріалів (ФК 04);
5. Вміння застосовувати набуту компетентність в практичній роботі і науково-педагогічній діяльності (ФК 05).

Програмні результати навчання, на формування та покращення яких спрямована дисципліна:

- Мати передові концептуальні та методологічні знання з хімічних технологій та інженерії і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій (ПРН 01).
- Вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми хімічних технологій та інженерії державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях (ПРН 02)
- Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з хімічних технологій та інженерії та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми (ПРН 03).

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

Перелік освітніх компонент, знань та умінь, володіння якими необхідні з.в.о. рівня PhD для успішного засвоєння освітньої компоненти:

Пререквізити:	
Науково-дослідна практика	- Мати передові концептуальні та методологічні знання з хімічних технологій та інженерії і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій (ПРН 01). - Вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми хімічних технологій та інженерії державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях (ПРН 02) - Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з хімічних технологій та інженерії та дотичних

	<i>міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми (ПРН 03)</i>
<i>Нанохімія і наноматеріали</i>	<i>Розуміти загальні принципи та методи хімічного синтезу нано розмірних та нано структурованих матеріалів, нових функціональних матеріалів та застосувати їх в сучасних технологіях та інженерії (ПРН 05)</i>
Постреквізити:	
<i>Наукова складова</i>	<i>Проведення під керівництвом наукового керівника власного наукового дослідження, що передбачає вирішення дослідницьких завдань шляхом застосування комплексу теоретичних та емпіричних методів.</i> <i>Підготовка та публікація не менше 1-ї статті у наукових фахових виданнях (вітчизняних або закордонних) за темою дослідження; участь у науково-практичних конференціях (семінарах) з публікацією тез доповідей.</i>

Вивчення дисципліни «Сучасні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів» базується на засадах інтеграції різноманітних знань, отриманих з в.о. рівня PhD під час вивчення дисциплін природничого, гуманітарного та інженерно-технічного спрямування. Вивчення дисципліни «Сучасні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів» передують навчальні дисципліни, такі як: «Інноваційні технології рослинного ресурсозбереження», «Хімія рослинних полімерів», «Хімізм делігніфікації рослинної сировини», «Технологія целюлози», «Технологія обробки та переробки паперу та картону», «Технологія переробки макулатури», «Особливості виробництва спеціальних видів паперу», «Наукові дослідження та інноваційна діяльність в галузях виробництва». Навчальна дисципліна належить до циклу професійної підготовки (вибіркові освітні компоненти з міжфакультетського/ факультетського/ кафедрального Каталогів).

3. Зміст освітньої компоненти

Розділ 1. Спектральні методи дослідження лігноцелюлозних матеріалів

Тема 1. Сучасні тенденції розвитку технологій одержання лігноцелюлозних матеріалів. Потреба заміщення продуктів із вичерпних джерел вуглеводнів на матеріали із відновлювальної рослинної сировини. Наукові проблеми вітчизняної целюлозно-паперової промисловості. Нові способи одержання лігноцелюлозних матеріалів.

Тема 2. Спектральні методи дослідження лігноцелюлозних матеріалів. Інфрачервона спектроскопія (ІЧ). Інфрачервона спектроскопія з Фур'є перетворювачем (FTIR). Особливості їх застосування. Приклади використання методу FTIR.

Тема 3. Ультрафіолетова спектроскопія (УФ - спектроскопія). Рентгенівська фотоелектронна спектроскопія (XPS) і рентгенівська дифракція (XRD). Спектроскопія комбінаційного розсіювання. Загальна характеристика методів та приклади їх використання для аналізу лігноцелюлозних матеріалів.

Тема 4. Спектроскопія ядерного магнітного резонансу (^1H і ^{13}C ЯМР – спектроскопі. Теоретичні основи методу, переваги і недоліки методу ЯМР. Приклади використання ^1H і ^{13}C ЯМР – спектроскопі для аналізу лігноцелюлозних матеріалів.

Розділ 2. Мікроскопічні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів

Тема 5. Скануюча електронна мікроскопія (SEM). Загальна характеристика методу та приклади їх використання для аналізу лігноцелюлозних матеріалів.

Тема 6. Проникаюча електронна мікроскопія (TEM) та атомна силова мікроскопія (AFM) для механічного дослідження та аналізу контурів поверхні лігноцелюлозних матеріалів. Принцип роботи TEM та AFM. Режим роботи атомно-силового мікроскопа.

