



Сучасні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів

Робоча програма навчальної дисципліни (силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>третій (доктор філософії)</i>
Галузь знань	<i>хімічна та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>161 хімічні технології та інженерія</i>
Освітня програма	<i>Промислова екологія та ресурсоефективні чисті технології</i>
Статус дисципліни	<i>професійної підготовки</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, 4 семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів (72 год)</i>
Семестровий контроль	<i>МКР, залік</i>
Розклад занять	<i>4 години на тиждень (1 год. Лекційних та 3 год. практичних і лабораторних занять)</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/vizytky.html Практичні / Семінарські: https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/vizytky.html
Розміщення курсу	https://eco-paper.kpi.ua/ , розділ «Освітні програми»

Програма навчальної дисципліни

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

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. Зростаючий дефіцит деревини хвойних порід збільшує значення інших видів рослинної сировини – листяних порід, відходів деревообробки, макулатури і недеревної рослинної сировини. 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 завдяки сучасним методам дослідження майбутні фахівці зможуть оцінювати характеристики сировини, проміжних продуктів і кінцевої продукції, що дуже важливо для раціонального управління екологічно безпечними технологіями виробництва, участі у

вітчизняних та міжнародних проектах, пов'язаних з перероблення лігноцелюлозних матеріалів.

Предмет навчальної дисципліни «Сучасні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів» полягає у вивченні загальних характеристик і теоретичних основ новітніх методів дослідження структури та властивостей рослинних біополімерних комплексів: спектральних (інфрачервоної, ультрафіолетової, рентгенівської фотоелектронної спектроскопії, спектроскопії ядерного магнітного резонансу); мікроскопічних (скануючої електронної, трансмісійної, атомно-силової); інших сучасних методів (термогравіметричного – TGA, елементного аналізу, хроматографії); методів визначення показників целюлози (модуль Юнга, Runkle ratio, дзета-потенціал волокнистих суспензій).

Мета кредитного модуля «Сучасні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів» полягає у підготовці фахівців у галузі хімічних технологій та інженерії, здатних на основі сучасних методів дослідження лігноцелюлозних матеріалів розв'язувати інноваційні комплексні задачі з розроблення нових та вдосконалення існуючих ресурсоощадних технологій, застосовувати сучасні фізико-механічні методи під час виконання дослідження, результати яких мають теоретичне та практичне значення; формування у аспірантів компетентностей:

- розуміти принципи дії новітніх методів дослідження структури та властивостей рослинних полімерів;
- пропонувати стратегії розроблення нових та вдосконалення існуючих ресурсоощадних технологій перероблення лігноцелюлозних матеріалів;
- надавати оцінку характеристикам сировини, проміжним продуктам і кінцевій продукції;
- вдосконалювати існуючі і розробляти ресурсозберігаючі та екологічно безпечні технології переробки лігноцелюлозних матеріалів у цінні продукти;
- на підставі закономірностей процесів делігніфікації, гідролізу, етерифікації та естерифікації розробляти підходи до ефективного модифікування полісахаридних та ароматичних компонентів рослинної сировини;

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни аспіранти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі **програмні результати навчання**:

знання:

- методів розділення лігноцелюлозних біокомплексів
- способів модифікування біополімерів
- методів біологічної конверсії лігноцелюлозних матеріалів
- способів створення ефективних композитних матеріалів багатофункціонального призначення

уміння:

- застосовуючи сучасні методики, хімічні, спектрофотометричні, хроматографічні методи, визначати склад, будову та властивості біополімерів рослинного походження;
- користуючись знанням молекулярної організації біополімерів в лігноцелюлозних комплексах оцінювати їх придатність до хімічного перероблення;
- застосовувати сучасні підходи до організації екологічно безпечних ресурсозберігаючих технологій комплексного використання рослинних відходів;
- розробляти і науково обґрунтовувати оптимальні та раціональні технологічні параметри процесів перероблення біополімерів.

