

Технологія неорганічних кислот і солей - 1

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>16 Хімічна та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>161 Хімічні технології та інженерія</i>
Освітня програма	<i>Освітньо-професійна програма Хімічні технології та інженерія</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>6,5 кредитів</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	<i>Лекція 5 годин на 1 тиждень (2,5 пари), практикум 2 години на 1 тиждень (1 пара) за розкладом на rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н., старший викладач Лапінський Андрій Вікторович</i> andlapinskiy@gmail.com Практикум: <i>к.т.н., старший викладач Лапінський Андрій Вікторович</i> andlapinskiy@gmail.com
Розміщення курсу	Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance); доступ за запрошенням викладача

Програма навчальної дисципліни

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

Необхідність викладання студентам дисципліни «Технологія неорганічних кислот і солей» пов'язана з необхідністю дати студентам уяви про традиційні та сучасні інноваційні методи промислового отримання найбільш уживаної синтетичної неорганічної речовини – сульфатної кислоти з різних видів сировинних ресурсів, а також застосування сульфатної кислоти для подальшого отримання за її участю інших неорганічних речовин.

Вивчення даної навчальної дисципліни надає здобувачам вищої освіти рівня «бакалавр» можливості в подальшому:

- обґрунтовано використовувати базові знання в області технологій мінеральних кислот (сульфатної, соляної тощо) та їх солей для освоєння дисциплін професійної та практичної підготовки;
- під час здобуття вищої освіти, при проходженні практики або самостійно набувати базові уявлення про різноманітність об'єктів хімічної технології, промисловості і хімічної продукції;

- отримувати теоретичний та певний практичний досвід та навички щодо сучасних уявлень про традиційні та перспективні принципи структурної організації та типові функції і механізми роботи технологічних об'єктів хімічних виробництв;
- набувати базові уявлення щодо основних закономірностей розвитку і сучасних досягнень в хімічних технологіях; розуміння ролі енергозбереження в сучасних технологіях;
- набувати здатність використовувати теоретичні знання і практичні навички для оволодіння основами теорії й методів хіміко-технологічних досліджень, розрахунків та проектувань в некаталітичних та каталітичних та технологіях, що пов'язані з використанням промислових, викидних, манжюсних та інших газів (SO₂, SO₃, CO, H₂S тощо);
- отримувати здатність використовувати теоретичні знання і практичні навички для оволодіння основами теорії і методів хіміко-технологічних досліджень в хімічних технологіях сульфатної, соляної, плавикової, надсульфатної, хлорсульфонової кислот та мінеральних солей;
- набувати здатність використовувати теоретичні знання і практичні навички для оволодіння основами теорії і методів хіміко-технологічних досліджень в хімічних технологіях збагачення і кондиціювання мінеральної сировини;
- отримувати знання та навички трансляції основних алгоритмів матеріальних, енергетичних та технологічних розрахунків, а також використання окремих апаратів (агрегатів) та технологічних ланцюгів з таких апаратів на інші хімічні, екологічні та споріднені технологічні процеси як в хімічній так і в інших галузях промисловості.

Предмет дисципліни: *Технологія неорганічних кислот і солей-1.*

Метою дисципліни є формування у студентів наступних здатностей:

- *знання* хімічних та фізико-хімічних характеристик сировини і продуктів виробництва мінеральних кислот і солей;
- *знання* фізико-хімічних основ розглянутих процесів;
- *знання* сучасних, новітніх та перспективних технологічних прийомів і схем виробництва елементарної (в т.ч., полімерної) сірки, оксидів сірки, сульфатної кислоти усіх марок, олеуму, хлор- і фторвмісних солей, сполук урану, неорганічних тугоплавких сполук, сульфідних і сульфатних солей;
- *знання* конструктивних особливостей основного і допоміжного обладнання розглянутих процесів;
- *знання* класифікації за різними ознаками і асортименту сірко-, фтор-, хлор-, сульфід-, сульфатновмісної продукції;
- *знання* принципів положень обґрунтування основних технологічних параметрів виробництв сірки, сірко-, хлор- і фторвмісної продукції;
- *знання* сучасних, новітніх та перспективних екологічних заходів з захисту довкілля при експлуатації виробничих потужностей звиробництва неорганічної продукції;
- *знання* показників якості продукції, умов її зберігання і транспортування;
- *знання* заходів з дотримання умов охорони праці і техніки безпеки у виробництвах розглянутої продукції.
- *уміння* обґрунтувати раціональні або оптимальні параметри технологічних режимів виробництв сірко-, хлор-, сульфід-, сульфат-, фторвмісної продукції;
- *уміння* розрахувати рівноважний стан в процесах, що належать до виробництв розглянутої продукції;
- *уміння* розрахувати матеріали і енергетичні баланси (потoki) вивчених процесів;

- *уміння* розрахувати габаритні характеристики основного обладнання, підібрати стандартнеобладнання і конструкційні матеріали для апаратури;
- *досвід* асоціативного використання набутих професійно-профільованих знань і умінь для обґрунтування технологічних режимів, виконання окремих видів проектних розробок технологічних процесів та їхнього обладнання у виробництвах сірковмісної та супутньої продукції.

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

Навчальний матеріал з Технології неорганічних кислот і солей базується на знаннях і вміннях, отриманих студентами при вивченні дисциплін загальної підготовки «Загальна та неорганічна хімія», «Процеси і апарати хімічних виробництв», «Загальна хімічна технологія», «Фізична хімія»; дисциплін професійної підготовки «Прикладна хімія», «Теоретичні основи технології неорганічних речовин», «Інноваційні неорганічні технології».

Дисципліни, які базуються на результатах навчання: виконання курсового проекту, виконання і захист бакалаврського дипломного проекту, вивчення дисципліни «Технологія органо-мінеральних добрив» та складання вступних екзаменів здобувачів освітнього ступеня «Магістр» за ОНП або ОПП «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення».