Розділ 3. Інші сучасні методи дослідження лігноцелюлозних матеріалів

Тема 7. Термогравіметричний метод (TGA). Принципи визначення температури деградації полімерів, вологості матеріалів. Види термогравіметрії та приклади використання.

Тема 8. Методи визначення механічних показників целюлози (модуль Юнга, Runkle ratio). Довжина і діаметр волокон; показники гнучкості, стрункості, коефіцієнт твердості.

Тема 9. Методи визначення елементного аналізу лігноцелюлозних матеріалів. Хроматографія. Види хроматографії та їх застосування для аналізу лігноцелюлозних матеріалів. Методи фракціонування полісахаридів для визначення геміцелюлоз.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці університету та у бібліотеці кафедри екології та технології рослинних полімерів. Обов'язковою до вивчення є базова література, інші матеріали – додаткові. Розділи та теми, з якими з.в.о. має ознайомитись самостійно, викладач зазначає на лекційних, практичних і лабораторних заняттях.

Основна література

1. Личковський Е.І., Тіманюк В.О., Чалий О.В. Біофізика. Фізичні методи аналізу та метрологія: підручник – Вінниця: Нова книга, 2014 – 464 с.
2. Мельничук Д.О. Аналітичні методи досліджень. Спектроскопічні методи аналізу: теоретичні основи і методика: 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.
3. Larkin P. J. Infrared and raman spectroscopy: principles and spectral interpretation. — Elsevier, 2011. — 230 p. — ISBN 978-0-12-386984-5.
4. Данилов И. П., Бозалей Н. В., Бочарова В. П., Газовая и жидкостная хроматография: Учебное пособие по хроматографии для самостоятельной работы студентов химико-технологических специальностей, - К.; УМВ ВО, 1992. – 72 с.
5. Воловенко Ю. М. , Туров О.В. Назва : Ядерний магнітний резонанс . підручник для студ . вищих навч . закладів, Ірпінь : Перун, 2007 – 475 с.

Додаткова література

1. Проценко І.Ю., Чорноус А.М. Прилади і методи дослідження плівкових матеріалів: Навч. посібник.- Суми: вид-во СумДУ, 2020.-270 с.
2. Локальні методи досліджень. Підручник для студентів спеціальності 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» / Загородній В.В.; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019, 323 с.

3. Рентгенівська фотоелектронна спектроскопія дисперсних гетерогенних систем. Автореф. дис... д-ра фіз.-мат. наук: 01.04.18 [Електронний ресурс / І. В. Плюто; НАН України. Ін-т металофізики ім. Г. В. Курдюмова. — К., 2002. — 32 с.]
4. Білий М. У., Охріменко Б. А. Атомна фізика. — К. : Знання, 2009. — 559 с.
5. Глосарій термінів з хімії // Й. Опейда, О. Швайка. Ін-т фізико-органічної хімії та вуглехімії ім. Л. М. Литвиненка НАН України, Донецький національний університет. — Донецьк: Вебер, 2008. — 758 с.
6. Ogunjobi K.M., Adetogun A.C., Shofidiya S.A . Investigation of Pulping Potentials of Waste from Conversion of *Anogeissus leiocarpus*. IOSR Journal of Polymer and Textile Engineering (IOSR-JPTE), 2348-0181, Volume 1, Issue 2 (Jan. 2014), PP 26-30.
7. Oluwafemi O.A. , Sotannde O. A. The Relationship Between Fibre Characteristics and Pulp-sheet Properties of *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit. Middle-East Journal of Scientific Research 2 (2): 63-68, 2007.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Вичитування лекцій з освітнього компоненту проводиться паралельно з виконанням студентами практичних і лабораторних робіт та розглядом ними питань, що виносяться на самостійну роботу. У процесі читання лекцій застосовуються ілюстративний матеріал у вигляді презентацій, які розміщені на платформі *Sikorsky-distance*. Перед кожною лекцією рекомендується ознайомитись з лекційними матеріалами, а також з матеріалами, що рекомендовані для самостійного вивчення.