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

Вивчення дисципліни «Сучасні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів» базується на засадах інтеграції різноманітних знань, отриманих аспірантами під час вивчення дисциплін природничого, гуманітарного та інженерно-технічного спрямування. Дисципліна «Сучасні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів» є дисципліною професійної підготовки, що має забезпечити засвоєння аспірантами сучасних методів дослідження лігноцелюлозних матеріалів, необхідних для рішення комплексних задач з розроблення нових та вдосконалення існуючих ресурсощадних технологій перероблення лігноцелюлозних матеріалів.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Спектральні методи дослідження лігноцелюлозних матеріалів

Тема 1. Інфрачервона спектроскопія (ІЧ) та інфрачервона спектроскопія з Фур'є перетворювачем (FTIR)

Тема 2. Ультрафіолетова спектроскопія (УФ - спектроскопія), рентгенівська фотоелектронна спектроскопія (XPS) і рентгенівська дифракція (XRD)

Тема 3. Спектроскопія комбінаційного розсіювання і спектроскопія ядерного магнітного резонансу (^1H і ^{13}C ЯМР - спектроскопія)

Розділ 2. Мікроскопічні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів

Тема 4. Скануюча електронна мікроскопія (SEM)

Тема 5. Проникаюча електронна мікроскопія (TEM)

Тема 6. Атомна силова мікроскопія (AFM)

Розділ 3. . Інші сучасні методи дослідження лігноцелюлозних матеріалів

Тема 7. Термогравіметричний метод (TGA)

Тема 8. Елементний аналіз і хроматографія

Тема 9. Методи визначення показників целюлози (модуль Юнга, Runkle ratio, дзета-потенціал)

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова 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. Егоров А. С. Инфракрасная Фурье-спектроскопия —Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, 2012. – 312 с.
3. Базарнова, Н.Г. Методы исследования древесины и ее производных: учеб. пособие / Н.Г. Базарнова [и др.]; Под ред. Н.Г. Базарновой. – Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 2002. – 160 с.
4. Януш О. В., Деркачева О. Ю., Гусарова Т. С. Оптическая спектроскопия полимеров: учебное пособие / под. общ. ред. Е.А. Яшкевич – ВШТЭСБ ГУПТД. – СПб., 2017. – 46 с.
5. Гоулдстейн Дж., Ньюбери Д., Эчлин П., Джой Д., Фиори Ч., Лифшин Ф. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ. — Мир, 1984.

6. Ескина Г.М., Морозов В.П. Рентгенографический фазовый анализ. Учебно-методическое пособие – Казань: Изд-во Казанского государственного университета, 2010 г.
7. Нифантьев И.Э., Ивченко П.В. Практический курс спектроскопии ядерного магнитного резонанса: методическая разработка. Москва : МГУ имени М.В. Ломоносова, 2006. 199 с.
8. Лекция 1. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса высокого разрешения. URL: <http://www.chem.msu.su/rus/teaching/ustyniuk-nmr-lectures/Lecture-1.pdf>.
9. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. 2004. Мир.
10. Гоулдстейн Дж., Ньюбери Д., Эчлин П., Джой Д., Фиори Ч., Лифшин Ф. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ: в двух книгах. Пер. с англ. — М.: Мир, 1984. 303 с.
11. Махотина Л.Г., Бабкина Л.Ю., Хоробрых С.В., Новожилов В.В. Химия древесины и целлюлозы. Микроскопическое исследование древесины и целлюлозных волокон: учебное пособие / ВШТЭСБГУПТД. – СПб., 2020.–50 с.
12. Синдо Д. Оикава. Т. Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия. — М.: Техносфера, 2006, 256 с. ISBN 5-94836-064-4.
13. 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.
14. Шабиев Р.О., Смолин А.С. Анализ электрокинетических параметров бумажной массы: учебное пособие / СПб ГТУРП. – СПб, 2012. – 80 с.