Зміст навчальної дисципліни

- Тема 1. Мета і характеристики складових частин дисципліни професійної і практичної підготовки ХТНР. Народного господарське значення сірки, сульфатної кислоти та сірковмісних сполук. Агрохімічна роль сірки.
- Тема 2. Фізико-хімічні властивості сульфатної кислоти і напівпродуктів її одержання в контексті практичного застосування сульфатної кислоти.
- Тема 3. Конструкційні матеріали в виробництві агресивних та корозійно-активних рідких та газоподібних сірко-, хлор- і фторвмісних сполук
- Тема 4. Методи та обладнання для транспортування, перекачування та зберігання сульфатної кислоти та інших неорганічних агресивних кислот.
- Тема 5. Елементарна сірка як сировина для одержання оксиду сірки (IV).
- Тема 6. Природні і супутньо-промислові сполуки як сировина для одержання оксиду сірки (IV).
- Тема 7. Технологія виробництва оксиду сірки (IV).
- Тема 8. Теоретичні, технологічні і екологічні засади підготовки SO₂-вмісних газів до подальшої переробки.
- Тема 9. Фізико-хімічні засади і технологія контактного окиснення оксиду сірки (IV).
- Тема 10. Технологія поглинання оксиду сірки (IV). Утворення олеуму та сульфатної кислоти (моногідрату).
- Тема 10. Фізико-хімічні основи і технологія виробництва сульфатної кислоти нітрозним методом. Порівняння та аналіз переваг і недоліків нітрозного та контактного методів виробництва сульфатної кислоти.
- Тема 11. Виробництво сульфатної кислоти за методом подвійного контактування-подвійної абсорбції.
- Тема 12. Виробництво сульфатної кислоти методом «сухе очищення» (CO).
- Тема 13. Технології виробництва сульфатної кислоти з інших сировинних джерел.
- Тема 14. Прогресивні напрямки вдосконалення технології сульфатної кислоти

3. Навчальні матеріали та ресурси

Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці університету та у бібліотеці кафедри технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології (електронні версії). Обов'язковою до вивчення є базова література, інші матеріали –

факультативні. Розділи та теми, з якими студент має ознайомитись самостійно, викладач зазначає на лекційних та практичних заняттях.

Базова:

1. Яворський В. Технологія сірки і сульфатної кислоти. - Львів: НУ"ЛУ", 2010. - 404 с.
2. Амелин А.Г. Технологія серної кислоти. - М.: Химия, 1983.- 360 с.
3. Васильев Б.Т., Отвагина М.И. Технологія серної кислоти. - М.: Химия, 1985.-328 с.
4. Менковский М.А., Яворский В.Т. Технологія серы. - М.: Химия, 1985. - 328 с.
5. Справочник сернокислотчика /Под ред. К.М. Малина. - М.: Химия, 1971.- 744 с.
6. Позин М.Е., Копылев Б.А., Бельченко Г.В. Расчёты по технологии неорганических веществ. - М.: Химия, 1977. - 495 с.
7. Астрелін І.М., Запольський А.К., Супрунчук В.І., Прокоф'єва Г.М. Теорія процесів виробництва неорганічних речовин. - К.: Вища школа, 1992. - 399 с.
8. Астрелін І.М. , Князев Ю.В., Манчук Н.М. та ін. Методичні вказівки до вивчення дисципліни "Хімічна технологія неорганічних речовин", виконання лабораторного практикуму, практичних, контрольних робіт та курсових, проектів (робіт). - К.: НТУУ "КГП", 1998. - 58 с.
9. Методичні вказівки до проведення лабораторного практикуму з курсу "Хімічна технологія неорганічних речовин" для студентів денної і заочної форми навчання /І.М.Астрелін, Н.М.Манчук, Г.М.Прокоф'єва та ін. - К.: НТУУ "КПІ, 1997. - 88 с.
10. Позин М.Е. Технологія мінеральних солей. - Л.: Химия, 1970. - 4.1.2.-1158 с.).
11. Аранская О.С. Сборник задач и упражнений по химической технологии и биотехнологии. - Минск: Университетское, 1989. - 311 с.
12. Мулярчук І.Ф. Основи виробництва. - К.: ВЦ НАУ, 2001. - 267 с.
13. Хімічні технології та хімічна промисловість /І.М.Астрелін та ін. - К.: УАБ, 1998. - 172 с.
14. Методи розрахунків у технології неорганічних виробництв (т. 1. Зв'язаний азот): Підручник /Лобойко О.Я., Товажнянський Л.Л., Слабун І.О. та ін. -Харків: НТУ "ХПІ, 2001. - 512 с.
15. Зайцев В.А , Новиков А.А., Родин В.И., Производство фтористых соединений при переработке фосфатного сырья. - М.: Химия, 1982.-247 с.
16. Кожухар В.Я., Шамшурін О.В., Попова І.М., Сірчана кислота - Одеса: Екологія, 2005. - 192 с.
17. Химическая технология неорганических веществ /Под ред. проф. Т.Г.Ахметова. - М.: Высшая школа, 2002. - 533 с. (книга 2).
18. Демиденко И.М., Янковский Н.А., Мельников Б.И. Производство серной кислоты. - Горловка: ОАО "Концерн Стирол", 2008. - 220 с.
19. Лобойко О.Я., Гринь Г.І., Товажнянський АЛ. Теоретичні основи технології неорганічних виробництв. - Харків: НТУ "ХПІ", 2017. - 152 с.

Допоміжна

1. Терновская А.Н., Коренберг Я.Б.Обжиг серного колчедана в кипящем слое. - М.: Химия, 1991. - 198 с.
2. Астрелин И.М., Гладушко В.И. Сера и серная кислота / Развитие технологии на Украине, т. 1- К.: Наукова думка, 1976. - с. 56-94.
3. Зайцев П.М., Владимирская Т.Н., Кельман Ф.Н. Аналитический контроль в производстве серной кислоты. - М.: Химия 1979. - 286 с.
4. Амелин А.Г. Теоретические основы образования тумана при конденсации пара. - М.: Химия, 1982. - 221 с.
5. Астрелин И.М., Гладушко В.И., Князев Ю.В. и др. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов под контролем преподавателей и выполнению домашних заданий по курсу "Химическая технология неорганических веществ." - К.: КГШ, 1988. - 40 с.