Лекційні заняття спрямовані на:

- надання сучасних знань з дисципліни щодо теоретичних основ і принципів дії новітніх методів дослідження структури та властивостей рослинних полімерів, об'єм яких визначається цільовою установкою до кожної конкретної теми;
- виховання у з.в.о. професійних навиків, вміння оцінювати характеристики сировини, проміжних продуктів і кінцевої продукції; проведення порівняльного аналізу експериментальних даних методів і розвиток у них самостійного творчого мислення;
- використання наочних елементів для сприйняття матеріалу: поєднання лекції з демонстрацією аудіовізуальних матеріалів, схем, графіків, таблиць та діаграм;
- роз'яснення нових термінів і понять;
- формування у аспірантів необхідної мотивації та зацікавленості у продовженні виконання науково-дослідної роботи в рамках аспірантури;
- розуміння стратегії розроблення нових та вдосконалення існуючих ресурсощадних технологій перероблення лігноцелюлозних матеріалів;
- вдосконалення існуючих і розроблення ресурсозберігаючих та екологічно безпечних технологій перероблення лігноцелюлозних матеріалів у цінні продукти;
- знання методів розділення лігноцелюлозних біокомплексів; способів модифікування біополімерів; методів біологічної конверсії лігноцелюлозних матеріалів; способів створення ефективних композитних матеріалів багатофункціонального призначення;
- уміння визначати склад, будову та властивості біополімерів рослинного походження;
- користуючись знанням молекулярної організації біополімерів в лігноцелюлозних комплексах оцінювати їх придатність до хімічного перероблення;

Назва теми лекції та перелік основних питань

Розділ 1. Спектральні методи дослідження лігноцелюлозних матеріалів

Тема 1. Сучасні тенденції розвитку технологій одержання лігноцелюлозних матеріалів.

Основні питання: загальні тенденції розвитку технологій одержання лігноцелюлозних матеріалів. Потреба заміщення продуктів із вичерпних джерел вуглеводнів на матеріали із відновлювальної рослинної сировини. Наукові проблеми вітчизняної целюлозно-паперової промисловості. Нові способи одержання лігноцелюлозних матеріалів

Тема 2. Інфрачервона спектроскопія (ІЧ) та інфрачервона спектроскопія з Фур'є перетворювачем (FTIR).

Основні питання: предмет, методи, завдання та структура дисципліни «Сучасні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів». Теоретичні основи і принципи дії інфрачервоної спектроскопії (ІЧ). Поділ ІЧ-хвиль за довжиною. Переваги і недоліки методу інфрачервоної спектроскопії з Фур'є перетворювачем (FTIR). Приклади використання методів ІЧ і FTIR.

Тема 3. Ультрафіолетова спектроскопія (УФ - спектроскопія), рентгенівська фотоелектронна спектроскопія (XPS) і рентгенівська дифракція (XRD).

Основні питання: теоретичні основи та принципи дії ультрафіолетової спектроскопії (УФ - спектроскопія), рентгенівської фотоелектронної спектроскопії і рентгенівської дифракції. Закон Бугера – Ламберта – Бера. Особливості і можливості використання методів УФ-спектроскопії, XPS і XRD. Визначення ступеня та індексу кристалічності целюлози. Спектроскопія комбінаційного розсіювання (СКР). Загальна характеристика методів та приклади їх використання для аналізу лігноцелюлозних матеріалів.

Тема 4. Спектроскопія ядерного магнітного резонансу (1H і 13C ЯМР - спектроскопія)

Основні питання: теоретичні основи та принципи дії методів спектроскопії ядерного магнітного резонансу (1H і 13C ЯМР – спектроскопія). Блок-схема приладів та особливості використання методів СКР, 1H і 13C ЯМР - спектроскопії.

Розділ 2. Мікроскопічні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів

Тема 5. Скануюча електронна мікроскопія (SEM)

Основні питання: Основні групи електронних мікроскопів. Теоретичні основи та принципи дії методу скануючої електронної мікроскопії (SEM). Особливості і можливості використання методу SEM для визначення морфологічної будови і її зміни під час термохімічного оброблення. Приклади скануючих електронних мікроскопів. Приклади використання 1H і 13C ЯМР – спектроскопії для аналізу лігноцелюлозних матеріалів.

Тема 6. Проникаюча електронна мікроскопія (TEM) та атомна силова мікроскопія (AFM)

Основні питання: Теоретичні основи та принципи дії методу проникаючої електронної мікроскопії (TEM). Особливості і можливості використання методу TEM для визначення надмолекулярної будови частинок целюлози та підтвердження її нанорозмірів. Приклади приладів проникаючих електронних мікроскопів. Основи методу атомної силової мікроскопії (AFM). Принцип роботи TEM та AFM. Режими роботи атомно-силового мікроскопа. Використання методу AFM для визначення надмолекулярної будови частинок целюлози та підтвердження її нанорозмірів. Приклади атомних силових мікроскопів.