Додаткова література

1. Тарасевич Б.Н. Основы ИКспектроскопии с преобразованием Фурье. М - 2012.- 22 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. Андреева, О.А. ИКспектроскопическое исследование льна, подвергнутого предварительной очистке / О.А. Андреева [и др.] // Журнал прикладной химии. – 2002. – Т. 75. – Вып. 9. – С. 1545-1548.
4. 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.]
5. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса. URL: https://portal.tpu.ru/SHARED/e/ELINE/academic/PCMIB/Tab/text_II.pdf.
6. Стыскин Е. Л., Исиксон Л. Б., Броуде Е. В., Практическая высокоэффективная жидкостная хроматография – М.; Химия, 1986. – 290с.
7. Вилков Л.В., Пентин Ю.А. Физические методы исследования в химии. Структурные методы и оптическая спектроскопия. — М., 2003. – 156 с.
8. Білий М. У., Охріменко Б. А. Атомна фізика. — К. : Знання, 2009. — 559 с.
9. 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.
10. 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.

11. Oluwafemi O.A. , Sotannde O.A. The Relationship Between Fibre Characteristics and Pulp-sheet Properties of *Leucaenaleucocephala* (Lam.) De Wit. *Middle-EastJournal of Scientific Research* 2 (2): 63-68, 2007.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекції

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 аспірантів 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;

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів та завдання на СРС)
1	Розділ 1. Спектральні методи дослідження лігноцелюлозних матеріалів Тема 1. Інфрачервона спектроскопія (ІЧ) та інфрачервона спектроскопія з Фур'є перетворювачем (FTIR). Предмет, методи, завдання та структура дисципліни «Сучасні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів». Теоретичні основи і принципи дії інфрачервоної спектроскопії (ІЧ). Поділ ІЧ-хвильоза довжиною. Переваги і недоліки методу інфрачервоної спектроскопії з Фур'є перетворювачем (FTIR). Приклади використання методів ІЧ і FTIR. Завдання на СРС: Приклади використання методів ІЧ і FTIR у целюлозно-паперовій промисловості
2	Тема 2. Ультрафіолетова спектроскопія (УФ - спектроскопія), рентгенівська фотоелектронна спектроскопія (XPS) і рентгенівська дифракція (XRD)

	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. Завдання на СРС: Приклади використання методів УФ-спектроскопії, XPS і XRD у целюлозно-паперовій промисловості
3	Тема 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-спектроскопії. Завдання на СРС: Приклади використання методів СКР, 1H і 13C ЯМР- спектроскопії у целюлозно-паперовій промисловості
4	Розділ 2. Мікроскопічні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів Тема 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. Завдання на СРС: Приклади використання методу СЕМ у целюлозно-паперовій промисловості
5	Тема 5. Проникаюча електронна мікроскопія (ТЕМ) Теоретичні основи та принципи дії методу проникаючої електронної мікроскопії (ТЕМ). Особливості і можливості використання методу ТЕМ для визначення надмолекулярної будови частинок целюлози та підтвердження її нанорозмірів. Приклади приладів проникаючих електронних мікроскопів. Завдання на СРС: Приклади використання методу ТЕМ у целюлозно-паперовій промисловості.
6	Тема 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. Завдання на СРС: Приклади використання методу AFM спектроскопії у целюлозно-паперовій промисловості
7	Розділ 3. Інші сучасні методи дослідження лігноцелюлозних матеріалів Тема 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. Завдання на СРС: Приклади використання методу TGA у целюлозно-паперовій промисловості
8	Тема 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. Завдання на СРС: Приклади використання методів елементного аналізу і хроматографії у целюлозно-паперовій промисловості
9	Тема 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). Завдання на СРС: Приклади використання методів визначення показників целюлози (модуль Юнга, Runkle ratio, дзета-потенціал) у целюлозно-паперовій промисловості.

