

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Хіміко-технологічний факультет**

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан хіміко-технологічного
факультету

_____ І.М. Астрелін
(підпис) (ініціали, прізвище)

“___” червня 2018 р.

**”АДСОРБЦІЯ, АДСОРБЕНТИ
ТА КАТАЛІЗАТОРИ НА ЇХ ОСНОВІ”**

ПРОГРАМА

навчальної дисципліни
підготовки за ОПП та ОНП Магістр

**Галузь знань 16 Хімічна та біоінженерія
спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія
спеціалізації Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення
шифр за ОПП ПВБ1.4 за ОНП ПВБ1.4**

Ухвалено методичною комісією
хіміко-технологічного факультету
Протокол №5 від ___ травня 2018 р.
Голова методичної комісії

_____ О.В. Сангінова

__ травня 2018 р.

Київ – 2018

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

Доц., к.х.н. І.М. Іваненко

(підпис)

Програму затверджено на засіданні кафедри
технології неорганічних речовин, водоочищення
та загальної хімічної технології

Протокол №__ від__ травня 2018 року

В.о. завідувача кафедри ТНР та ЗХТ

_____ Н.М. Толстопалова

__ травня 2018 р.

© «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,
2018 рік

Вступ

Навчальна дисципліна "Адсорбція, адсорбенти та каталізатори на їх основі" належить до Циклу професійної підготовки, а саме: до навчальних дисциплін професійної та практичної підготовки і являється профілюючою дисципліною в навчальному плані підготовки за ОПП Магістр спеціалізації Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення.

Навчальна дисципліна "Адсорбція, адсорбенти та каталізатори на їх основі" займає важливе місце у формуванні світогляду сучасного фахівця спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія і є завершальною в навчанні спеціалістів з хімічних технологій неорганічних речовин. Навчальний матеріал дисципліни "Адсорбція, адсорбенти та каталізатори на їх основі" базується на знаннях нормативних дисциплін «Прикладна хімія», «Фізика», «Загальна та неорганічна хімія», «Фізична хімія», «Загальна хімічна технологія», «Процеси і апарати хімічних виробництв», «Хімічна технологія неорганічних речовин».

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Мета навчальної дисципліни.

Після засвоєння навчальної дисципліни "Адсорбція, адсорбенти та каталізатори на їх основі" студент має продемонструвати здатність з широкого кола промислових адсорбентів обирати ті, що найбільш відповідають поставленому завданню очистки промислових газових і рідких викидів, рекуперації з них цінних компонентів, а також підбирати найбільш ефективні адсорбенти, придатні до роботи в даних технологічних умовах.

1.2. Основні завдання навчальної дисципліни.

Студенти після засвоєння навчальної дисципліни "Адсорбція, адсорбенти та каталізатори на їх основі" мають продемонструвати **знання** властивостей стандартизованої сировини та готової продукції; основні галузі використання готової продукції, виготовленої із стандартизованої сировини; фізико-хімічні основи технологічних процесів, на яких ґрунтуються виробництва кінцевої продукції; норми технологічних параметрів у нормальному робочому режимі; методи підтримання технологічних параметрів у режимі пуску, планової та аварійної зупинки технологічного процесу; можливі неполадки у роботі та способи їхньої ліквідації; перспективні технології виробництва зазначеної продукції та проблеми їх впровадження; основні заходи забезпечення охорони довкілля та створення нормальних екологічних умов у регіонах розміщення виробництв. **Вміння** обґрунтувати значення технологічних режимів виробництва з використанням фізико-хімічних характеристик процесів, на яких ґрунтується технологія; забезпечувати умови дотримання параметрів технології у відповідності зі значеннями нормальної роботи, режимів пуску та зупинки, а також при аварійній зупинці виробництва. **Набути досвід** використання даних про типи, технічні характеристики, методи дослідження, способи отримання та галузі застосування промислових адсорбентів.

2. Структура навчальної дисципліни

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 240 години і 8 кредитів ECTS.

Навчальна дисципліна містить два кредитних модулі. Перший – ”Адсорбція, адсорбенти та каталізатори на їх основі” і другий – Курсовий проект ”Адсорбція, адсорбенти та каталізатори на їх основі”.