Розділ 3. Інші сучасні методи дослідження лігноцелюлозних матеріалів

Тема 7. Термогравіметричний метод аналізу (TGA)

<u>Основні питання:</u> Теоретичні основи та принципи дії методу термогравіметричного аналізу (TGA) Особливості і можливості використання методу. Порівняльний аналіз термічної стійкості різних матеріалів. Приклади приладів TGA.
Тема 8. Елементний аналіз і хроматографія <u>Основні питання</u> Теоретичні основи та принципи дії методів елементного аналізу і хроматографії. Особливості і можливості використання методів. Чутливість методів до визначення значень домішок у лігноцелюлозних матеріалах. Приклади приладів та обладнання для проведення методів елементного аналізу і хроматографії.
Тема 9. Методи визначення показників целюлози (модуль Юнга, Runkle ratio, дзета-потенціал волокнистих суспензій) <u>Основні питання:</u> Теоретичні основи та принципи дії методів визначення показників целюлози (модуль Юнга, Runkle ratio, дзета-потенціал). Особливості і можливості використання методів. Прилади та обладнання для проведення методів визначення показників целюлози (модуль Юнга, Runkle ratio, дзета-потенціал).

Практичні заняття

В рамках викладання навчальної дисципліни «Сучасні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів» передбачено проведення практичних занять, які займають 25% аудиторного навантаження. На практичні заняття виносяться теми, які охоплюють широке коло питань. Вони дозволяють краще зрозуміти лекційний матеріал, детальніше познайомитися із принципами дії методів досліджень лігноцелюлозних матеріалів.

Основні завдання циклу практичних занять:

- ✓ допомогти з.в.о. систематизувати, закріпити і поглибити теоретичні основи та принципи дії методів досліджень лігноцелюлозних матеріалів;
- ✓ допомогти з.в.о. опановувати сучасні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів, розуміти принципи дії новітніх методів дослідження структури та властивостей рослинних полімерів;
- ✓ навчити з.в.о. аналізувати отримані експериментальні результати та порівнювати їх з науковою та довідковою літературою;
- ✓ обговорювати роль методів дослідження у стратегії розроблення нових та вдосконалення існуючих ресурсощадних технологій перероблення лігноцелюлозних матеріалів.

№ з/п	Назва теми практичних занять та перелік основних питань
1	Інфрачервона спектроскопія (ІЧ) <u>Основні питання:</u> Рівні поглинання електромагнітного випромінювання. Поділ ІЧ-хвиль за довжиною на 3 діапазони: ближній, середній і дальній. Схема і принцип роботи приладу ІЧ – спектроскопії.
2	Ультрафіолетова спектроскопія (УФ - спектроскопія) і рентгенівська фотоелектронна спектроскопія (XPS) <u>Основні питання:</u> Методика вивчення елементного складу, хімічного та електронного стану атомів на поверхні матеріалу методом рентгенівської фотоелектронної спектроскопії. Схема і принцип роботи приладу XPS спектроскопії.

3	Спектроскопія комбінаційного розсіювання <u>Основні питання:</u> Інтенсивність розсіювання у комбінаційному (раманівському) розсіюванні. Правила відбору. Типи еліпсоїдів поляризованості (осевий, обертовий і кулястий тензор). Схема приладу, що використовується для комбінаційного розсіювання.
4	Спектроскопія ядерного магнітного резонансу <u>Основні питання:</u> ЯМР – спектри і таблиці значень діапазонів хімічних здвигов сигналів ^1H для груп целюлози і ^{13}C для фрагментів функціональних груп лігніну
5	Термогравіметричний метод (TGA) <u>Основні питання:</u> Три види термогравіметрії (ізотермічна, квазістатична і динамічна). Проста і диференціальна термогравіметричні криві.
6	Елементний аналіз <u>Основні питання:</u> Методи аналізу: рентгенофлуоресцентний, атомно-емісійний (зокрема з індуктивно-пов'язаною плазмою), атомно-абсорбційна спектрометрія, спектрофотометрія та люмінесцентний аналіз; мас-спектрометрія і принцип її дії. Типи мас-аналізаторів (безперервні та імпульсні)
7	Проникаюча електронна мікроскопія (ТЕМ) <u>Основні питання:</u> Основні визначення і поняття методу ТЕМ. Методика підготовки лігноцелюлозних матеріалів до проведення досліджень. Проведення визначень показників лігноцелюлозних матеріалів методом ТЕМ.
8	Атомна силова мікроскопія (АСМ) <u>Основні питання:</u> Три режими роботи атомно-силового мікроскопа (контактний, «напівконтактний» і безконтактний). Графік залежності сили Ван-дер-Ваальса від відстані між кантілівером і поверхнею зразка. Особливості роботи АСМ.
9	Методи визначення показників целюлози (модуль Юнга, Runkle ratio, дзета-потенціал) <u>Основні питання:</u> Формула розрахунку модуля Юнга і Runkle ratio. Фактори, що впливають на їх значення. Дзета-потенціал різних видів целюлози і фактори.