6. Левинский М.И., Мазанко А.Ф., Новиков И.Н. Хлористый водород и соляная кислота. -М.: Химия, 1985. - 160 с.
7. Расчеты химико-технологических процессов /Под ред. И.П.Мухленова. Л.: Химия, 1982 - 248 с.
8. Михайленко Г.Г., Миронов Д.В., Сигал И.Я. Защита воздушного бассейна от оксидов серы - Одесса: Астропринт, 2001. - 84 с.
9. Галкин Н.П., Зайцев В.А., Серегин М.Б. Улавливание и переработка фторсодержащих газов. - М.: Атомиздат, 1975. - 239 с.
10. Пащенко А.А. Общая технология силикатов. - К.: Высш. шк., 1983. - 354 с.
11. Ф.Шрайбман С.С. Производство бертолетовой соли и других хлоратов. - М.: Химия, 1958. - 367с.

Інформаційні ресурси

1. Дистанційний курс *Google G Suite for Education*. Режим доступу: *Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance)*; код класу *xivaqta*.

Навчальний контент

4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Вичитування лекцій з дисципліни проводиться паралельно з виконанням студентами робіт практикуму та розглядом ними питань, що виносяться на самостійну роботу. При читанні лекцій застосовуються засоби для відеоконференцій (Google Meet, Zoom тощо) та ілюстративний матеріал у вигляді презентацій, які розміщені на платформі Sikorsky-distance. Після кожної лекції рекомендується ознайомитись з матеріалами, рекомендованими для самостійного вивчення, а перед наступною лекцією – повторити матеріал попередньої.

№	Дата	Опис заняття
1	1 тиждень навчання 2021 р.	<p>Мета і характеристика складових частин дисципліни професійної і практичної підготовки "Хімічна технологія неорганічних речовин". Народного господарського значення сірки, сульфатної кислоти та сірковмісних сполук.</p> <p>Зміст і місце дисципліни "Хімічна технологія неорганічних речовин" (ХТНР) в формуванні фахівців з хімічної технології та інженерії. Дисципліни 7 і 8 семестрів робочого навчального плану. Зміст робочої навчальної програми (кредитного модуля) ХТНР. Семестровий графік і зміст СРС з кредитного модуля-1: ХТНР-ТМКС. Перелік форм СРС, методи контролю ефективності СРС, модульно-рейтингова система контролю і оцінки поточних і кінцевих знань, умінь і досвіду студентів. Мета, цілі і завдання кредитного модуля-1.</p> <p>Хімічна галузь України і характеристика її складової частини - виробництва сірковмісних неорганічних сполук. Сульфатна кислота - "хліб" промисловості. Історичний аспект виробництва і застосування сірковмісних сполук.</p> <p>СРС: Технологічні, екологічні і економічні недоліки виробництва сульфатної кислоти за способами XVII-XX століть.</p> <p>Література: 1-3, 13, 2д, 5д.</p>
2	2 тиждень навчання 2021 р.	Фізико-хімічні властивості сульфатної кислоти і напівпродуктів її одержання

		<p>Фізико-хімічні властивості сульфатної кислоти: валентно-структурна формула, хімічна активність, електропровідність, теплопровідність, теплоти розбавлення і змішування, діаграми "склад-властивість". Олеум. Корозійна активність. Умови зберігання і транспортування. СРС: Розрахунок за варіантами теплот розведення і змішування розчинів сульфатної кислоти. Розрахунок обладнання для перепомпування сульфатної кислоти.</p> <p>Література: 1, 5, 6, 18.</p>
3	2 тиждень навчання 2021 р.	<p>Хімічні і фізико-хімічні властивості SO₂ і SO₃. Оксиди сірки як окиснювачі і відновники. Полімеризація SO₃. Амідо- і імідосульфінкові і сульфонові кислоти. Хлорсульфонова кислота. Одержання і використання.</p> <p>СРС: Методи запобігання полімеризації SO₃. Література: 1, 16, 18, 19</p>
4	3 тиждень навчання 2021 р.	<p>Оксиди сірки в промислових процесах. Одержання чистих оксидів сірки (IV і VI) та їх застосування.</p> <p>СРС: Оксид сірки (IV) в реакціях диспропорціювання. Література: 1-3, 5.</p>
5	4 тиждень навчання 2021 р.	<p>Елементарна сірка як сировина для одержання оксиду сірки (IV)</p> <p>Фізико-хімічні властивості кристалічних енантіотропних модифікацій елементарної сірки (сульфуру). Діаграма топлення сірки. Залежність в'язкості сірки від температури. Полімерна сірка. Проміжні алотропні форми сірки. Одержання полімерної сірки з натрію тіосульфату.</p> <p>Родовища самородної сірки в Україні і світі. Сингенетична і епігенетична сірка. Методи добування сірки та їх критичний аналіз. Огляд технологій збагачення самородної сірки. Одержання "газової" сірки. Процеси "Claus" і "Superclaus". Новітні розробки з технології одержання чистої сірки.</p> <p>СРС: Механізм (генезис) утворення в природі самородної сірки. Провести орієнтовний порівняльний техніко-економічний аналіз термічного методу збагачення сірчаної руди і модернізований спосіб підземного виплавлення сірки (ПВС).</p> <p>Література: 1-4, 17</p>
6	4 тиждень навчання 2021 р.	<p>Природні і супутньо-промислові сполуки як сировина для одержання оксиду сірки (IV)</p> <p>Природна сірковмісна сировина: гіпс, алуніти, сірчаний колчедан, галіт, лангбейніт, шеніт, мірабіліт, бішофіт, сільвініт, піротин (магнітний колчедан), вуглистий колчедан, халькопірит та інші сульфідні мінерали - їх характеристики як природної сировини для одержання сульфатної кислоти і промислово-цінних сполук. Критичний огляд і аналіз технологій їх переробки.</p> <p>СРС: Скласти і обґрунтувати хімічну схему переробки сульфатних солей полімінеральних родовищ Передкарпаття з одержанням "газової" сірки, калійних (сульфатних) добрив та шихти для виробництва скла.</p> <p>Література: 1-4, 10.</p>
7	5 тиждень навчання 2021 р.	<p>Сірковмісні промислові відходи як сировина для одержання сірки, сульфатної кислоти та іншої продукції. Травильна кислота, фосфогіпс, гідролізна кислота, агломераційні, топкові та інші SO₂-вмісні викидні гази, сірководень. Їхня фізико-хімічна характеристика. Масштаби таких відходів в Україні. Існуючі та</p>