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 аспірантам систематизувати, закріпити і поглибити теоретичні основи та принципи дії методів досліджень лігноцелюлозних матеріалів;
- ✓ допомогти аспірантам опановувати сучасні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів, розуміти принципи дії новітніх методів дослідження структури та властивостей рослинних полімерів;
- ✓ навчити аспірантів 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 (перелік дидактичного забезпечення та завдання на СРС)
1	Інфрачервона спектроскопія (ІЧ)

	<i>Рівні поглинання електромагнітного випромінювання. Поділ ІЧ-хвиль за довжиною на 3 діапазони: ближній, середній і дальній. Схема і принцип роботи приладу ІЧ – спектроскопії.</i> <i>Завдання на СРС: Віднесення смуг поглинання до відповідних функціональних груп целюлози, геміцелюлози, лігніну на ІЧ-спектрах зразків лігноцелюлозних матеріалів</i>
2	Ультрафіолетова спектроскопія (УФ - спектроскопія) і рентгенівська фотоелектронна спектроскопія (XPS) <i>Методика вивчення елементного складу, хімічного та електронного стану атомів на поверхні матеріалу методом рентгенівської фотоелектронної спектроскопії .Схема і принцип роботи приладу XPS спектроскопії.</i> <i>Завдання на СРС: Блок-схема спектрального УФ приладу</i>
3	Спектроскопія комбінаційного розсіювання <i>Інтенсивність розсіювання у комбінаційному (раманівському) розсіюванні. Правила відбору. Типи еліпсоїдів поляризованості (осевий, обертовий і кулястий тензор). Схема приладу, що використовується для комбінаційного розсіювання.</i> <i>Завдання на СРС: Порівняння раманівського розсіювання і інфрачервоної спектроскопії. Області застосування спектроскопії раманівського розсіювання.</i>
4	Спектроскопія ядерного магнітного резонансу <i>ЯМР – спектри і таблиці значень діапазонів хімічних здвигов сигналів ^1H для груп целюлози і ^{13}C для фрагментів функціональних груп лігніну</i> <i>Завдання на СРС: Приклади діапазонів хімічних здвигов сигналів ^1H для груп целюлози і ^{13}C для фрагментів функціональних груп лігніну</i>
5	Термогравіметричний метод (TGA) <i>Три види термогравіметрії (ізотермічна, квазістатична і динамічна). Проста і диференціальна термогравіметричні криві.</i> <i>Завдання на СРС: Блок-схема термогравіметричного аналізатору</i>
6	Елементний аналіз <i>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)</i> <i>Завдання на СРС: Блок-схема спектрометру для проведення елементного аналізу</i>
7	Атомна силова мікроскопія (АСМ) <i>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.</i> <i>Завдання на СРС: Принцип роботи атомно-силового мікроскопа.</i>

8	Методи визначення показників целюлози (модуль Юнга, Runkle ratio, дзета-потенціал) Формула розрахунку модуля Юнга і Runkle ratio. Фактори, що впливають на їх значення. Дзета-потенціал різних видів целюлози і фактори. Завдання на СРС: Прилади для визначення значення дзета-потенціалу целюлозної суспензії
9	Написання модульної контрольної роботи

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 аспіранти набувають практичних навиків підготовки зразків лігноцелюлозних матеріалів до досліджень, приймають участь у проведенні досліджень та вчаться аналізувати отримані результати.