Лабораторні роботи

В рамках викладання навчальної дисципліни «Сучасні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів» передбачено проведення лабораторних робіт, які займають 50% аудиторного навантаження. Під час виконання лабораторних робіт з.в.о. набувають практичних навиків підготовки зразків лігноцелюлозних матеріалів до досліджень, приймають участь у проведенні досліджень та вчать аналізувати отримані результати.

Основні завдання циклу лабораторних робіт:

- ✓ допомогти з.в.о. закріпити отримані знання про сучасні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів;

- ✓ навчити з.в.о. прийомам та особливостям підготовки зразків лігноцелюлозних матеріалів до випробувань відповідним методом дослідження;
- ✓ навчити з.в.о. аналізувати отримані експериментальні результати та порівнювати їх з науковою та довідковою літературою;
- ✓ робити висновки і пропозиції щодо подальшого проведення наукових досліджень з вибраної теми та розроблення технологій перероблення лігноцелюлозних матеріалів.

№ з/п	Назва теми лабораторної роботи та перелік основних питань
1	Інфрачервона спектроскопія з Фур'є перетворювачем (FTIR) <u>Основні питання:</u> Інструктаж з техніки безпеки роботи в лабораторії. Видача лігноцелюлозних матеріалів та визначення її вологості і зольності. Основні визначення і поняття методу FTIR. Підготовка лігноцелюлозних матеріалів до проведення досліджень. Проведення визначень показників лігноцелюлозних матеріалів методом FTIR. Аналіз отриманих експериментальних даних – 6 год.
2	Рентгенівська дифракція (XRD) <u>Основні питання:</u> Основні визначення і поняття методу XRD. Підготовка лігноцелюлозних матеріалів до проведення досліджень. Проведення визначень показників лігноцелюлозних матеріалів методом XRD. Аналіз отриманих експериментальних даних – 6 год.
3	Спектроскопія ядерного магнітного резонансу (13C ЯМР - спектроскопія) <u>Основні питання:</u> Основні визначення і поняття методу 13C ЯМР - спектроскопія. Підготовка лігноцелюлозних матеріалів до проведення досліджень. Проведення визначень показників лігноцелюлозних матеріалів методу 13C ЯМР - спектроскопії. Аналіз отриманих експериментальних даних. – 6 год.
4	Скануюча електронна мікроскопія (СЕМ) <u>Основні питання:</u> Основні визначення і поняття методу СЕМ. Підготовка лігноцелюлозних матеріалів до проведення досліджень. Етапи роботи з електронним мікроскопом. Проведення визначень показників лігноцелюлозних матеріалів методом СЕМ. Аналіз отриманих експериментальних даних – 6 год.
5	Проникаюча електронна мікроскопія (ТЕМ) <u>Основні питання:</u> Основні визначення і поняття методу ТЕМ. Підготовка лігноцелюлозних матеріалів до проведення досліджень. Проведення визначень показників лігноцелюлозних матеріалів методом ТЕМ. Аналіз отриманих експериментальних даних – 6 год.
6	Атомна силова мікроскопія (AFM) <u>Основні питання:</u> Терміни і поняття методу AFM. Підготовка лігноцелюлозних матеріалів до проведення досліджень. Проведення визначень показників лігноцелюлозних матеріалів методом AFM. Аналіз отриманих експериментальних даних – 6 год.

6. Самостійна робота з.в.о.