		перспективні технології їх утилізаційної переробки. СРС: Провести обґрунтований аналіз хімічної схеми появи SO ₂ -вмісних газів при виробництві кольорових металів. Література: 1-4, 17, 8д.
8	6 тиждень навчання 2021 р.	Технологія виробництва оксиду сірки (IV) Випалення твердої сірковмісної сировини. Фізико-хімічні засади випалення піриту, вугільного колчедану, трійліту, сульфідних мінералів, природної сірки. Кількість і склад недогарків. Спалення сірководню. Склади випальних газів. СРС: Провести (за варіантами) розрахунки складу випальних газів, питомої кількості недогарку після випалення колчеданів. Література: 1-3, 6, 7.
9	6 тиждень навчання 2021 р.	Печі випалення і спалювання сірковмісної сировини. Головні недоліки механічних печей "ВХЗ" і "П". Теоретичні засади процесів в киплячому шарі (КШ). Швидкість процесів масо- і теплопередачі в КШ. Конструкції печей КШ і схема пічного відділення відповідних цехів. Прогресивні рішення проблеми подільної інтенсифікації печей КШ (печі КЩЦП, ПКШМ, циклонні печі фірми "Lurgi" (ФРН), "Chemadex" (Польща) та ін.) Печі для спалювання сірки: форсуночні вертикальні, фірми "Lurgi", циклонні (СЕТА-Ц-100), рідинно-киплячого шару (РКШ). Сучасні агрегати для спалювання H ₂ S. СРС: Розрахувати габаритні розміри за заданою продуктивністю форсуночної і циклонної печей. Література: 2-6, 1д.
10	7 тиждень навчання 2021 р	Недогарок випалення твердої сірковмісної сировини. Розрахункові обґрунтування його утворення. Склад, властивості. Обладнання для його відбору і транспортування. Утилізація недогарку різного походження. СРС: Критичний аналіз переваг і недоліків обладнання для транспортування колчеданного недогарку. Література: 2,3, 5, 7.
11	7 тиждень навчання 2021 р.	Теоретичні, технологічні і екологічні засади підготовки SO ₂ -вмісних газів до подальшої переробки Очищення промислових газів від пилу, туману, домішок. Механічні, електричне очищення; режими, обладнання, розрахунки. Схеми і режими спеціального очищення промислових газів. Теорія туманоутворення. Очищення випального газу без утворення туману. Новітні розробки з технології очищення промислових газів від пилу і туману. СРС: провести (за варіантами) інженерні розрахунки обладнання для очищення промислових газів від пилу (циклони, електрофільтри) Література: 2, 3, 5, 8, 4д.
12	8 тиждень навчання 2021 р.	Фізико-хімічні засади і технологія контактного окиснення оксиду сірки (IV) Становлення контактного методу. Статика і динаміка окиснення SO ₂ . Принципові положення кінетичних розрахунків процесу окиснення SO ₂ . Каталізатори окиснення SO ₂ та їх характеристики (СВД, СВС, СВБ, ІК, LP-120, CS-120, VK-38A, RHV-49, BASF-04-10, СВНТ, МВВ, КС, КТ). Теоретичні засади їх дії. Кінетичні і технологічні умови окиснення SO ₂ на ванадієвих каталізаторах. Рівняння Борескова-Іванова-Буянова, Марса-Мейсена,