Основні завдання циклу лабораторних робіт:

- ✓ допомогти аспірантам закріпити отримані знання про сучасні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів;
- ✓ навчити аспірантів прийомам та особливостям підготовки зразків лігноцелюлозних матеріалів до випробувань відповідним методом дослідження;
- ✓ навчити аспірантів 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) 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) 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) Основні визначення і поняття методу 13C ЯМР - спектроскопія. Підготовка

	<i>лігноцелюлозних матеріалів до проведення досліджень. Проведення визначень показників лігноцелюлозних матеріалів методу 13С ЯМР - спектроскопії. Аналіз отриманих експериментальних даних.</i>
4	Скануюча електронна мікроскопія (СЕМ) <i>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.</i>
5	Проникаюча електронна мікроскопія (ТЕМ) <i>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.</i>
6	Атомна силова мікроскопія (AFM) <i>Основні визначення і поняття методу AFM. Підготовка лігноцелюлозних матеріалів до проведення досліджень. Проведення визначень показників лігноцелюлозних матеріалів методом AFM. Аналіз отриманих експериментальних даних – 6 год.</i> Захист лабораторних робіт

6. Самостійна робота аспіранта

Самостійна робота аспіранта займає 52 % часу вивчення курсу, включає також підготовку до написання модульної контрольної роботи та підготовку до заліку. Головне завдання самостійної роботи аспіранта – 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). <i>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.</i>	8
2	Ультрафіолетова спектроскопія (УФ - спектроскопія) і рентгенівська фотоелектронна спектроскопія (Рентгенівська дифракція - XRD) <i>Теоретичні основи та принципи дії ультрафіолетової спектроскопії (УФ - спектроскопія) і рентгенівської фотоелектронної спектроскопії</i>	8

	<i>(Рентгенівської дифракції - XRD). Закон Бугера – Ламберта – Бера. Особливості і можливості використання методів УФ-спектроскопії і XRD. Визначення ступеня кристалічності целюлозовмісних матеріалів</i>	
3	Спектроскопія комбінаційного розсіювання і спектроскопія ядерного магнітного резонансу (1H і 13C ЯМР - спектроскопія) <i>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.</i> <i>Завдання на СРС: Приклади використання методів СКР, 1H і 13C ЯМР-спектроскопії у целюлозно-паперовій промисловості</i>	8
Розділ 2. Мікроскопічні методи досліджень лігноцелюлозних матеріалів		
4	Скануюча електронна мікроскопія (SEM) <i>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.</i> <i>Завдання на СРС: Приклади використання методу СЕМ у целюлозно-паперовій промисловості</i>	8
5	Проникаюча електронна мікроскопія (ТЕМ) <i>Теоретичні основи та принципи дії методу проникаючої електронної мікроскопії (ТЕМ). Особливості і можливості використання методу ТЕМ для визначення надмолекулярної будови частинок целюлози та підтвердження її нанорозмірів. Приклади приладів проникаючих електронних мікроскопів.</i> <i>Завдання на СРС: Приклади використання методу ТЕМ у целюлозно-паперовій промисловості.</i>	8
6	Атомна силова мікроскопія (AFM) <i>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.</i> <i>Завдання на СРС: Приклади використання методу AFM спектроскопії у целюлозно-паперовій промисловості</i>	8
Розділ 3. Інші сучасні методи дослідження лігноцелюлозних матеріалів		
7	Термогравіметричний метод аналізу (TGA) <i>Теоретичні основи та принципи дії методу термогравіметричного аналізу (TGA) Особливості і можливості використання методу. Порівняльний аналіз термічної стійкості різних матеріалів. Приклади приладів TGA.</i>	8

	<i>Завдання на СРС: Приклади використання методу TGA у целюлозно-паперовій промисловості.</i>	
8	Елементний аналіз і хроматографія <i>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.</i> <i>Завдання на СРС: Приклади використання методів елементного аналізу і хроматографії у целюлозно-паперовій промисловості</i>	8
9	Методи визначення показників целюлози (модуль Юнга, Runkle ratio, дзета-потенціал волокнистих суспензій) <i>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).</i> <i>Завдання на СРС: Приклади використання методів визначення показників целюлози (модуль Юнга, Runkle ratio, дзета-потенціал) у целюлозно-паперовій промисловості.</i>	8
10	<i>Підготовка до написання модульної контрольної роботи</i>	2
11	<i>Підготовка до заліку</i>	6
	Всього годин	78

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять та поведінки на заняттях

Відвідування занять є обов'язковим компонентом оцінювання. Аспіранти 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 дисципліни, але їхня сума не може перевищувати 10% від рейтингової шкали;*
- *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, аспірант 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 написання модульної контрольної роботи (МКР) аспірант, що надав довідку про хворобу, може поза межами аудиторних годин написати МКР. Повторне написання МКР не допускається.