Самостійна робота з.в.о. займає 52 % часу вивчення курсу, включає також підготовку до написання модульної контрольної роботи та підготовку до заліку. Головне завдання самостійної роботи з.в.о. – це опанування наукових знань в області сучасних методів досліджень лігноцелюлозних матеріалів, що не ввійшла до переліку лекційних і практичних занять, шляхом особистого пошуку інформації, формування активного інтересу та творчого підходу у навчальній і науковій роботі.

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
Розділ 1. Спектральні методи дослідження лігноцелюлозних матеріалів		
1	Інфрачервона спектроскопія (ІЧ) та інфрачервона спектроскопія з Фур'є перетворювачем (FTIR). Теоретичні основи і принципи дії інфрачервоної спектроскопії (ІЧ). Поділ ІЧ-хвиль за довжиною. Переваги і недоліки методу інфрачервоної спектроскопії з Фур'є перетворювачем (FTIR). Приклади використання методів ІЧ і FTIR. Приклади використання методів ІЧ і FTIR у целюлозно-паперовій промисловості.	14
2	Ультрафіолетова спектроскопія (УФ - спектроскопія) і рентгенівська фотоелектронна спектроскопія (Рентгенівська дифракція - XRD) Теоретичні основи та принципи дії ультрафіолетової спектроскопії (УФ - спектроскопія) і рентгенівської фотоелектронної спектроскопії (Рентгенівської дифракції - XRD). Закон Бугера – Ламберта – Бера. Особливості і можливості використання методів УФ-спектроскопії і XRD. Визначення ступеня кристалічності целюлозовмісних матеріалів	12
3	Спектроскопія комбінаційного розсіювання і спектроскопія ядерного магнітного резонансу (1H і 13C ЯМР - спектроскопія) Теоретичні основи та принципи дії методів спектроскопії комбінаційного розсіювання (СКР) і спектроскопії ядерного магнітного резонансу (1H і 13C ЯМР – спектроскопія). Блок-схема приладів та особливості використання методів СКР, 1H і 13C ЯМР. Приклади використання методів СКР, 1H і 13C ЯМР- спектроскопії у целюлозно-паперовій промисловості	12
Розділ 2. Мікроскопічні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів		
4	Скануюча електронна мікроскопія (SEM) Основні групи електронних мікроскопів. Теоретичні основи та принципи дії методу скануючої електронної мікроскопії (СЕМ). Особливості і можливості використання методу СЕМ для визначення морфологічної будови і її зміни під час термохімічного оброблення. Приклади скануючих електронних мікроскопів. Приклади використання методу СЕМ у целюлозно-паперовій промисловості	12
5	Проникаюча електронна мікроскопія (TEM) Теоретичні основи та принципи дії методу проникаючої електронної мікроскопії (ТЕМ). Особливості і можливості використання методу ТЕМ для визначення надмолекулярної будови частинок целюлози та	12

	підтвердження її нанорозмірів. Приклади приладів проникаючих електронних мікроскопів. Приклади використання методу TEM у целюлозно-паперовій промисловості.	
6	Атомна силова мікроскопія (AFM) Теоретичні основи та принципи дії методу атомної силової мікроскопії (AFM). Особливості і можливості використання методу AFM для визначення надмолекулярної будови частинок целюлози та підтвердження її нанорозмірів. Приклади атомних силових мікроскопів. Приклади використання методу AFM спектроскопії у целюлозно-паперовій промисловості	12
Розділ 3. Інші сучасні методи дослідження лігноцелюлозних матеріалів		
7	Термогравіметричний метод аналізу (TGA) Теоретичні основи та принципи дії методу термогравіметричного аналізу (TGA) Особливості і можливості використання методу. Порівняльний аналіз термічної стійкості різних матеріалів. Приклади приладів TGA. Приклади використання методу TGA у целюлозно-паперовій промисловості.	12
8	Елементний аналіз і хроматографія Теоретичні основи та принципи дії методів елементного аналізу і хроматографії. Особливості і можливості використання методів. Чутливість методів до визначення значень домішок у лігноцелюлозних матеріалах. Приклади приладів та обладнання для проведення методів елементного аналізу і хроматографії. Приклади використання методів елементного аналізу і хроматографії у целюлозно-паперовій промисловості	12
9	Методи визначення показників целюлози (модуль Юнга, Runkle ratio, дзета-потенціал волокнистих суспензій) Теоретичні основи та принципи дії методів визначення показників целюлози (модуль Юнга, Runkle ratio, дзета-потенціал). Особливості і можливості використання методів. Прилади та обладнання для проведення методів визначення показників целюлози (модуль Юнга, Runkle ratio, дзета-потенціал). Приклади використання методів визначення показників целюлози (модуль Юнга, Runkle ratio, дзета-потенціал) у целюлозно-паперовій промисловості.	12
10	Підготовка до МКР	6
11	Виконання індивідуального семестрового завдання (ІСЗ)	20
12	Підготовка до екзамену	14
	Всього годин	150

