



Технологія зв'язаного азоту

Робоча програма освітньої компоненти (Силабус)

Реквізити освітньої компоненти

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 неорганічних речовин та водоочищення</i>
Статус освітньої компоненти	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Денна (очна), заочна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, весняний семестр</i>
Обсяг освітньої компоненти	<i>6 кредитів</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен письмовий</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 / викладачів	Лектор: <i>к.т.н., доцент Концевой Андрій Леонідович kontsev@xtf.kpi.ua ; kontsev157@gmail.com</i> Практикум: <i>к.т.н., доцент Концевой Андрій Леонідович kontsev@xtf.kpi.ua kontsev157@gmail.com</i>

Програма освітньої компоненти

1. Опис освітньої компоненти, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Освітня компонента "Технологія зв'язаного азоту" (ТЗА) займає важливе місце у формуванні світогляду сучасного фахівця з технології неорганічних речовин. Поглибленню якості підготовки фахівців сприяє творче поєднання лекційного матеріалу, завдань практикуму і самостійної роботи студента. Виконання програми освітньої компоненти передбачає:

- набуття студентом теоретичних, загально-інженерних і спеціальних знань;
- надбання вмінь пошуку і використання навчальної, наукової і довідкової літератури з сучасних технологій;
- використання персональних комп'ютерів для виконання розрахунків практикуму.

Предмет освітньої компоненти: *Технологія виробництв сполук азоту*

Метою освітньої компоненти є формування у студентів здатностей:

Загальні компетентності

K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

K03. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

K06. Прагнення до збереження навколишнього середовища.

Фахові компетентності

K09. Здатність використовувати положення і методи фундаментальних наук для вирішення професійних задач в хімічній технології та водоочищенні.

K10. Здатність використовувати методи спостереження, опису, ідентифікації, класифікації об'єктів хімічної технології та промислової продукції

K12. Здатність використовувати сучасні матеріали, технології і конструкції апаратів в хімічній інженерії.

K14. Здатність використовувати обчислювальну техніку та інформаційні технології для вирішення складних задач і практичних проблем в галузі хімічної інженерії.

K16. Здатність оформлювати технічну документацію, згідно з чинними вимогами.

K17. Здатність до критичного осмислення основних теорій, методів та принципів виробництва неорганічних речовин та водоочищення.

K20. Здатність виконувати технічні креслення технологічного обладнання, розробляти проектну та робочу технічну документацію в технологіях неорганічних речовин та водоочищення.

Програмні результати навчання

ПР02. Конкретно використовувати у професійній діяльності термінологію та основні поняття хімії, хімічних технологій, процесів і обладнання виробництв хімічних речовин та матеріалів на їх основі

ПР03. Знати і розуміти механізми і кінетику хімічних процесів, ефективно використовувати їх при проектуванні і вдосконаленні технологічних процесів та апаратів хімічної промисловості.

ПР05. Розробляти і реалізовувати проекти, що стосуються технологій та обладнання хімічних виробництв, беручи до уваги цілі, ресурси, наявні обмеження, соціальні та економічні аспекти та ризику.

ПР08. Використовувати сучасні обчислювальну техніку, спеціалізоване програмне забезпечення та інформаційні технології для розв'язання складних задач і практичних проблем у галузі хімічної інженерії, зокрема, для розрахунків устаткування і процесів хімічних виробництв.

ПР13. Розуміння хімічної інженерії як складника сучасних науки і техніки, її місця у розвитку інженерії, української держави та загальносвітової культури.

ПР15. Знання сучасних тенденцій прогресу в технологіях неорганічних речовин для хімічної галузі та біоінженерії.