Рекомендований розподіл навчального часу

Форма навчання	Кредитні модулі	Всього		Розподіл навчального часу за видами занять				Семестрова атестація
		кредитів	годин	Лекції	Практичні (семінарські) заняття	Лабораторні роботи (комп'ютерні практикуми)	СРС	
Денна	<i>Всього</i>	6,5	195	36	18	36	105	
	1	6,5	195	36	18	36	105	екзамен
	2	1,5	45	-	-	-	45	Диф.залік
Заочна	<i>Всього</i>	6,5	195	10	6	12	167	
	1	6,5	195	10	6	12	167	екзамен
	2	1,5	45	-	-	-	45	Диф.залік

3. Зміст навчальної дисципліни

Кредитний модуль 1.

Розділ 1. Промислові адсорбенти, їх властивості і застосування

Структура і фізико-хімічні властивості силікагелів. Хімічна природа, корпускулярна будова, порувата структура та хімія поверхні силікагелів. Глобулярна будова, скелет силікагелів. Гранулометричний склад, насипна густина, механічна міцність. Застосування силікагелів для адсорбції і йонного обміну у процесах водопідготовки і очистки стічних вод.

Класифікація, маркування, отримання та застосування промислових силікагелів.

Класифікація, основи маркування, марки промислових силікагелів. Стадії отримання силікагелів. Способи отримання золя кремнієвої кислоти. Промислове отримання гранульованих силікагелів. Застосування різних марок. Застосування силікагелів у хроматографії.

Цеоліти або молекулярні сита. Склад, будова, зовнішній вигляд мінералу цеоліта. Модель утворення структури содаліту. Критичний діаметр простих молекул та розмір адсорбційних площин. Адсорбційні площини шабазіта. Кубооктаедрична структура елементарної комірки фожазіту. Будова оксигенових кілець в цеолітах. Будова цеолітів з великими й малими адсорбційними площинами.

Синтетичні цеоліти. Структура та адсорбційні порожнини синтетичних цеолітів.

Класифікація синтетичних цеолітів. Розділення n-гексана та бензолу на цеолітах. Схема

отримання гранульованих цеолітів із зв'язуючими добавками. Цеолітова установка для очистки трансформаторного масла. Цеоліти як каталізатори кислотно-основних реакцій. Структура активного вугілля. Хімія поверхні активного вугілля. Визначення, кристалічна структура, зовнішня поверхня, розміри пор та розподіл пор за радіусами у активному вугіллі. Елементний склад активного вугілля. Хімічний склад та властивості поверхневих оксидів. Іонообмінні властивості вугільної поверхні. Окиснене активне вугілля. Методи окиснення вугільної поверхні. Особливості азот- та сірковмісного активного вугілля. Методи дослідження долі аморфного вуглецю у складі активного вугілля, пачечно-бахромчата та молекулярно-стрічкова моделі будови активованого вугілля. Модифіковані вуглецеві сорбенти, способи та наслідки модифікування вугільної поверхні. Фізико-хімічні властивості активного вугілля. Адсорбційна здатність. Адсорбція рідин, газів (парів), мікродомішок. Селективна адсорбція. Катіоно- та аніонообмінна ємність. Каталітична активність. Окисно-відновний та кислотно-основний каталіз. Окисно-відновна дія. Електрохімічні процеси за участю активного вугілля. Електронодонорна функція вугільної матриці. Особливості поведінки вуглецевих сорбентів у водних розчинах, будова подвійного електричного шару на їхній поверхні. Промислове активне вугілля. Активне вугілля, що виробляється у країнах світу. Форми випуску активного вугілля. Класифікація активного вугілля за формою та розміром часточок. Загальна класифікація промислового активного вугілля. Освітлююче, рекупераційне та газове активне вугілля – властивості, вимоги, марки, технічні характеристики. Світове виробництво та споживання активного вугілля. Споживання активного вугілля у країнах Західної Європи. Виробничі потужності Західноєвропейських країн. Галузі та процеси використання промислового активного вугілля різних марок. Техніка безпеки при виробництві, транспортуванні та зберіганні активного вугілля. Одержання активного вугілля. Сировинна база. Загальні принципи технологій виробництва активного вугілля. Хімічне та парогазове активування. Вплив вихідної сировини на властивості виробленого сорбенту. Порівняльна характеристика активного вугілля, що одержано на основі різної сировини. Апаратурне оформлення процесів активування. Печі активації – обертові, шахтні, багатополічні, реактори киплячого шару. Нові та альтернативні сировинні джерела у виробництві активного вугілля. Виробництво зерненого та формованого активного вугілля. Загальні принципи та закономірності виробництва зерненого та формованого активного вугілля. Технологія виробництва формованого активного вугілля парогазовим активуванням. Технологія одержання активного вугілля методом хлорцинкової активації. Технологічна схема. Регламент виробництва. Розхідні коефіцієнти. Переваги та недоліки методу хлорцинкової активації. Виробництво активного вугілля медичного призначення. Одержання активного вугілля з молекулярно-ситовими властивостями. Активне вугілля для захисту здоров'я та в медицині – ентеросорбція, гемосорбція, цигаркові фільтри. Регенерація активного вугілля. Способи та особливості регенерації активного вугілля. Термічне реактивування вуглецевих сорбентів: особливості, умови. Печі реактивування: обертові, поверхові багатополічні, реактори киплячого шару. Реактивування гранульованого та порошкового активного. Установки для реактивування активного вугілля. Нетермічні методи реактивування вуглецевих сорбентів. Технологічні процеси переробки нафтової сировини. Установки атмосферно-вакуумної перегонки нафти. Термічні процеси (вісбкрекінг, коксування).