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед з.в.о.:

- правила відвідування занять: заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях;
- правила поведінки на заняттях: з.в.о. має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни;
- політика дедлайнів та перескладань: якщо з.в.о. не проходив або не з'явився на МКР (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено;
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни ;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

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

Види контролю встановлюються відповідно до Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського:

Поточний контроль: опитування на лекційних заняттях, МКР, ІСЗ, виконання завдань до практичних занять, виконання та захист лабораторних робіт.

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

Семестровий контроль: екзамен.

Умови допуску до семестрового контролю: виконані та захищені лабораторні роботи, виконані завдання до практичних занять, семестровий рейтинг більше 30 балів.

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- опитування на кожному лекційному занятті;
- виконання завдань до практичних занять;
- виконання та захист лабораторних робіт;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР);
- виконання індивідуального семестрового завдання (ІСЗ);
- відповіді на екзамені.

Опитування на лекціях	Практичні заняття	Лабораторні роботи	МКР	ІСЗ	Екзамен
9	9	18	9	9	46

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
95-100	Відмінно
85-94	Дуже добре
75-84	Добре
65-74	Задовільно
60-64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Менше 30	Не допущено

Опитування по матеріалам лекційних занять

Ваговий бал 0,5. Максимальна кількість балів за тестування – 0,5 балів * 18 лекцій = 9 балів.

Опитування проводиться по результатам попередньої лекції. Тривалість проходження одного опитування – 10 хвилин. Кількість спроб – одна. У деяких випадках, з.в.о. може надатися повторна спроба на окремі опитування. Кожне тестування містить 5 запитань, відповідь на які передбачає відносно короткі відповіді (визначення термінів; чисельна відповідь; формули, приклади розрахунків, тощо).

Критерії оцінювання:

- вірна відповідь – 0,1 бали, невірна відповідь – 0 балів.

Практичні заняття

Ваговий бал 1. Максимальна кількість балів за всі практичні заняття – 1 бал * 9 занять = 9 балів.

На практичних заняттях студенти разом із викладачем розв'язують завдання за тематикою практичного заняття. Після кожного практичного заняття студенти отримують домашнє завдання, яке необхідно вирішити та надати на перевірку викладачу до початку наступного заняття (зазвичай це 1 тиждень, однак іноді цей час може бути змінений викладачем у деяких конкретних випадках).

Критерії оцінювання

- домашнє завдання вирішено вірно та здано протягом 1-го тижня після практичного заняття – 1 бал;
- домашнє завдання вирішено вірно, але здано протягом більш ніж 1-го тижня після практичного заняття – 0,5 бал;
- домашнє завдання вирішено із незначними помилками та здано протягом 2-х тижнів після практичного заняття – 0,75 бали;
- домашнє завдання вирішено із незначними помилками та здано протягом більш ніж 2-х тижнів після практичного заняття – 0,25 балів;
- домашнє завдання вирішено із значними помилками – повертається на доопрацювання.

УВАГА! Вирішення та здача всіх домашніх завдань є умовою допуску до складання екзамену. З.в.о, що на момент консультації перед екзаменом не здали домашні завдання, не допускаються до основної задачі та готуються до перескладання. Для допуску до перескладання екзамену треба у визначений викладачем термін здати всі заборгованості по домашнім завданням до практичних занять.

Лабораторні роботи

Ваговий бал. Лабораторні роботи мають ваговий бал 3. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи складає 3 бали * 6 роботи = 18 балів.

Для допуску до поточної лабораторної роботи необхідно мати Протокол, оформлений відповідно до норм оформлення технічної документації, який має містити всі необхідні пункти, відповідно до Методичних вказівок. Також для допуску до лабораторної роботи (окрім 1-ї) необхідно захистити попередню. Студенти, що не захистили попередню лабораторну роботу можуть бути не допущені до виконання наступної. Лабораторні роботи виконуються кожним студентом індивідуально.

