

**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.

_____ _____
(підпис) (ініціали, прізвище)
“ ” 2018 р.

**”АДСОРБЦІЯ, АДСОРБЕНТИ
ТА КАТАЛІЗАТОРИ НА ЇХ ОСНОВІ”
4/с та 4с**

РОБОЧА ПРОГРАМА

кредитного модуля

ОПП та ОНП підготовки Магістр
Галузь знань 16 Хімічна та біоінженерія
спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія
спеціалізації Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення
форма навчання денна

Ухвалено методичною комісією
хіміко-технологічного факультету
Протокол № 6 від 21 червня 2018 р.
Голова методичної комісії

_____ О.В. Сангінова
« _____ » _____ 2018 р.

Робоча програма кредитного модуля "Адсорбція, адсорбенти та каталізатори на їх основі" для студентів ОПП та ОНП підготовки Магістр Галузі знань 16 Хімічна та біоінженерія спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія спеціалізації Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення денної форми навчання.

Розробник робочої програми:

Доц., к.х.н. Іваненко Ірина Миколаївна

(підпис)

Робочу програму затверджено на засіданні кафедри технології неорганічних речовин та загальної хімічної технології
Протокол № від 13 червня 2018 року

В.о. завідувача кафедри

Н.М. Толстопалова

(підпис)

(ініціали, прізвище)

13 червня 2018 р.

© «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018 рік

1. ОПИС КРЕДИТНОГО МОДУЛЯ

Рівень ВО, спеціальність, освітня програма, форма навчання	Загальні показники	Характеристика кредитного модуля
Рівень ВО другий (магістерський)	Назва дисципліни Адсорбція, адсорбенти та каталізатори на їх основі	Лекції 36 год.
Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія	Цикл професійної підготовки	Практичні (семінарські) 18 год.
Освітня програма ОПП та ОНП	Статус кредитного модуля вибірковий	Лабораторні (комп'ютерні практикуми) 36 год.
Спеціалізація Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення денної форми навчання	Семестр 2	Самостійна робота 105 год., у тому числі на виконання індивідуального завдання 0 год.
		Індивідуальне завдання -
Форма навчання денна	Кількість кредитів (годин) 6,5 (195)	Вид та форма семестрового контролю екзамен; усний

Кредитний модуль "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.

Кредитний модуль "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».

2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ КРЕДИТНОГО МОДУЛЯ

2.1. Мета кредитного модуля.

Після засвоєння кредитного модуля "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.

2.2. Основні завдання кредитного модуля.

Студенти після засвоєння кредитного модуля "Адсорбція, адсорбенти та каталізатори на їх основі" мають продемонструвати **знання** – властивості 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.

3. СТРУКТУРА КРЕДИТНОГО МОДУЛЯ

Назви розділів, тем	Кількість годин				
	у тому числі				
	Всього	Лекції	Практичні	Лабораторні роботи	СРС
Розділ 1 Промислові адсорбенти, їх властивості і застосування					
Тема 1.1. Фізико-хімічні основи процесу адсорбції	21	4	4	4	9
Тема 1.2. Структура активованого вуглецю	29	4	2	8	15
Тема 1.3. Технології отримання вуглецевих адсорбентів	41	6	4	12	19
Тема 1.4. Регенерація промислових вуглецевих адсорбентів	41	6	4	12	19
Контрольна робота з розділу 1	2	1			1
Разом за розділом 1	134	21	14	36	63
Розділ 2 Технологія мінеральних пігментів					
Тема 2.1. Мінеральні пігменти: основні властивості, сировинна база, загальна	21	12	2	-	7
Тема 2.2. Технології отримання мінеральних пігментів	7	2	2	-	3
Контрольна робота з розділу 2	3	1			2
Разом за розділом 2	31	15	4	-	12
Екзамен	30				30
Всього	195	36	18	36	105

4. ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<p>Фізико-хімічні основи процесу сорбції. Сорбція з газових середовищ. Теорія мономолекулярної адсорбції. П'ять основних типів ізотерм адсорбції. рівняння ізотерми адсорбції Ленгмюра . Теорія полімолекулярної адсорбції. Теорія полімолекулярної адсорбції. Брунауер, Еметт і Теллер. Теорія об'ємного заповнення мікропор. Графічне зображення ізотерми адсорбції в координатах БЕТ. <i>Література:</i> [1 гл. 1, 2 гл. 3]. <i>Завдання на СРС:</i> застосування активного вугілля в процесах адсорбції та йонного обміну у водопідготовки і очистці стічних вод [6 гл. 1, 7 гл. 3].</p>
2	<p>Уявлення про мікропори. Рівняння ізотермі сорбції, запропоноване Ніколаєвим і Дубиніним. Ізотерма адсорбції в лінійних координатах теорії об'ємного заповнення мікропор. Визначення параметрів перехідних пор. Рівняння Кисельова. Параметри пористої структури активованого вугілля. Питома геометрична поверхня мікропор. Сорбція з водних розчинів. Класифікація ізотерм адсорбції з розчинів по БЕТ. <i>Література:</i> [1 гл. 1, 2 гл. 3, 6 гл. 2, 7 гл. 3]. <i>Завдання на СРС:</i> модифіковані вуглецеві сорбенти, способи та наслідки модифікування вугільної поверхні [6 гл. 1, 7 гл. 3].</p>
3	<p>Структура активованого вуглецю Різновиди вуглецевих матеріалів. Просторова будова вуглецевого скелета. Параметри пористої структури неактивованого вугілля з типових сировинних матеріалів виробництва вуглецевих адсорбентів. Вплив температури термообробки на параметри пористої структури неактивованого вугілля. <i>Література:</i> [1 гл. 1, 2 гл. 3, 6 гл. 2, 7 гл. 3]. <i>Завдання на СРС:</i> хімія поверхні активованого вугілля [1 гл. 3].</p>
4	<p>Структурні зміни в модельному елементі карбонвмісного матеріалу. Параметри первинної структури неактивованого вугілля різної природи. Параметри первинної структури неактивованого вугілля, отриманого на основі фенолформальдегідних і фурілових смол. вторинної пористої структури вуглецевих залишків. <i>Література:</i> [1 гл. 1, 2 гл. 3, 6 гл. 2, 7 гл. 3]. <i>Завдання на СРС:</i> активоване вугілля як каталізатор кислотно-основних реакцій [16 гл. 8, 20 розд. 5].</p>
5	<p>Технології отримання вуглецевих адсорбентів Основні світові виробники активованого вугілля. Метод парогазової активації . Зміна основних рентгеноструктурних параметрів вуглецевих адсорбентів. Зміна значень густини в процесі прогресуючого активування вугілля. <i>Література:</i> [1 гл. 1, 2 гл. 3, 3 гл. 1, 4 гл. 1]. <i>Завдання на СРС:</i> методи дослідження долі аморфного вуглецю у складі активного вугілля, пачечно-бахромчата та молекулярно-стрічкова моделі будови активованого вугілля [5 гл. 1, 8 розд. 5, 9 гл.3].</p>