Після засвоєння освітньої компоненти студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- фізико-хімічної сутності явищ, що відбуваються в технічних об'єктах;
- відомих технологій отримання хімічної продукції азотної галузі;
- властивостей реагентів, продуктів і матеріалів з технологічного регламенту;

уміння:

- здійснювати технологічні розрахунки на комп'ютері;
- використовувати довідкові дані про властивості матеріалів при обґрунтуванні технологічної схеми виробництва базової хімічної продукції, обирати тип хімічних реакторів для здійснення хімічних процесів, визначати параметри технологічних режимів;
- призначати типове обладнання та будувати функціональні схеми технологічних процесів;
- складати енергетичний та матеріальний баланс апарату і схеми;

досвід:

- *аналізу технічної інформації і виконання технологічних розрахунків за тематикою практикуму;*
- *обґрунтування фізико-хімічних засад, технологічних схем і режимів виробництв ТЗА;*

– *реалізації розрахунків в середовищі Excel.*

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

Навчальний матеріал з ТЗА базується на знаннях і вміннях, отриманих студентами при вивченні освітніх компонентів «Процеси і апарати хімічних виробництв», «Загальна хімічна технологія».

Освітні компоненти, які базуються на результатах навчання: виконання курсової роботи з ТЗА, виконання і захист бакалаврського дипломного проекту.

Зміст освітньої компоненти

Тема 1. Методи фіксації атмосферного азоту

Тема 2. Виробництво азоту кріогенним методом

Тема 3. Виробництво азотно-водневої суміші конверсійним методом

Тема 4. Синтез аміаку

Тема 5. Виробництво азотної кислоти

Тема 6. Виробництво метанолу

Тема 7. Виробництво водню

Тема 8. Синтез азотних добрив

3. Навчальні матеріали та ресурси

Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці університету (електронні версії). Навчальні посібники [1-7] надано для студентів у класрум і електронному кампусі, легкий доступ до нього – на комп'ютерах в лабораторії 157-4. Обов'язково 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. Технологія зв'язаного азоту: курс лекцій. [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», ОПП «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / А.Л. Концевой, С.А. Концевой ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 8,28 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 293 с.
2. Технологія зв'язаного азоту і хімічних добрив: Практикум. Курсова робота [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / А.Л. Концевой ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 1,45 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 86 с.

Додаткова

3. Технологія зв'язаного азоту: технологія та алгоритми розрахунків виробництва азоту, кисню і водню. [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / А.Л. Концевой ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 5,55 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 196 с.
4. Технологія зв'язаного азоту і хімічних добрив: технологія та алгоритми розрахунків виробництва технологічного газу. [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / А.Л. Концевой ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 8,41 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 223 с.
5. Технологія зв'язаного азоту і хімічних добрив: технологія та алгоритми розрахунків виробництва азотних добрив. [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра

за освітньою програмою «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / А.Л. Концевой ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 21,46 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 221 с.

6. Технологія зв'язаного азоту: технологія та алгоритми розрахунків виробництва аміаку і метанолу. [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / А.Л. Концевой ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 5,55 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 211 с.

Інформаційні ресурси

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 hiezmlm.

Навчальний контент

4. Методика опанування освітньої компоненти

Лекційні заняття

Вичитування лекцій 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.

№	Тиждень	Опис заняття
1	1 тиждень навчання	<p>Тема 1. Методи фіксації атмосферного азоту</p> <p>Роль азоту і його сполук у житті рослинного і тваринного світу. Властивості азоту, його застосування і сполуки. Історія і перспективи розвитку азотної промисловості. Структура ПО «Азот». Методи фіксації атмосферного азоту. Реальні гази. Т – S діаграма і зображення на ній основних процесів.</p> <p>СРС: Валентність і ступінь окиснення азоту в його сполуках.</p> <p>Література: 1, 3</p>
2	1 тиждень навчання	<p>Тема 2. Виробництво азоту кріогенним методом</p> <p>Методи одержання низьких температур. Аміачна холодильна установка. Тепловий баланс випарника.</p> <p>СРС: Т – S діаграма для аміаку – інтервали температури і тиску рідини.</p> <p>Література: 1, 3</p>
3	1 тиждень навчання	<p>Цикли кріогенних установок Лінде і Капіци. Визначення частки зрідженого газу, холодопродуктивності і ККД циклу.</p> <p>СРС: Т – S діаграма для кисню, азоту і повітря – інтервали температури і тиску рідини.</p> <p>Література: 1, 3</p>
4	2 тиждень навчання	<p>Розділення повітря. Типи установок для розділення повітря. Конструкції ректифікаційних колон і конденсатора. Технологічна схема розділення повітря.</p> <p>СРС: принципи побудови рівноважної і робочої ліній ректифікації повітря.</p>