		<p>Еклунда, Померанцева, Іваненко-Салтанової, Шимічека. Оптимальні економічні і екологічні умови контактного окиснення SO₂. Визначення кількості контактної маси. Отруєння каталізаторів. Перспективні вітчизняні і закордонні наробки з синтезу нових ванадієвих і оксидних каталізаторів.</p> <p>СРС: Визначити (за варіантами) максимальний розігрів реакційної газової суміші при адіабатичному окисненні SO₂.</p> <p>Література: 1-6, 5д.</p>
13	8 тиждень навчання 2021 р.	<p>Окиснення SO₂ в киплячому шарі каталізатора. Аеродинамічні фактори і їх вплив на кінетику окиснення SO₂ в КШ каталізатор. Порівняльний аналіз процесу окиснення оксиду сірки (IV) в нерухомому і киплячому шарах ванадієвих каталізаторів. Відображення процесу окиснення SO₂ на діаграмах х-Т за умови двошарового розміщення каталізатора.</p> <p>СРС: Побудувати (за варіантами) діаграму ($d\tau/d-x$) для процесу окиснення SO₂ на нерухомому і киплячому шарах каталізатора.</p> <p>Література: 1-3, 5, 18, 19.</p>
14	9 тиждень навчання 2021 р.	<p>Контактні апарати, їх конструкції. Аналіз достоїнств і недоліків різних за конструкцією контактних апаратів. Контактне відділення сульфатнокислотних цехів. Схеми ПК-ПА. Вітчизняні і зарубіжні наробки з удосконалення конструкції контактних апаратів. Сталість контактних апаратів. Визначення сталості за Ляпуновим. Параметрична чутливість шарів каталізатора і контактного апарату.</p> <p>СРС: Розрахувати межу сталості контактного апарату (перший шар) за визначених(за варіантами) температурах теплообміну.</p> <p>Література: 2, 3, 7, 18, 19.</p>
15	10 тиждень навчання 2021 р.	<p>Фізико-хімічні основи і технологія виробництва контактної нітрозної сульфатної кислоти</p> <p>Теоретичні основи процесу абсорбції цільового інгредієнту газової суміші. Фізико-хімічні засади визначення оптимальних умов абсорбції SO₃ з "контактного" газу. Розрахункові обґрунтування абсорбції SO₃. Використання надсульфатних кислот при одержанні продукційної сульфатної кислоти.</p> <p>Обґрунтування технологічної схеми абсорбційного відділення. Конструкції основної апаратури абсорбційного відділення. Новітні розробки в напрямку удосконалення процесів абсорбції газів. Автоматизація абсорбційного відділення.</p> <p>СРС: Провести розрахунок теоретичного виходу олеуму в продукції (за варіантами) сульфатнокислотного цеху.</p> <p>Література: 1-3, 6, 11, 19</p>
16	10 тиждень навчання 2021 р.	<p>Виробництва контактної сульфатної кислоти за методами СО-1 і СО-2: недоліки класичних схем виробництва сульфатної кислоти ("довгих схем"); теоретичні засади процесу СО. Ефект ЗАПК (захоплення аерозолів працюючим каталізатором). Розрахункові обґрунтування процесу СО. Технологічні схеми СО-1 і СО-2.</p> <p>Нітрозна сульфатна кислота. Фізико-хімічні основи нітрозного процесу.</p> <p>СРС: Провести розрахунок теоретичного виходу олеуму в продукції (за варіантами) сульфатнокислотного цеху.</p> <p>Література: 1-3, 5, 6, 3д.</p>
17	11 тиждень навчання	<p>Технологічні схеми СО-1 і СО-2.</p>

	2021 р.	<p>Нітрозна сульфатна кислота. Фізико-хімічні основи нітрозного процесу. Технологічна схема, режим і апаратура баштових систем. Недоліки сучасних схем. Науковий внесок кафедри у вирішення проблем вдосконалення технології нітрозної сульфатної кислоти. Напрямки подальшої модернізації цієї технології.</p> <p>Концентрування розбавлених сульфатних кислот.</p> <p>СРС: Провести (за варіантами) розрахунок вмісту Fe в сульфатній кислоті, одержаної методом CO.</p> <p>Література: 1-3, 5, 6, 3д.</p>
18	12 тиждень навчання 2021 р.	<p>Знешкодження викидних газів сульфатнокислотних систем. Розрахункові обґрунтування екологічної необхідності очищення викидних газів сульфатнокислотних систем. Методи знешкодження і утилізації викидних газів сульфатнокислотних виробництв та аналіз їх ефективності.</p> <p>СРС: Провести розрахунок (за індивідуальними завданнями) C_{max} при використанні труби для розсіювання викидних газів, що містять SO_2 і SO_3.</p> <p>Література: 1-3, 5-7, 11д.</p>
19	12 тиждень навчання	<p>Новітні розробки з забезпечення екологічної чистоти сульфатнокислотних виробництв.</p> <p>СРС: Провести розрахунок (за індивідуальними завданнями) C_{max} при використанні труби для розсіювання викидних газів, що містять SO_2 і SO_3.</p> <p>Література: 1-3, 5-7, 11д.</p>
20	13 тиждень навчання 2021 р.	<p>Прогресивні напрямки вдосконалення технології сульфатної кислоти</p> <p>Стратегічні напрямки вдосконалення хіміко-технологічних процесів. Підвищення одиничної потужності устаткування, застосування тиску, циркуляційні схеми. Аналіз цих напрямків на основі трьох принципів: випереджуючого загального рішення, комплексної реалізації факторів інтенсифікації (принцип доповнення), принципу реальної перспективи.</p> <p>Циркуляційні схеми з застосуванням тиску і кисню. Циркуляційно-конденсаційні системи. Суміщений агрегат "$FeS_2-Fe_2O_3$".</p> <p>СРС: Провести порівняльний аналіз методів окиснення SO_2 в КШ і на струмінно-циркуляційних шарах.</p> <p>Література: лекційний конспект, ресурси INTERNET'у.</p>
21	14 тиждень навчання 2021 р.	<p>Нестаціонарний каталіз. Суміщення виробництв H_2SO_4, H_2, O_2 і ядерної енергії. Струмінно-циркуляційний шар. Біотехнологічні методи.</p> <p>СРС: Провести порівняльний аналіз методів окиснення SO_2 в КШ і на струмінно-циркуляційних шарах та в технології сухого очищення</p> <p>Література: лекційний конспект, ресурси INTERNET'у.</p>
22	14 тиждень навчання 2021 р.	<p>Одержання сульфатної кислоти з гіпсу і фосфогіпсу, з топкових газів, з викидних газів металургійних виробництв, з відпрацьованих кислот. Техніко-економічний і екологічний аналізи цих технологій.</p> <p>СРС: Обґрунтувати технологічну схему одержання сульфатної кислоти з топкових газів ТЕЦ, що працюють на донецькому вугіллі.</p> <p>Література: 1-3, 5, 18.</p>