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 аспіранта; 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

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

Норми етичної поведінки аспірантів 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 дисципліни згідно з робочим навчальним планом:

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин				Контрольні заходи		
	Кредити	акад. год.	Лекції	Практичні	Лаб. роб.	СРС	МКР	РР	Семестрова атестація
4	5	72	18	18	36	78	1		залік

Рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO) аспіранта з дисципліни складається з балів, що він отримує за відповіді під час експрес-контроль на лекціях; відповідях на практичних і лабораторних заняттях; виконання модульної контрольної роботи, яка може поділятися на дві 45-хвилинні або три 30-хвилинні роботи.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1) Відповіді під час експрес-контроль на лекціях:

Ваговий бал - 3. Ваговий коефіцієнт – 0,3. Максимальна кількість балів на всіх лекціях дорівнює: 9 лекцій (відповідей) x 3 бали x 0,3 = 8 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 3 бали).

2) Відповіді на практичних заняттях:

Ваговий бал - 6. Ваговий коефіцієнт – 0,3. Максимальна кількість балів на всіх лабораторних заняттях дорівнює: 9 практ. (відповідей) x 6 балів x 0,3 = 16 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 3 бали).

3) Відповіді на лабораторних роботах:

Ваговий бал - 8. Ваговий коефіцієнт – 0,54. Максимальна кількість балів на всіх лабораторних заняттях дорівнює: 6 лаб (відповідей) x 8 балів x 0,54 = 26 балів

Критерії оцінювання відповіді:

Бали	Повнота та ознаки відповіді
1	знання теоретичного матеріалу;
1	знання методик аналізу;
1	наявність протоколу виконання роботи у лабораторному журналі;
1	при виконанні лабораторних робіт одержані достовірні результати;
1	у звіті правильно виконані розрахунки;
1	наявність висновків у лабораторній роботі;
2	чіткі відповіді на запитання під час захист лабораторної роботи;
1	у відповіді є неточності та помилки під час захист лабораторної роботи;
0	відповіді не відповідають сформульованій темі; усі поставлені запитання залишилися без відповіді. Захист лабораторної роботи не зараховано.
8	Максимальна сума балів за лабораторну роботу

4) Виконання модульної контрольної роботи, яка може поділятися на дві 45-хвилинні або три 30-хвилинні роботи. Модульна контрольна робота проводиться у формі тестування. Усього аспірант має відповісти на 20 питань, що відносяться до різних розділів та тем навчальної дисципліни.

Ваговий бал за кожну правильну відповідь складає 0,5. Кожна з відповідей оцінюється окремо, після чого отримані бали сумуються.

Максимальна кількість балів за написання модульної контрольної роботи дорівнює 0,5 балів X 20 = 10 балів.

Розрахунок шкали (R) рейтингу

Рейтингова шкала дисципліни (R) складає 100 балів та формується як сума всіх рейтингових балів стартової шкали (R_c), отриманих аспірантом за результатами заходів поточного контролю, та залікової шкали (R_з) рейтингу. Розмір стартової шкали (R_c) рейтингу R_c становить 60 балів: R_c = 8 + 16 + 26 + 10 = 60 балів, а розмір R_з = 40 балів. Таким чином, рейтингова шкала з дисципліни складає: R = R_c + R_з = 60 + 40 = 100 балів.

Семестровим контролем є залік. Критерії залікового оцінювання. Відповідь на чотири питання, кожне із яких має ваговий бал 10. Максимальна кількість балів 10 x 4 = 40 балів.