Основні енергоносії та альтернативні природні енергоносії, причини низької ефективності останніх. Переваги нафти як енергоносія.

Розділ 2. Сучасні каталізатори і технології переробки нафти на їх основі

Каталітичні процеси переробки нафтової сировини. Каталітичний крекінг. Каталітичний риформінг. Гідро крекінг та гідро очистка нафтових фракцій. Алкілування. Ізомеризація парафінових вуглеводнів. Полімеризація. Очистка світлих нафтопродуктів. Виробництво водню. Виробництво кисеньвмісних добавок.

Елементний склад нафти та її попередників (прекурсорів); теорії органічного та неорганічного походження нафти у природі.

Технологічні установки нафтопереробних заводів країн колишнього СРСР. Процеси первинної переробки нафти. Термодеструктивні процеси. Віскрекінг. Термічний крекінг: одержання сировини для технічного вуглецю. Коксування. Піроліз нафтової сировини. Каталітичні процеси переробки нафтової сировини. Каталітичний крекінг. Каталітичний риформінг. Гідроочистка і гідрокрекінг нафтових фракцій. Сірчаноокислотне алкілування ізобутана олефінами. Ізомеризація парафінових вуглеводнів, отримання водню, сірки та кисеньвмісних добавок. Комбіновані установки. Вуглеводневий склад нафти: асфальтени, карбени, карбоїди, порфін, порфірини.

Каталізатори переробки нафтової сировини. Підбір каталізаторів для нафтопереробних виробництв. Каталізаторні фабрики колишнього СРСР. Каталізаторні компанії США. Патентування та ліцензування процесів переробки нафтової сировини у США та у країнах колишнього СРСР. Бензин, керосин, дизельне та реактивне паливо; антидетонаційні властивості основних продуктів нафтопереробки.

Розвідані запаси нафти у природі. Світовий видобуток та споживання нафти. Сучасний стан промислової переробки нафти і газу в країнах колишнього СРСР та у США.

Потужності нафтовидобувних та нафтопереробних підприємств. Основні показники нафтопереробної промисловості країн світу. Геологічні довідки про нафту, нафтогеологічне районування, геохронологія.

Україна – нафтовидобувна та нафтопереробна країна: Борислав, Дрогобич, Карпати.

Українські нафтопереробні комбінати. Сучасний стан українських нафтових родовищ. Виробництво основних нафтопродуктів, технічні умови, фракціонування нафти.

4. Рекомендована тематика практичних занять

Основні завдання циклу практичних занять з дисципліни «Адсорбція, адсорбенти та каталізатори на їх основі» є закріплення теоретичних знань, що набуті на лекціях та при самостійній роботі, для вирішення конкретних практичних завдань та прикладів з фахового напрямку. Для цього на практичних заняттях детально вивчаються типи та рівняння ізотерм адсорбції, структурно-сорбційні характеристики промислових адсорбентів, а також матеріальні баланси їх виробництва.