6	<p>Виробництво гранульованого активованого вугілля методом парогазової активації. Вимоги до вичопної сировини у виробництві гранульованих вуглецевих адсорбентів. Характеристики карбонізованих гранул в виробництві адсорбентів. Принципова схема виробництва гранульованих вуглецевих адсорбентів марки АГ-3. <i>Література:</i> [5 гл. 1, 8 розд. 5, 9 гл. 3]. <i>Завдання на СРС:</i> особливості поведінки вуглецевих сорбентів у водних розчинах, будова подвійного електричного шару на їхній поверхні [4 гл. 1, 8 розд. 5, 10 гл. 3].</p>
7	<p>Виробництво подрібненого активного вугілля методом парогазової активації. Технологічна схема виробництва подрібненого активного вугілля. Камерна піч активації. Вугілля-сирець. <i>Література:</i> [2 гл. 3, 9 гл. 1]. <i>Завдання на СРС:</i> галузі та процеси використання промислового активного вугілля різних марок. Техніка безпеки при виробництві, транспортуванні та зберіганні активного вугілля [5 гл. 1, 16 розд. 5, 17 гл. 3].</p>
8	<p>Технологія отримання вуглецевих молекулярних сит. Принципова технологічна схема виробництва подрібнених вуглецевих молекулярних сит. Пригнічення транспортної поруватості. <i>Література:</i> [1 гл. 4, 2 гл. 11]. <i>Завдання на СРС:</i> нові та альтернативні сировинні джерела у виробництві активного вугілля [10, 19].</p>
9	<p>Виробництво активованого вугілля з вичопної сировини. Технологічна схема отримання активного вугілля. Технологія одержання активного вугілля методом хлорцинкової активації. Технологічна схема. Регламент виробництва. Розхідні коефіцієнти. Переваги та недоліки методу хлорцинкової активації. Виробництво активного вугілля медичного призначення. <i>Література:</i> [1 гл. 4, 2. гл. 11]. <i>Завдання на СРС:</i> активне вугілля для захисту здоров'я та в медицині – ентросорбція, гемосорбція, цигаркові фільтри [1 гл. 4, 18 розд. 4, 20 гл. 3].</p>
10	<p>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. Контрольна робота з розділу 1. <i>Література:</i> [1 гл. 10]. <i>Завдання на СРС:</i> нетермічні методи реактивування вуглецевих сорбентів [1гл.10].</p>
11-12	<p>Основні властивості мінеральних пігментів. Покриваність; інтенсивність; маслоємність та змочуваність; світлостійкість; дисперсність; форма частинок. Ахроматичні хроматичні пігменти. Класифікація та призначення мінеральних пігментів. Области застосування мінеральних пігментів. Лакофарбна продукція, кераміка, скло та гума з титану (IV) оксиду. Ферумоксидні пігменти для виготовлення кольорової тротуарної плитки, цементної черепиці, полімер-піщаної черепиці, кольорових бетонних парканів, кольорових бетонних пам'ятників, штучного каменю з бетону, гіпсу. <i>Література:</i> [11, гл. 4.1.1-4.1.2]. <i>Завдання на СРС:</i> пігменти і пігментні пасту для фарбування бетону та гіпсу. А також при виготовленні кольорових гіпсових і кольорових бетонних виробів [13 розд. 5].</p>

13	<p>Сировинна база білих пігментів на основі титаноксидних сполук та кольорових ферумвмісних пігментів. Ільменіт, арizona, рутил, перовскіт, сфен, титаномagnetит. Ільменітові концентрати України: Букинський, Лівобережний. Хімічний склад титанвмісних шлаків. Високовідсоткові шлаки. Домішки у ільменітовому концентраті і титанвмісних шлаках. Сировиною для штучних кольорових ферумоксидних пігментів металічний ферум та відходи металургійних виробництв (сталева стружка, металобрухт, окалина та інші ферумвмісні шлами), чисті солі ферума (II) і ферума (III) та у вигляді відходів виробництв.</p> <p><i>Література:</i> [11, гл. 4.1.3].</p> <p><i>Завдання на СРС:</i> ферумвмісна природна сировина для виробництва природних мінеральних кольорових ферумвмісних пігментів [13].</p>
14-15	<p>Загальна характеристика мінеральних пігментів. Характеристика та хімічні властивості титану (IV) оксиду. Анатазний титану оксид і рутильний титану оксид. Марки TiO_2. Брукітна поліморфна модифікація. Характеристика, склад та хімічні властивості ферумвмісних пігментів. Штучні та природні ферумвмісні пігменти. Оксиди та оксигідроксиди феруму. Жовтий феруму оксид. Група червоних ферумвмісних пігментів.</p> <p><i>Література:</i> [11, гл. 4.2].</p> <p><i>Завдання на СРС:</i> коричневі ферумвмісні пігменти [13].</p>
16	<p>Технологія виробництва пігментного титану (IV) оксиду сульфатним способом. Фізико-хімічні основи виробництва пігментного титану (IV) оксиду сульфатним способом. Сировина для сульфатного методу отримання TiO_2. Принципова схема отримання пігментного титану (IV) оксиду сульфатним способом. Схема розкладання титанвмісної сировини. Діаграма розчинності системи $FeSO_4-H_2SO_4-H_2O$. <i>Література:</i> [11, гл. 4.3-4.5].</p> <p><i>Завдання на СРС:</i> принципова схема п'ятиступеневої кристалізації безперервної дії та двосторонньої вакуум-випарки [13].</p>
17	<p>Технології отримання пігментного титану (IV) оксиду хлоридним способом. Парофазний гідроліз. Хлорування титанового концентрату. Технологічна схема термічного розкладання сульфату феруму (II) з отриманням пігментного оксиду феруму. Спосіб Пеннімана Спосіб Мартіна або «аміачний спосіб».</p> <p><i>Література:</i> [11, гл. 1,2,3].</p> <p><i>Завдання на СРС:</i> інші методи отримання ферумвмісних пігментів: взаємодією хлористого заліза з крейдою з подальшим окисненням осаду повітрям; окиснення вуглекислого феруму повітрям; прожарюванням осадженого феруму (III) гідроксиду або осадженого змішаного феруму оксиду [12, гл. 1].</p>
18	<p>Виробництво ферумвмісних пігментів. Характеристика природних ферумвмісних пігментів. Жовті природні ферумвмісні пігменти. червоні природні ферумвмісні пігменти. Технологічні операції виробництв природних ферумвмісних пігментів. Основні показники якості мінеральних пігментів. Контрольна робота з розділу 2. <i>Література:</i> [11, гл. 3.2.2]. <i>Завдання на СРС:</i> схема синтезу ферумвмісного пігменту «аміачним способом» [13].</p>

5. ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Основні завдання циклу практичних занять з кредитного модулю "Адсорбція, адсорбенти та каталізatori 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.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1-2	Фізико-хімічні основи процесу адсорбції Побудова ізотерм адсорбції та визначення констант рівнянь ізотерм адсорбції Ленгмюра та БЕТ. Розрахунок питомої площі поверхні адсорбенту за ізотермою адсорбції певної речовини.
3	Структура активованого вуглецю Розрахунок і побудова кривих капілярної конденсації, інтегральної та диференціальної кривої розподілу об'єму пор адсорбенту за радіусами. Розрахунок питомої площі поверхні сорбентів і каталізаторів за рівняннями ізотерм адсорбції Ленгмюра і БЕТ.
4-5	Технології отримання вуглецевих адсорбентів Визначення величин адсорбції різноманітних газоподібних і рідких речовин на промислових зразках активованого вугілля з певними характеристиками та порівняння їх адсорбційної здатності.
6-7	Регенерація промислових вуглецевих адсорбентів Розрахунок матеріального балансу виробництва деревного активного вугілля методом парогазової активації, а також активного вугілля методом хлоридно-цинкової активації. Визначення основних конструктивних характеристик та розрахунок робочого об'єму печей активації.
8	Мінеральні пігменти Розрахунок матеріальних балансів виробництва титан- і ферумвмісних пігментів.
9	Технології отримання мінеральних пігментів Розрахунок матеріальних балансів виробництва пігментного титану (IV) оксиду сульфатним способом, пігментного титану (IV) оксиду хлоридним способом, а також ферумвмісних пігментів.

6. ЛАБОРАТОРНІ ЗАНЯТТЯ (КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ)

Основні завдання циклу лабораторних занять "Адсорбція, адсорбенти та каталізatori 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.

	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
1	Синтез активного вугілля	3
2	Визначення сумарного об'єму пор та граничного об'єму адсорбційного простору активного вугілля	3
3	Дослідження об'ємів пор та питомої площі поверхні активного вугілля	3
4	Вивчення властивостей поверхні активного вугілля	3
5	Методи випробовування активного вугілля	3
6	Побудова ізотерм сорбції карбонових кислот	3
7	Синтез тонкодисперсного сорбенту – нікелю(II) фероціаніду	3
8	Біосорбція важких металів з водних розчинів	3
9	Одержання силікагелю золь-гель методом	3
10	Синтез Ni-, Co-шпінелей і дослідження їх структурно-сорбційних і каталітичних властивостей	3
11	Адсорбційні та фотокаталітичні властивості титану (IV) оксиду	3
12	Визначення сорбційних властивостей титану (IV) оксиду	3
	Всього	36