		Література: 1, 3
5	2 тиждень навчання	<p>Тема 3. Виробництво азотно-водневої суміші конверсійним методом</p> <p>Методи очищення природного газу від сполук сірки. Гідрування органічних сполук сірки. Адсорбційне очищення від сірководню. Каталізатори і адсорбенти. Конструкція реакторів. Методи конверсії природного газу. Обґрунтування двоступеневої конверсії природного газу. Конверсія природного газу парою</p> <p>СРС: Методика термодинамічного розрахунку парової конверсії метану.</p> <p>Література: 1, 4</p>
6	3 тиждень навчання	<p>Пароповітряна конверсія метану. Фізико-хімічні основи. Термодинаміка, каталізатори, кінетика. Технологічна схема і апарати двоступеневої конверсії природного газу</p> <p>СРС: паро-киснево-повітряна конверсія природного газу, область застосування і перспективи використання.</p> <p>Література: 1, 4</p> <p>Конверсія оксиду вуглецю (II) парою. Фізико-хімічні основи конверсії оксиду вуглецю (II) парою. Термодинаміка, каталізатори, кінетика. Технологія конверсії</p> <p>СРС: Радіальні і поличні конвертори оксиду вуглецю (II).</p> <p>Література: 1, 4</p>
7	3 тиждень навчання	<p>Очищення конвертованого газу від оксидів вуглецю. Технологія очистки газу оксиду вуглецю (IV) гарячим розчином поташу та моноетаноламіну.</p> <p>СРС: Порівняльний аналіз абсорбційних методів очищення від оксидів карбону. Очищення розчином метилдіетаноламіну.</p> <p>Література: 1, 4</p>
8	3 тиждень навчання	<p>Тема 4. Синтез аміаку</p> <p>Технологія тонкого очищення газу від оксидів вуглецю методом каталітичного гідрування (метанування). Термодинаміка, каталізатори, кінетика. Технологія очищення. Конструкція метанатору.</p> <p>Фізико-хімічні основи синтезу аміаку. Термодинаміка, каталізатори, кінетика синтезу. Конденсація аміаку: необхідність двох ступіней, вплив технологічних параметрів на ступінь конденсації.</p> <p>СРС: Технологічні схеми синтезу різної продуктивності</p> <p>Література: 1, 6</p>
9	4 тиждень навчання	<p>Технологія синтезу аміаку. Вибір параметрів. Регламент синтезу аміаку.</p> <p>Конструкції колон синтезу. Організація температурного режиму. Розрахунок об'єму каталізатора</p> <p>СРС: Конструкції колон синтезу аміаку та їх порівняння.</p> <p>Література: 1, 6</p>

10	4 тиждень навчання	<p>Допоміжне устаткування агрегатів синтезу аміаку. Виробництво водню мембранним розділенням продувального газу.</p> <p>СРС: огляд промислових мембран за даними мережі Інтернет.</p> <p>Література: 1, 6</p>
11	5 тиждень навчання	<p>Тема 5. Виробництво азотної кислоти</p> <p>Стадії виробництва азотної кислоти. Хімічна схема виробництва неконцентрованої азотної кислоти. Фізико-хімічні основи і технологія контактного окиснення аміаку.</p> <p>СРС: Особливості розрахунку процесу в зовнішньо-дифузійній області.</p> <p>Література: 1</p>
12	5 тиждень навчання	<p>Фізико-хімічні основи і технологія окиснення оксиду азоту (II). Особливості процесу, кінетичне рівняння. Обладнання. Технологія переробки оксидів азоту на неконцентровану азотну кислоту. Процеси і апарати, основні і допоміжні.</p> <p>СРС: Аналітичне інтегрування кінетичного рівняння Боденштейна.</p> <p>Література: 1</p>
13	5 тиждень навчання	<p>Технологія очищення викидних газів: високо- і низькотемпературна каталітична схема очищення. Технологічна схема виробництва азотної кислоти під єдиним тиском 0,73 МПа та комбінованої за тиском схеми АК-72. Устаткування схем. Конструкції контактної апарату, абсорбційної колони, реактора очищення викидних газів.</p> <p>СРС: використання енергії викидного газу: розрахунок потужності газової турбіни.</p> <p>Література: 1</p>
14	6 тиждень навчання	<p>Тема 6. Виробництво метанолу</p> <p>Технологія приготування синтез-газу для синтезу метанолу: паро вуглекислотна конверсія метану. Реакції, термодинаміка, каталізatori, кінетика. Реакторна база.</p> <p>СРС: Порівняння режимів та економічних показників схем двоступеневої конверсії природного газу і паро вуглекислотної конверсії.</p> <p>Література: 1, 6</p>
15	6 тиждень навчання	<p>Фізико-хімічні основи синтезу метанолу. Термодинаміка, каталізatori, кінетика синтезу метанолу.</p> <p>Конструкція реакторів синтезу метанолу. Організація теплообміну. Технологічна схема під середнім тиском. Допоміжне устаткування синтезу метанолу.</p> <p>СРС: Порівняння режимів та економічних показників схем синтезу метанолу під високим і середнім тиском.</p> <p>Література: 1, 6</p>