Приблизна тематика практичних занять:

Технічні характеристики, галузі застосування та одержання силікагелів Побудова ізотерм адсорбції та визначення констант рівнянь ізотерм адсорбції Ленгмюра та БЕТ. Розрахунок питомої площі поверхні адсорбенту за ізотермою адсорбції певної речовини.

Будова, властивості, отримання і використання природних і синтетичних цеолітів
Розрахунок і побудова кривих капілярної конденсації, інтегральної та диференціальної кривої розподілу об'єму пор адсорбенту за радіусами.

Структура та фізико-хімічні властивості вуглецевих адсорбентів
Визначення величин адсорбції різноманітних газоподібних і рідких речовин на промислових зразках активованого вугілля з певними характеристиками та порівняння їх адсорбційної здатності.

Одержання та регенерація промислових вуглецевих адсорбентів

Розрахунок матеріального балансу виробництва деревного активного вугілля методом парогазової активації, а також активного вугілля методом хлорцинкової активації. Визначення основних конструктивних характеристик та розрахунок робочого об'єму печей активації.

Нафтопереробка як сукупність каталітичних технологій

Розрахунок питомої площі поверхні сорбентів і каталізаторів за рівняннями ізотерм адсорбції Ленгмюра і БЕТ.

Сучасний стан нафтовидобутку та нафтопереробки

Розрахунок матеріального балансу процесів каталітичного крекінгу та каталітичного риформінгу нафти.

5. Рекомендований перелік лабораторних робіт

Основні завдання циклу лабораторних занять "Адсорбція, адсорбенти та каталізатори на їх основі" є не тільки закріплення теоретичних знань, що набуті на лекціях та при самостійній роботі, для вирішення конкретних практичних завдань та прикладів з фахового напрямку, а і формування сукупності вмінь та набуття досвіду у сфері синтезу, випробовування та дослідження фізико-хімічних властивостей промислових адсорбентів.

Результатом проходження цього лабораторного практикуму повинно бути **набуття** студентами **вмінь** та **досвіду** самостійно вирішувати технологічні завдання лабораторного масштабу на основі конкретизації науково-теоретичних знань, що отримані при аудиторній та самостійній роботі.

Приблизна тематика лабораторних занять:

Одержання силікагелю золь-гель методом.

Синтез тонкодисперсного сорбенту – нікелю фероціаніду (II).

Біосорбція важких металів з водних розчинів.

Методи випробовування активного вугілля.

Побудова ізотерм сорбції карбонових кислот.

Визначення сумарного об'єму пор та граничного об'єму адсорбційного простору активного вугілля.

Синтез активного вугілля.

Дослідження об'ємів пор та питомої площі поверхні активного вугілля.

Вивчення властивостей поверхні активного вугілля.

6. Рекомендовані індивідуальні завдання

Для більш ґрунтовного опанування програмного матеріалу дисципліни "Адсорбція, адсорбенти та каталізатори на їх основі" кожен студент, окрім СРС, одержує індивідуальне завдання – курсовий проект за певною тематикою [15].

Ціллю індивідуальних завдань є стимулювання студентів до самостійного осмислення теоретичного і фактичного матеріалу, самостійного виконання навчально-розрахункових завдань, формування вмінь і навичок пошуку та аналізу інформації з програмного матеріалу (в т.ч. з використанням internet) і творчого, продуктивного рішення і обґрунтування рішень, наближених до реальних фахових ситуацій.

Тематика індивідуальних завдань.

Технологія отримання цеоліту марки NaA із каоліну.

Технологія виробництва натрієвої форми цеолітів.

Виробництво кальцієвої форми цеолітів.

Технологія виробництва гранульованих цеолітів із зв'язуючими добавками.

Отримання гранульованих силікагелів марки MCM.

Одержання кулькового силікагелю марки KCM.

Технологія виробництва кускового силікагелю.

Технологія отримання формованого активного вугілля.

Виробництво зерненого активного вугілля.

Одержання активного вугілля медичного призначення.

Виробництво активного вугілля з молекулярно-ситовими властивостями.

Технологія виробництва гранульованого активного вугілля парогазовим активуванням.

Одержання дробленого активного вугілля парогазовим активуванням.