23	15 тиждень навчання 2021 р.	Теплові процеси при виробництві сульфатної кислоти. Баланс енергії. Методи і обладнання для утилізації і перетворення енергії екзотермічних процесів в енерготехнологічних схемах виробництва сульфатної кислоти. Котли-утилізатори ВТКУ, ГТКУ. СРС: Обґрунтувати технологічну схему одержання сульфатної кислоти з топкових газів ТЕЦ, що працюють на кіровоградському вугіллі. Література: 1-3, 5, 18.
24	16 тиждень навчання 2021 р.	Конструкційні матеріали у виробництвах агресивних газуватих і рідинних сірко-, хлор- і фторвмісних сполук Література: 1-3, 5, 3д.
25	16 тиждень навчання 2021 р.	Корозія. Корозійна стійкість металів. Метали, сплави, хімічно стійкі неорганічні і органічні (полімерні) матеріали: сталь, алюміній, сплави, мідь, титан, кислототривкий цемент, кам'яне лиття, емаль, гума, "Полян", АТМ-1, арзаміт (аспліт), синтетичні латекси, фаоліт, вініпласт, поліізобутилен, поліетилен, фторопласти-3,4, полістирол, резольні і новолачні смоли. Інгібітори корозії. Техніка безпеки у виробництві неорганічних речовин. Література: 1-3, 5, 3д.
26	17 тиждень навчання 2021 р.	Техніка безпеки у виробництві неорганічних речовин. Безаварійне виробництво неорганічних речовин. Література: 1-3, 5, 3д
27	18 тиждень навчання 2021 р.	Заключне лекційне заняття. Аналіз викладеного матеріалу. Акцентування на питаннях, що виносяться на екзамен. Порядок проведення письмового екзамену.

Практичні заняття

Метою практичних занять є опанування і закріплення на практиці вмінь та досвіду, отриманих в процесі вивчення дисципліни, а саме використання методів розрахунку матеріального і теплового балансів та конструктивних розрахунків. Реалізацію наступних тем пропонується виконати кожному студентом на персональному комп'ютері шляхом створення відповідних програмних файлів з застосуванням програмного середовища MS Excel.

<i>Тиждень</i>	<i>Тема</i>
1	БАЛАНСИ. Матеріальні і енергетичні баланси процесів випалювання сірчаного колчедану і спалювання елементарної сірки та сірководневих газів. Література: 5, 6, 7, 8, 1д, 5д. Завдання на СРС: Порівняти теплові ефекти процесів на еквівалентну одиницю вихідної сировини.
2	БАЛАНСИ. Продовження теми. Матеріальні і енергетичні баланси процесів випалювання сірчаного колчедану і спалювання елементарної сірки та сірководневих газів. Література: 5, 6, 7, 8, 1д, 5д. Завдання на СРС: Порівняти теплові ефекти процесів на еквівалентну одиницю вихідної сировини для сірки та колчедану.

3	<p>ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СІРЧИСТИХ ГАЗІВ ВІД ПИЛУ. Продовження теми. Розрахунковий вибір обладнання для очищення сірчистих газів від технологічного пилу.</p> <p>Література: 3, 5, 16, 5д, 8д.</p> <p>Завдання на СРС: За варіантами визначити припустиму лінійну швидкість газового потоку в "сухому" електрофільтрі.</p>
4	<p>ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СІРЧИСТИХ ГАЗІВ ВІД ПИЛУ. Продовження теми. Розрахунковий вибір обладнання для очищення сірчистих газів від технологічного пилу.</p> <p>Література: 3, 5, 16, 5д, 8д.</p> <p>Завдання на СРС: За варіантами визначити припустиму лінійну швидкість газового потоку в "сухому" електрофільтрі для різного гранулометричного складу пилу.</p>
5	<p>КОНТАКТНЕ ОКИСНЕННЯ SO₂. Розрахунки процесу контактного окиснення оксиду сірки (IV) на ванадієвих каталізаторах.</p> <p>Література: 1, 5-7, 5д.</p> <p>Завдання на СРС: Розрахунки з визначенням оптимального об'єму контактної маси (за варіантами).</p>
6	<p>КОНТАКТНЕ ОКИСНЕННЯ SO₂. Продовження теми. Розрахунки процесу контактного окиснення оксиду сірки (IV) на ванадієвих каталізаторах.</p> <p>Література: 1, 5-7, 5д.</p> <p>Завдання на СРС: Завершити розрахунки з визначенням оптимального об'єму контактної маси (за варіантами).</p>
7	<p>РЕЖИМ С.О. Розрахункові обґрунтування режимів сухого очищення С.О.-1 і С.О.-2 у виробництві контактної сульфатної кислоти.</p> <p>Література: 1, 2, 8.</p> <p>Завдання на СРС: Розрахувати (за варіантами) гранично припустиму тривалість роботи гетерогенного каталізатора в умовах С.О.-1</p>
8	<p>РЕЖИМ С.О. Продовження теми. Розрахункові обґрунтування режимів сухого очищення С.О.-1 і С.О.-2 у виробництві контактної сульфатної кислоти.</p> <p>Література: 1, 2, 8.</p> <p>Завдання на СРС: Розрахувати (за варіантами) гранично припустиму тривалість роботи гетерогенного каталізатора в умовах С.О.-2</p>
9	<p>ТЕПЛОВА СТІЙКІСТЬ ХІМІЧНИХ РЕАКТОРІВ. Розрахунки умов теплової стійкості гетерогенного каталітичного процесу окиснення SO₂.</p> <p>Література: 1, 2, 5, лекційний конспект.</p> <p>Завдання на СРС: Розрахувати (за варіантами) умови стійкості процесу при байпасі частини свіжого сірчистого газу.</p>
10	<p>ТЕПЛОВА СТІЙКІСТЬ ХІМІЧНИХ РЕАКТОРІВ. Продовження теми. Розрахунки умов теплової стійкості гетерогенного каталітичного процесу окиснення SO₂.</p> <p>Література: 1, 2, 5, лекційний конспект.</p> <p>Завдання на СРС: Умовимови стійкості процесу при байпасі частини свіжого сірчистого газу.</p>
11	<p>ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ. Розрахункові обґрунтування раціонального використання енергії у виробництві контактної сульфатної кислоти.</p> <p>Література: 1, 2, 8, 16, 19</p> <p>Завдання на СРС: Визначити (за варіантами) коефіцієнт корисного використання теплової енергії у виробництві контактної сульфатної</p>