7. САМОСТІЙНА РОБОТА

	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість ауд. годин
1	Застосування активного вугілля в процесах адсорбції та йонного обміну у водопідготовки і очистці стічних вод	3
2	Модифіковані вуглецеві сорбенти, способи та наслідки модифікування вугільної поверхні	3
3	Хімія поверхні активованого вугілля	3
4	Активоване вугілля як каталізатор кислотно-основних реакцій	3
5	Методи дослідження долі аморфного вуглецю у складі активного вугілля, пачечно-бахромчата та молекулярно-стрічкова моделі будови активованого вугілля	4
6	Особливості поведінки вуглецевих сорбентів у водних розчинах, будова подвійного електричного шару на їхній поверхні	3
7	Галузі та процеси використання промислового активного вугілля різних марок. Техніка безпеки при виробництві, транспортуванні та зберіганні активного вугілля	3
8	Нові та альтернативні сировинні джерела у виробництві активного вугілля	3
9	Активне вугілля для захисту здоров'я та в медицині – ентросорбція, гемосорбція, цигаркові фільтри	3

10	Нетермічні методи реактивування вуглецевих сорбентів	3
11	Нетермічні методи реактивування вуглецевих сорбентів	3
12	Пігменти і пігментні паста для фарбування бетону та гіпсу. А також при виготовленні кольорових гіпсових і кольорових бетонних виробів	4
13	Принципова схема п'ятиступеневої кристалізації безперервної дії та двосторонньої вакуум-випарки	5
14	Інші методи отримання ферумвмісних пігментів: взаємодією хлористого заліза з крейдою з подальшим окисненням осаду повітрям; окиснення вуглекислого феруму повітрям; прожарюванням осажденного феруму (III) гідроксиду або осажденного змішаного феруму оксиду	5
15	Ферумвмісна природна сировина для виробництва природних мінеральних кольорових ферумвмісних пігментів. Схема синтезу ферумвмісного пігменту «аміачним способом»	5
	Всього	53

8. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Згідно з навчальним планом індивідуальних завдань з кредитного модуля "Адсорбція, адсорбенти та каталізатори на їх основі" не передбачено.

9. КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ

Метою контрольних робіт з кредитного модулю "Адсорбція, адсорбенти та каталізатори на їх основі" є не тільки закріплення теоретичних знань, що набуті на лекціях та при самостійній роботі, а й їх практичне застосування при виконанні навчальних завдань, наближених до реальних фахових ситуацій.

За навчальним планом передбачено проведення однієї МКР (до 2 годин), яку розділено на дві короткі після кожного з двох розділів, що вивчаються.

Розділ 1. МКР №1.

Основні рівняння ізотерм адсорбції з повною характеристикою умов застосовуваності та обмежень. Характерні особливості та принципові відмінності фізичної та хімічної адсорбції. Характеристика ізотерм адсорбції I–V типів (за Брунауером).

Розділ 2. МКР №2.

Характеристика хімічного підґрунтя типових процесів виробництва мінеральних пігментів. Обґрунтування залежності технічних характеристик мінеральних пігментів від умов їх отримання.

10. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Положення про рейтингову систему оцінювання кредитного модулю "Адсорбція, адсорбенти та каталізатори на їх основі" наведене у Додатку Б.

11. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Комплексне і системне вивчення дисципліни "Адсорбція, адсорбенти та каталізатори на їх основі" досягається взаємозв'язком лекцій та практичних занять, лекцій і лабораторних робіт.

На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить два теоретичних питання і одне практичне. Перелік питань наведений у Додатку А.

При викладанні дисципліни слід акцентувати увагу студентів на широке застосування адсорбційних процесів, в тому числі при вирішенні технологічних та екологічних завдань. Підкреслити, що технологія сорбентів є фактично однією з галузей нанотехнології, а способи синтезу сорбентів мають універсальний характер.