Отримання вуглецевих адсорбентів із бурого вугілля, модифікованого натрієм гідроксидом

Технологія виробництва вуглецевих адсорбентів із торфа активацією калію сульфідом

Виробництво вуглецевих адсорбентів із відходів деревини, що модифікована ортофосфорною кислотою

Технологія одержання активного вугілля методом хлоридноцинкової активації.

Отримання синтетичного активного вугілля із фенол-формальдегідної смоли.

Одержання синтетичного активного вугілля із сополімерів стірола і дівенілбензола.

Багатоступінчаста установка для реактивації відпрацьованого активного вугілля у киплячому шарі.

7. Рекомендована література

1. Кельцев, Н. В. Основы адсорбционной техники / Н. В. Кельцев. – М.: Химия, 1984. – 592 с.
2. Грег, С. Адсорбция. Удельная поверхность / С. Грег, К. Синг ; перевод с англ. А. П. Карнаухова. – М.: Мир, 1984. – 310 с.
3. Кинле Х. Активные угли и их промышленное применение / Х. Кинле, Э. Бадер ; перевод с нем. Т. Б. Сергеевой. – Л.: Химия, 1984. – 216 с.
4. Фенелонов, В. Б. Пористый углерод / В. Б. Фенелонов – Новосибирск: Ин-т катализа, 1995. – 518 с.
5. Тарковская И.А. Окисленный уголь. – К.: Наук. думка, 1981. – 200 с.
6. Адсорбция органических веществ из воды / [А.М. Когановский, Н.А. Клименко, Т.М. Левченко и др.]. – Л.: Химия, 1990. – 256 с.
7. Когановский, Александр Маркович. Адсорбция и ионный обмен в процессах водоподготовки и очистки сточных вод /А. М. Когановский ; АН УССР, Ин-т коллоид. химии и химии воды им. А. В. Думанского. – К. : Наук. думка, 1983. – 240 с.
8. Тарасевич М.Р. Электрохимия углеродных материалов. – М.: Наука, 1984. – 253 с.
9. Стрелко В.В., Картель Н.Т. Активные угли медицинского назначения // Научные основы разработки лекарственных препаратов. – Харьков: Основа, 1998. – С. 490-516.
10. Олонцев В.Ф. Некоторые тенденции в производстве и применении активных углей в мировом хозяйстве // Химическая промышленность. – 2000. – Вып. 395, №8. – С. 7-14.
11. Капустин В.М., Кукес С.Г., Бертолусини Р.Г. Нефтеперерабатывающая промышленность США и бывшего СССР. – М.: Химия, 1995. – 304 с.
12. Высоцкий И.В., Высоцкий В.И., Оленин В.Б. Нефтегазоносные бассейны зарубежных стран. – М.: Недра, 1990. – 405 с.
13. Зорькин Л.М., Старобинец И.С., Стадник Е.В. Геохимия природных газов и нефтегазоносных бассейнов. – М.: Недра, 1984. – 45 с.
14. Адсорбція, адсорбенти та каталізатори на їх основі: Метод. реком. до викон. розрах.-граф. роб. для студ. спец. 8.05130101 – “Хім. техн. неорган. речовин” / Уклад.: Іваненко І.М. – К.: ХТФ НТУУ «КПІ», 2012. – 50 с.
15. Адсорбція, адсорбенти та каталізатори на їх основі: Метод. реком. до викон. лаб. роб. для студ. спец. “Хім. техн. неорг. речовин” / Уклад.: Іваненко І.М., Донцова Т.А. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 72 с.

8. Засоби діагностики успішності навчання

В якості засобів діагностики успішності навчання студентів з дисципліни ”Адсорбція, адсорбенти та каталізатори на їх основі” рекомендуються комплексні або ситуаційні завдання.

9. Методичні рекомендації

Для студентів денної і заочної форми навчання рекомендована однакова кількість кредитів (8 кредитів ECTS) і навчальних годин (240 години), а також два кредитних модулі, з огляду на важливість знання властивостей промислових адсорбентів для майбутніх спеціалістів в хімічних технологій неорганічних речовин та водоочищення.

При викладанні дисципліни "Адсорбція, адсорбенти та каталізатори на їх основі" для студентів майбутньої спеціальності: "Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення" слід акцентувати увагу на важливості і необхідності знань властивостей адсорбентів та вмінь правильного їх вибору з точки зору ефективного і раціонального проведення технологічного процесу.