16	7 тиждень навчання	<p>Тема 7. Виробництво водню</p> <p>Високотемпературна некаталітична конверсія метану. Термодинаміка процесу. Вірогідність виділення карбону. Технологічна схема.</p> <p>СРС: термодинамічний аналіз виділення карбону при піролізі гомологів метану.</p> <p>Література: 1, 3</p>
17	7 тиждень навчання	<p>Газифікація твердого палива. Термодинаміка процесу. Методи газифікації і розрахунку складу генераторного газу. Технологічні схеми. Основна апаратура.</p> <p>СРС: термодинамічний аналіз виділення карбону при газифікації вугілля.</p> <p>Література: 1, 3</p>
18	7 тиждень навчання	<p>Виробництво водню електролізом води. Теоретичні основи і конструкція електролізерів. Питомі витрати електроенергії на виробництво 1 м³ водню. Порівняння з конверсійними методами.</p> <p>СРС: методи зниження споживання електроенергії при електролізі.</p> <p>Література: 1, 3</p>
19	8 тиждень навчання	<p>Тема 8. Синтез азотних добрив</p> <p>Фізико-хімічне обґрунтування апаратурного оформлення і технологічної схеми виробництва аміачної селітри. Злежуваність селітри і методи її усунення. Особливості зберігання і транспортування аміачної селітри. Особливості розрахунків матеріальних і теплових балансів цього виробництва.</p> <p>СРС: рішення екологічних проблем у виробництві селітри.</p> <p>Література: 1, 5</p>
20	8 тиждень навчання	<p>Фізико-хімічне обґрунтування апаратурного оформлення і технологічної схеми виробництва карбаміду. Стріпінг-процес. Основне обладнання. Особливості розрахунків матеріальних і теплових балансів цього виробництва. Вимоги до якості карбаміду, зберігання карбаміду.</p> <p>СРС: машини для стискання двооксиду вуглецю та аміаку.</p> <p>Література: 1, 5</p>
21	9 тиждень навчання	<p>Виробництво карбаміду за методом подвійної ректифікації. Порівняння зі стріпінг-процесом. Недоліки і переваги. Організація рідинного рециклу.</p> <p>СРС: склад і призначення КАС – карбамідно-аміачної суміші. Переваги цього добрива.</p> <p>Література: 1, 5</p>
22	9 тиждень навчання	<p>Фізико-хімічне обґрунтування апаратурного оформлення і технологічної схеми виробництва аміачної води. Способи отримання аміачної води. Принцип розрахунку абсор беру.</p> <p>СРС: перспективи використання рідких азотних добрив (зокрема, карбамідно-аміачна суміш КАС) за даними Інтернет-джерел.</p>

		Література: 1, 5
23	9 тиждень навчання	Заключна година. Аналіз викладеного матеріалу. Акцентування на питаннях, що виносяться на екзамен. Порядок проведення письмового екзамену.

Практикум

Метою практичних занять є опанування і закріплення на практиці вмінь та досвіду, отриманих в процесі вивчення освітньої компоненти, а саме використання методів розрахунку матеріального і теплового балансів та конструктивних розрахунків. Реалізацію наступних тем пропонується виконати кожним студентом на персональному комп'ютері шляхом створення відповідних програмних файлів з застосуванням програмного середовища MS Excel. Порядок виконання завдань практикуму надано у кафедральному навчальному посібнику [2].