Для забезпечення наочності навчальних занять з кредитного модулю "Адсорбція, адсорбенти та каталізатори на їх основі" застосовуються новітні технології навчання: використовується презентація в середовищі Power Point та мультимедійний проектор.

12. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

12.1 Базова

1. Новый справочник химика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://chemanalytica.com/book/novyuy_spravochnik_khimika_i_tekhnologa/05_syre_i_produkty_promyshlennosti_organicheskikh_i_neorganicheskikh_veshchestv_chast_I/5941
2. Карнаухов, А.П. Адсорбция. Текстура дисперсных и пористых материалов / А.П. Карнаухов. – Новосибирск: Наука, Сиб. предприятие РАН, 1999. – 470 с.
3. Толмачев, А.М. Адсорбция газов, паров и растворов: Монография / А.М. Толмачев. – Москва, Издательская группа «Граница», 2012. – 241 с.
4. Давыдов, С.Ю. Диффузия и адсорбция в гетерогенных системах: Учеб. Пособие СПб / С.Ю. Давыдов, Л.П. Ефименко, А.И. Мамыкин, В.А. Мошников. – Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2001. – 48 с.
5. Кельцев, Н.В. Основы адсорбционной техники / Н.В. Кельцев. – М.: Химия, 1984. – 592 с.
6. Киселев, В.Я. Адсорбция на границе раздела твердое тело – раствор: Учебное пособие / В.Я. Киселев, В.М. Комаров. – Москва, МИТХТ им. М.В. Ломоносова, 2005. – 81 с.
7. Джесси, Р. Адсорбция / Р. Джесси, К. Рональд. – VSD, 2015. – 54 с.

8. Activated Carbon. Harry Marsh, Francisco Rodriguez-Reinoso. Elsevier Science & Technology Books, 2006. – 542 p. ISBN: 0080444636
9. Activated carbon adsorption. Roop Chand Bansal, Meenakshi Goyal. CRC Press, 2005. – 520 p. ISBN: 9781420028812
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. Беленький, Е.Ф. Химия и технология пигментов / Е.Ф. Беленький, И.В. Рискин. – Л.: Научное издательство, 1949. – 624 с.
12. Скомороха, В.Н. Производство двуокиси титана пигментной сульфатным способом / В.Н. Скомороха, В.Г. Зареченный, И.П. Воробьева, С.В. Вакал. – Суми: АТЗТ «Арсенал-Пресс», 2002. – 204 с.
13. Шабанова, Н.А. Химия и технология нанодисперсных оксидов / Н.А. Шабанова, В.В. Попов, П.Д. Саркисов. – Москва: ИКЦ «Академ-книга», 2006. – 301 с.

12.2 Допоміжна

14. Methods of Activation and Specific Applications of Carbon Materials. Viswanathan B., Indra Neel P., Varadarajan T. K. National Centre for Catalysis Research Department of Chemistry Indian Institute of Technology Madras Chennai, India Copyright. – 2009. – 160 p.
15. Production, Characterization, and Applications of Activated Carbon. A Thesis presented to the Faculty of the Graduate School University of Missouri. In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Master of Science. Leimkuehler E.P., Galen J. Suppes Copyright by Eric Leimkuehler, 2010.
16. Types of carbon adsorbents and their production Menéndez-Díaza J. A., Martín-Gullónb I. Published in Activated carbon surfaces in environmental remediation (Interface science and technology series, 7) T. Badosz Ed. ELSEVIER, 2006. – P. 1-48. ISBN: 0-12-370536-3
17. Activated carbon adsorption. Roop Chand Bansal, Meenakshi Goyal. CRC Press Taylor & Francis Group, 2005. – 520 p. ISBN: 9781420028812
18. Activated Carbon for Water and Wastewater Treatment: Integration of Adsorption and Biological Treatment. Ferhan Cecen, Ozgur Aktasr. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2011. – 120 p.
19. Хазин, Л.Г. Двуокись титана / Л.Г. Хазин. – Л.: Химия, 1970. – 239 с.
20. Горощенко, А.Я. Химия титана / А.Я. Горощенко. – Киев: Наукова думка, 1972. – 218 с.