	кислоти.
12	ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ. Продовження теми. Розрахункові обґрунтування раціонального використання енергії у виробництві контактної сульфатної кислоти. Література: 1, 2, 8, 16, 19 Завдання на СРС: Визначити (за варіантами) коефіцієнт корисного використання теплової енергії у виробництві контактної сульфатної кислоти.
13	ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОБНИЦТВА СУЛЬФАТНОЇ КИСЛОТИ. Розрахункові обґрунтування заходів з підвищеної екологічності технології контактної і нітрозної сульфатної кислоти. Література: 1, 5-7, 8д. Завдання на СРС: Розрахувати (за варіантами) максимальну приземну концентрацію SO ₂ і порівняти її з ГПК.
14	ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОБНИЦТВА СУЛЬФАТНОЇ КИСЛОТИ. Продовження теми. Тверді відходи і викиди в виробництві сульфатної кислоти і методи їх знешкодження Література: 1, 5-7, 8д. Завдання на СРС: Розрахувати (за варіантами) максимальну приземну концентрацію SO ₂ і порівняти її з ГПК.
15	ПОБУДОВА ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ВИРОБНИЦТВА СУЛЬФАТНОЇ КИСЛОТИ КОНТАКТНИМ МЕТОДОМ. Література: 1, 5-7, 8д. Завдання на СРС: Порівняти технологічні схеми виробництва сульфатної кислоти з різних літературних джерел. Пояснити звідки взяли відмінності.
16	РОЗРОБКА САМОСТІЙНИХ ПРОПОЗИЦІЙ ІНОВАЦІЙНОГО ХАРАКТЕРУ З ВНЕСЕННЯМ ЗМІН В ТИПОВІ ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА КОНТАКТНОЇ СУЛЬФАТНОЇ КИСЛОТИ З КОЛЧЕДАНУ. Література: 1, 5-7, 8д. Завдання на СРС: Обґрунтовано запропонувати інноваційну пропозицію.
17	РОЗРОБКА САМОСТІЙНИХ ПРОПОЗИЦІЙ ІНОВАЦІЙНОГО ХАРАКТЕРУ З ВНЕСЕННЯМ ЗМІН В ТИПОВІ ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА КОНТАКТНОЇ СУЛЬФАТНОЇ КИСЛОТИ З сірки або сірководню. Література: 1, 5-7, 8д. Завдання на СРС: Обґрунтовано запропонувати інноваційну пропозицію
18	Заключне заняття. Підведення підсумків

5. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента (СРС) в кількості 105 годин протягом семестру (18 тижнів) включає повторення лекційного матеріалу, складання попередніх варіантів програм для проведення розрахунків на заняттях, підготовка до МКР і екзамену. Рекомендована кількість годин, яка відводиться на підготовку до зазначених видів робіт:

Вид СРС	Кількість годин на підготовку
Підготовка до аудиторних занять: повторення лекційного матеріалу, складання попередніх варіантів програм для проведення розрахунків на заняттях	4 години на тиждень, разом 72 годин
Підготовка до МКР	3 години
Підготовка до екзамену	30 годин

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

У звичайному режимі роботи університету лекції та практикуми проводяться в навчальних аудиторіях. У змішаному режимі лекційні заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський, практикуми – шляхом виконання завдань на домашньому комп'ютері. У дистанційному режимі всі заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський. Відвідування лекцій та практикумів є обов'язковим.

На початку кожної лекції проводиться опитування за матеріалами попередньої лекції із застосуванням інтерактивних засобів, наприклад, Google Forms. Перед початком чергової теми лектор може надсилати питання із застосуванням інтерактивних засобів з метою визначення рівня обізнаності здобувачів за даною темою та підвищення зацікавленості.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів:

1. Несвоєчасне виконання практикуму без поважної причини штрафуються 1 балом;
2. За виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни нараховується від 1 до 3 заохочувальних балів;

Політика дедлайнів та перескладань: визначається п. 8 Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського

Політика щодо академічної доброчесності: визначається політикою академічної чесності та іншими положеннями Кодексу честі університету.

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

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

1. Поточний контроль: опитування на лекціях, виконання практикумів.
2. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
3. Семестровий контроль: екзамен.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

Рейтинг студента з кредитного модуля «ЗХТ-1» складається з балів, що він отримує за:

- 1) Написання експрес контрольних робіт на лекціях;
- 2) Виконання та захист практичних занять;
- 3) Одну модульну контрольну роботу;
- 4) Екзамен усний

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1. Експрес опитування на лекціях:

ЕКР на лекційних заняттях:

Всього 24 опитування. Ваговий бал ЕКР – 1,5. Максимальна кількість балів за усі опитування дорівнює: $1,5 \text{ бал} \times 24 = 36 \text{ балів}$.

2. Робота на практичних заняттях:

Максимальна кількість балів на усіх практичних заняттях 14 балів.

Критерії оцінювання виконання завдань на практичних заняттях:

Ваговий бал - 1. Максимальна кількість балів на практичних дорівнює:

$1 \text{ бал} \times 14 = 14 \text{ балів}$.