<i>Тиждень</i>	<i>Тема</i>	<i>Опис запланованої роботи</i>
Тема 1. Методи фіксації атмосферного азоту		
1	Матеріальний і тепловий розрахунок спалювання природного газу. Термодинамічний розрахунок реакції азоту з киснем.	Відповідно до отриманого індивідуального завдання розрахувати в середовищі Excel матеріальний і тепловий баланси. Виконати термодинамічний розрахунок. Продемонструвати розрахунки і роботу програми викладачу.
2	Розрахунки параметрів повітря, азоту і кисню за S-T діаграмами. Розрахунок аміачної холодильної установки.	Відповідно до отриманого індивідуального завдання розрахувати в середовищі Excel параметри газів. Продемонструвати розрахунки і роботу програми викладачу.
Тема 2. Виробництво азоту кріогенним методом		
3	Термодинамічні розрахунки циклів Лінде та Капіці. Матеріальний і конструктивний розрахунок нижньої колони розділення повітря.	Відповідно до отриманого індивідуального завдання розрахувати в середовищі Excel частку зрідженого повітря, холодопродуктивність і ккд циклу. Виконати кінетичний розрахунок ректифікаційної колони. Продемонструвати розрахунки і роботу програми викладачу.
Тема 3. Виробництво азотно-водневої суміші конверсійним методом		
4	Матеріальні і теплові розрахунки двоступеневої конверсії метану і парової конверсії оксиду карбону (II).	Відповідно до отриманого індивідуального завдання розрахувати в середовищі Excel матеріальний і тепловий баланси. Продемонструвати розрахунки і роботу програми викладачу.
5	<i>Абсорбційні методи очищення технологічного газу – варіант 1</i> Розрахунок очищення технологічного газу від двооксиду карбону гарячим розчином поташу. <i>Абсорбційні методи очищення</i>	Відповідно до отриманого індивідуального завдання розрахувати матеріальний баланс по газовій і рідкій фазам. Продемонструвати розрахунки і роботу програми викладачу.

	<i>технологічного газу – варіант 2</i> Розрахунок очищення технологічного газу від двооксиду карбону розчином моноетаноламіну.	
Тема 4. Синтез аміаку		
6	Розрахунок матеріального і теплового балансу синтезу аміаку.	Відповідно до отриманого індивідуального завдання провести розрахунок витратних коефіцієнтів та температури на виході колони синтезу. Продемонструвати розрахунки і роботу програми викладачу.
Тема 5. Виробництво азотної кислоти		
7	Матеріальний і тепловий розрахунок окиснення аміаку і оксиду азоту.	Відповідно до отриманого індивідуального завдання розрахувати витратні коефіцієнти та температури на виході конвертору. Продемонструвати розрахунки і роботу програми викладачу.
8	Розрахунок кислотоутворення в холодильнику - конденсаторі.	Відповідно до отриманого індивідуального завдання виконати розрахунок кількості кислого конденсату і його концентрації. Продемонструвати розрахунки і роботу програми викладачу.
Тема 6. Синтез азотних добрив		
9	Розрахунок процесу синтезу амонійної селітри у реакторі ВТН	Відповідно до отриманого індивідуального завдання виконати розрахунок матеріального і теплового балансів процесу нейтралізації (реакція між нітратною кислотою і аміаком). Продемонструвати розрахунки і роботу програми викладачу.

5. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента (СРС) в кількості 117 годин протягом семестру (9 тижнів) включає повторення лекційного матеріалу, складання попередніх варіантів програм для проведення розрахунків на заняттях, доопрацювання програм на домашньому комп'ютері, підготовка до МКР і екзамену. Рекомендована кількість годин, яка відводиться на підготовку до зазначених видів робіт:

<i>Вид СРС</i>	<i>Кількість годин на підготовку</i>
<i>Підготовка до аудиторних занять: повторення лекційного матеріалу, вивчення матеріалу, винесеному на самостійне опанування, складання попередніх варіантів програм для проведення розрахунків на заняттях, завершення розрахунків поза аудиторії</i>	<i>7 години на тиждень, разом 63 годин</i>
<i>Підготовка до МКР (2 етапи*12 годин)</i>	<i>24 годин</i>
<i>Підготовка до екзамену</i>	<i>30 годин</i>

6. Політика освітньої компоненти

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. За виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни нараховується від 1 до 3 заохочувальних балів;
2. За активну роботу на лекції нараховується до 0,5 заохочувальних балів (але не більше 5 балів на семестр).