13. Інформаційні ресурси

<http://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&sd=10196&cm=13685&rcms=37675>

<http://tnr.xtf.kpi.ua/n/dis/ads-cat>

ЕКЗАМЕНАЦІЙНІ ПИТАННЯ З КРЕДИТНОГО МОДУЛЯ ”АДСОРБЦІЯ, АДСОРБЕНТИ ТА КАТАЛІЗАТОРИ НА ЇХ ОСНОВІ”

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 н-гексана та бензолу на цеолітах. Схема отримання гранульованих цеолітів із зв'язуючими добавками. Цеолітова установка для очистки трансформаторного масла. Цеоліти як каталізatori 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.

Основні властивості мінеральних пігментів. Покриваність; інтенсивність; маслоємність та змочуваність; світлостійкість; дисперсність; форма частинок.

Ахроматичні хроматичні пігменти. Класифікація та призначення мінеральних пігментів. Області застосування мінеральних пігментів. Лакофарбна продукція, кераміка, скло та гума з титану (IV) оксиду. Ферумоксидні пігменти для виготовлення кольорової тротуарної плитки, цементної черепиці, полімер-піщаної черепиці, кольорових бетонних парканів, кольорових бетонних пам'ятників, штучного каменю з бетону, гіпсу. Пігменти і пігментні пасти для фарбування бетону та гіпсу. А також при виготовленні кольорових гіпсових і кольорових бетонних виробів. Сировинна база білих пігментів на основі титаноксидних сполук та кольорових ферумвмісних пігментів. Ільменіт, арizona, рутил, перовскіт, сфен, титаномagnetит. Ільменітові концентрати України: Букинський, Лівобережний. Хімічний склад титанвмісних шлаків. Високовідсоткові шлаки. Домішки у ільменітовому концентраті і титанвмісних шлаках. Сировиною для штучних кольорових ферумоксидних пігментів металічний ферум та відходи металургійних виробництв (сталева стружка, металобрухт, окалина та інші ферумвмісні шлами), чисті солі ферума (II) і ферума (III) та у вигляді відходів виробництв.

Ферумвмісна природна сировина для виробництва природних мінеральних кольорових ферумвмісних пігментів. Загальна характеристика мінеральних пігментів. Характеристика та хімічні властивості титану (IV) оксиду. Анатазний титану оксид і рутильний титану оксид. Марки TiO_2 . Брукітна поліморфна модифікація. Характеристика, склад та хімічні властивості ферумвмісних пігментів. Штучні та природні ферумвмісні пігменти. Оксиди та оксигідроксиди феруму. Жовтий феруму оксид. Група червоних ферумвмісних пігментів.

Коричневі ферумвмісні пігменти. Технологія виробництва пігментного титану (IV) оксиду сульфатним способом. Фізико-хімічні основи виробництва пігментного титану (IV) оксиду сульфатним способом. Сировина для сульфатного методу отримання TiO_2 . Принципова схема отримання пігментного титану (IV) оксиду сульфатним способом. Схема розкладання титанвмісної сировини. Діаграма розчинності системи $FeSO_4-H_2SO_4-$

H₂O. Принципова схема п'ятиступеневої кристалізації безперервної дії та двосторонньої вакуум-випарки. Технології отримання пігментного титану (IV) оксиду хлоридним способом. Парофазний гідроліз. Хлорування титанового концентрату. Технологічна схема термічного розкладання сульфату феруму (II) з отриманням пігментного оксиду феруму. Спосіб Пеннімана Спосіб Мартіна або «аміачний спосіб».

Інші методи отримання ферумвмісних пігментів: взаємодією хлористого заліза з крейдою з подальшим окисненням осаду повітрям; окиснення вуглекислого феруму повітрям; прожарюванням осажденного феруму (III) гідроксиду або осажденного змішаного феруму оксиду. Виробництво ферумвмісних пігментів. Характеристика природних ферумвмісних пігментів. Жовті природні ферумвмісні пігменти. червоні природні ферумвмісні пігменти. Технологічні операції виробництв природних ферумвмісних пігментів. Основні показники якості мінеральних пігментів. Схема синтезу ферумвмісного пігменту «аміачним способом» .