Критерії оцінювання:

1 бал: бездоганна, безпомилкова відповідь або безпомилкове виконання на аудиторній дошці розрахункового завдання;

0,75 бала: вірна, в цілому відповідь з незначними погрешностями або вірний, загалом розрахунок (за завданням викладача) з деякими математичними похибками;

0,6 бала: формулювання вірної відповіді після невеликої навідної допомоги викладача чи іншого студента або проведення розрахункових вправ зі значущими помилками хімічного, стехіометричного чи математичного характеру;

0,5 бала: неповна і невпевнена відповідь або проведення розрахункових вправ з грубими помилками щодо хімічної чи хіміко-технологічної суті завдання;

0 балів: відповідь або вирішення розрахункової вправи з помилками принципового характеру як наслідок слабких знань фундаментальних положень хімії та теорії хімічних взаємодій;

3. Модульна контрольна робота (МКР)

МКР Ваговий бал: 10

Критерії оцінювання МКР:

10-9,5 балів: безпомилкове вирішення усіх розрахункових вправ або складання розрахункових рівнянь і бездоганні відповіді зі складанням схем хімічних і хіміко-технологічних перетворень при наявності елементів продуктивного творчого підходу; демонстрація вміння впевненого застосування теоретичних знань з обґрунтування режимів технологічних процесів;

9-8,5 балів: вирішення усіх розрахункових вправ або складання розрахункових рівнянь з незначними, непринциповими помилками (в т.ч. математичного характеру); одного - двох зауважень щодо вміння застосовувати теоретичних знань з обґрунтування режимів технологічних процесів при вирішенні контрольних завдань;

8-7,5 балів: вирішення усіх розрахункових вправ з двома-трьома досить суттєвими помилками; наявність суттєвих зауважень;

7-6,5 бали: вірне вирішення розрахункових вправ (але не менше 70 %); наявність принципових помилок при розрахунках;

6-5,5 балів: вірне вирішення розрахункових вправ менше 60 %, принципові помилки в складанні розрахункових рівнянь.

5. Штрафні та заохочувальні бали (Гґ) за :

- несвоєчасне подання ДЗ -1 бал за кожний тиждень відставання від зазначеної дати подання.
- виконання завдань із удосконаленням дидактичних матеріалів з дисципліни (виготовлення плакатів, схем, моделей, тощо).....від +1 до +3 балів (за кожен вид завдань, складність завдання визначається викладачем).

Розрахунок шкали рейтингової оцінки з кредитного модуля (RD):

Сума вагових балів контрольних заходів (R_c) протягом семестру складає:

$$R_c = 36 + 14 + 10 = 60 \text{ балів}$$

Сума як штрафних так і заохочувальних балів (r_s) не повинна перевищувати, як правило $0,1R_c$ (тобто 6 балів).

Екзаменаційна складова (R_E) шкали дорівнює 40 % від R_c , а саме:

Таким чином, рейтингова шкала з кредитного модуля складає:

$$RD = R_c + R_E = 60 + 40 = 100 \text{ балів.}$$

Критерії оцінювання на екзамені:

40-35 балів: повні і безпомилкові відповіді на усі запитання екзаменаційного завдання, абсолютно вірні вирішення розрахункових вправ з елементами оригінального творчого підходу до пояснення прийнятих рішень, бездоганне обґрунтування цих рішень на основі демонстрації вмінь залучати фундаментальні знання з теоретичних обґрунтувань технологічних режимів;

34-29 бали: повні і взагалі вірні відповіді на усі запитання і розрахункові завдання з 1-5 незначними помилками або з зауваженнями математичного, хімічного, методичного характеру або з зауваженнями щодо наукової і літературної грамотності оформлення і викладення екзаменаційного матеріалу;

28-22 балів: взагалі вірні відповіді на всі запитання і розрахункові завдання з 5-6 незначними помилками та 1-2 зауваженнями принципового характеру, пов'язаного з неповнотою знань з технологічних обґрунтувань технологічних режимів;

21-15 балів: вірні відповіді на 65-70 % запитань і розрахункових завдань;

15-10 бали: вірні відповіді на 60- 65 % запитань і розрахункових завдань.

Відповідно до «Положення про організацію навчального процесу в КПІ ім. Ігоря Сікорського, необхідними умовами допуску до екзамену є не менш ніж одна позитивна оцінка з атестації, зарахування контрольних робіт, всіх лабораторних завдань на СРС, а також стартовий рейтинг (r_c) не менш 40 % від RD , себто: $r_c=0,4RD=0,4 \times 100=40$ балів.

<i>RD</i>	Традиційна оцінка
95...100	Відмінно
85...94	Дуже добре
75...84	Добре
65...74	Задовільно
60...64	Достатньо
<i>RD</i> менше 60	Незадовільно
не виконані умови допуску до екзамену (не зарахований ДКР, лабораторні роботи чи МКР)	Не допущений

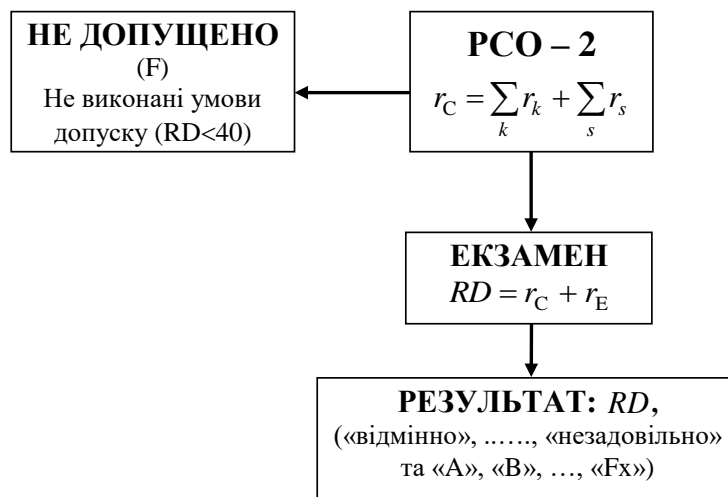


Схема функціонування рейтингової системи оцінювання (PCSO-2) з кредитного модуля “Технологія неорганічних кислот і солей 1

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус)

розробили: д.т.н., професор Астрелін І.М.,

к.т.н., доцент Толстопалова Н.М.,

к.т.н., доцент Косогіна І.В. (розділ PCSO).

уклав:

старший викладач кафедри технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології

к.т.н.

Андрій ЛАПІНСЬКИЙ

Ухвалено кафедрою технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології (протокол № 19 від 30.06.2021 р.)¹

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 19 від 23.06.2021 р.)

¹ Силабус спочатку погоджується метод. Комісією, а потім Ухвалюється кафедрою.