Критерії оцінювання лабораторної роботи з ваговим балом 3:

- знання теоретичного матеріалу і методик аналізу, при виконанні лабораторних робіт одержані достовірні результати; у звіті правильно виконані розрахунки, наявність висновків у лабораторної роботи, вірні відповіді на запитання до захисту – 3 бали;
- у відповіді є неточності та помилки під час захист лабораторної роботи – 0,5-2,9 балів;
- усі поставлені запитання залишилися без відповіді. Захист лабораторної роботи не зараховано лабораторна робота не виконана або протокол не представлений – повертається на відпрацювання або доопрацювання.

УВАГА! Захист всіх лабораторних робіт є умовою допуску до складання екзамену. Студенти, що на момент консультації перед екзаменом не захистили лабораторні роботи, не допускаються до основної здачі та готуються до перескладання. Для допуску до перескладання екзамену треба у визначений викладачем термін здати всі заборгованості по лабораторним роботам.

Модульна контрольна робота

Ваговий бал – 3. Модульна контрольна робота (МКР) виконується протягом семестру на лекційних заняттях після вивчення кожного із 3-х розділів освітнього компонента і розділяється на три частини. Максимальна кількість балів по кожній частині модульної контрольної роботи складає 3 бали, а в цілому за МКР 3 бали * 3 частини = 9 балів.

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи:

По кожній частині модульної контрольної роботи з.в.о. відповідає на 2 питання по відповідним темам дисципліни. Відповідь на кожне питання оцінюється від 0 до 1,5 бали:

- повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) - 1,5 бали
- повна відповідь з незначними неточностями – 1,3-1,4 бали
- неповне розкриття питання (не менше 60 % потрібної інформації) – 1,0-1,2 бали
- незадовільна робота – 0 балів.

Індивідуальне семестрове завдання (ІСЗ)

Ваговий бал – 3. Індивідуальне семестрове завдання (ІСЗ) складається із відповідей на 3 питання, що відносяться до кожного із 3-х розділів освітнього компонента. Максимальна кількість балів за написання ІСЗ дорівнює 3 питань x 3 бали = 9 балів.

Критерії оцінювання індивідуальних семестрових завдань (ІСЗ):

Відповідь на кожне питання оцінюється від 0 до 0,5 балів:

- повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) - 1 бал;
- повна відповідь з незначними неточностями – 0,4-0,9 балів;
- неповне розкриття питання (не менше 60 % потрібної інформації) – 0,1-0,3 бали
- незадовільна робота – 0 балів

Календарний контроль

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації. Бал, необхідний для отримання позитивного календарного контролю доводиться до відома студентів викладачем не пізніше ніж за 2 тижні до початку календарного контролю.

Форма семестрового контролю – екзамен

Максимальна сума балів за роботу у семестрі складає 54. Необхідною умовою допуску до екзамену виконані та захищені лабораторні роботи, виконані завдання до практичних занять, семестровий рейтинг не менше 30 балів.

На екзамені з.в.о. виконує письмову контрольну роботу. Кожен білет містить два теоретичні питання та одне практичне. Ваговий бал теоретичного питання – 15. Ваговий бал практичного питання – 16. Максимальна кількість балів на екзамені складає 2 теоретичні питання *15 балів + одне практичне питання 1*16 = 46 балів.

Таким чином, рейтингова шкала з дисципліни складає: $R = 56 + 46 = 100$ балів.

Критерії оцінювання теоретичних питань:

- повна відповідь на запитання, не менше 90% потрібної інформації (повне, безпомилкове розв'язання завдання) – 14-15 балів;
- достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації (повне розв'язання завдання з незначними неточностями) – 11-13 балів;
- неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації та деякі помили (завдання виконано з певними неточностями) – 8-10 балів.
- відповідь відсутня або не задовольняє умовам – 0 балів.

Критерії оцінювання практичного питання:

- повна відповідь на запитання, не менше 90% потрібної інформації (повне, безпомилкове розв'язання завдання) – 15-16 балів;
- достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації (повне розв'язання завдання з незначними неточностями) – 12-14 балів;
- неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації та деякі помили (завдання виконано з певними неточностями) – 8-11 балів.
- відповідь відсутня або не задовольняє умовам – 0 балів.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено к.х.н., професором Барбашем В. А.

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

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 2 від 15.10. 2025 р.)