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів аспірант може набрати 20 балів. На першій атестації (8-й тиждень) аспірант отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг складає не менше 10 балів.

За результатами 13 тижнів навчання аспірант має набрати 40 балів. На другій атестації (14-й тиждень) аспірант отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг складає не менше 20 балів.

Необхідною умовою допуску до заліку є регулярні позитивні відповіді на лекціях, практичних і лабораторних заняттях, написання модульної контрольної роботи, а також стартовий рейтинг (R_c) не менше 40% від R_c , тобто 24 балів.

Аспірант, який набрав протягом семестру рейтинг менше 0,6 R_c , виконує залікову контрольну роботу. 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 аспірантом 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 дисципліни (освітнього компонента)

Приблизний перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

- Охарактеризуйте морфологічну структуру лігноцелюлозних матеріалів за даними скануючої електронної мікроскопії (наявність пор і домішок неволокнистого характеру)
- Порівняйте за даними скануючої електронної мікроскопії капілярно-пористу будову різних представників рослинної сировини та її зміну в залежності від стадії термохімічного оброблення лігноцелюлозних матеріалів.
- Проаналізуйте зміни форми ІЧ-спектрів зразків лігноцелюлозних матеріалів у залежності від стадії термохімічного оброблення зразків рослинної сировини.
- Опишіть силу міжмолекулярних і внутрішньомолекулярних водневих зв'язків у целюлозі на основі даних ІЧ-спектрів.
- Оцініть молекулярну упорядкованість целюлози за даними спектроскопії комбінаційного розсіювання.
- Дайте структурно-хімічну характеристику зразків целюлози, виділеної із рослинної сировини, на основі аналізу форми елементарних піків рентгенограм зразків целюлози
- Поясніть відмінність методики визначення ступеня кристалічності та індексу кристалічності целюлози за даними рентгеноструктурного аналізу.
- Прокоментуйте можливості застосування методу ^{13}C ЯМР-спектроскопії для вивчення зміни структури лігніну під час проведення різних способів делігніфікації рослинної сировини
- В чому полягає методика вивчення елементного складу, хімічного та електронного стану атомів на поверхні лігноцелюлозно-го матеріалу методом рентгенівської фотоелектронної спектроскопії?

10. Прокоментуйте задачі, які дозволяє вирішувати метод трансмісійної електронної мікроскопії.
11. Охарактеризуйте принцип роботи приладу трансмісійної електронної мікроскопії. Від чого залежить формування контрастного зображення ТЕМ?
12. Наведіть приклади об'єктів використання приладу трансмісійної електронної мікроскопії у целюлозно-паперовій галузі.
13. Поясніть принцип і режим реєстрації сигналів у скануючому електронному мікроскопі (вторинні електрони, пружно-відбиті електрони, катодолюмінісценція, рентгеноспектральний мікроаналіз)
14. Прокоментуйте схему роботи скануючого електронного мікроскопу.
15. Охарактеризуйте основні теоретичні основи та принципи дії методу термогравіметричного аналізу лігноцелюлозних матеріалів.
16. Наведіть приклади використання методу термогравіметричного аналізу у целюлозно-паперовій промисловості.
17. Перерахуйте значення чутливості різних методів елементного аналізу до визначення значень домішок у лігноцелюлозних матеріалах.
18. Прокоментуйте можливості використання методів хроматографії у целюлозно-паперовій промисловості.
19. Надайте характеристику методам визначення таких показників целюлози, як модуль Юнга і Runkle ratio.
20. В чому полягає методика визначення дзета-потенціалу целюлози?
21. Наведіть значення дзета-потенціалу волокнистих суспензій

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

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

Ухвалено кафедрою ЕТРП (протокол № 8 від 20.01.2021)

Погоджено Методичною радою університету (протокол № 5 від 22.01.2021)