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

1. **Рейтинг студента з дисципліни розраховується виходячи із 100-бальної шкали. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:**

- 1) Виконання та захист завдань (розрахунків) на 9 практичних заняттях;
- 2) Аналітичні огляди з тем, що передано на самостійне вивчення;
- 3) Одну модульну контрольну роботу;
- 4) Письмову відповідь під час екзамену.

2. Критерії нарахування балів:

2.1 Робота на практичних заняттях:

Ваговий бал – 4. Максимальна кількість балів на усіх практичних заняттях дорівнює:

4 бали × 9 = 36 балів.

Критерії оцінювання:

4 бали: безпомилкове виконання та оформлення завдання (розрахунку) під час поточного заняття;

- 3 бала: вірне в цілому рішення з незначними недоліками в оформленні, або похибками окремих елементів розрахунку, здача роботи під час наступного заняття;
- 2 бал: виконання вірного розрахунку після навідної допомоги викладача або проведення розрахунку зі значущими помилками, які підлягають виправленню; здача роботи під час наступного заняття;
- 0 балів: відсутність на занятті без поважних причин.

2.2 Аналітичний огляд з тем, що передано на самостійне вивчення або додаткова робота обчислювального характеру

Кількість завдань цього виду: 1.
Ваговий бал – 4.

Критерії оцінювання:

- 4 бали: повне розкриття теми без будь-яких зауважень при бездоганному оформленні огляду і при умові добровільного розширення рамок матеріалу, що викладено (поза межами завдання) при наявності елементів продуктивного (творчого) підходу до тематики;
- 3 бали: повне розкриття теми без зауважень або з незначними зауваженнями при бездоганному оформленні огляду;
- 2 бали: достатньо повне розкриття теми при наявності чисельних зауважень не принципового характеру при грамотному викладанні матеріалу і при достатньо охайному оформленні огляду;
- 0 балів: робота не виконана або списана.

2.3 Модульна контрольна робота (МКР)

Ваговий бал – 10. Робота виконується в 2 етапи з рейтинговим балом кожного етапу, що дорівнює 5.

Можливі 2 варіанти проведення МКР.

- 1. При проведенні етапу МКР у дистанційному режимі використовується тестова система оцінки знань. Результат кожного етапу визначається відношенням кількості правильних відповідей N студента до їхньої максимальної кількості N_m :
 $оцінка = 5 * N / N_m$.*
- 2. Нарахування балів за письмову МКР здійснюється за наступними критеріями.*

Критерії оцінювання МКР:

- 5 балів: безпомилкова відповідь на всі питання при наявності елементів продуктивного творчого підходу; демонстрація вміння впевненого застосування фундаментальних і фахових знань;
- 4 бали: недостатньо повна відповідь на всі питання або безпомилкова відповідь на 80% питань;
- 3 бали: безпомилкова відповідь на 50% питань або неповна відповідь на всі питання з двома – трьома досить суттєвими помилками;
- 2 бали: неповна відповідь на всі питання або безпомилкова відповідь не менше 30% питань; наявність принципових помилок;
- 1 бал: неповна відповідь на частину питань; наявність принципових помилок;
- 0 балів: відсутність на занятті без поважних причин, списування (плагіат) під час контрольної або відмова від виконання контрольної роботи.

Розрахунок шкали семестрової рейтингової оцінки з кредитного модуля (Rc):

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

$$R_c = r_{pp} + r_a + r_{MKP} = 36 + 4 + 10 = 50 \text{ балів}$$

Екзаменаційна складова рейтингу: $R_e = 100 - R_c = 50$.

3. Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю є виконання всіх запланованих на цей час робіт (на час календарного контролю). На **першому календарному контролі** (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше $0,5 \cdot 50^1 = 25$ балів.

4. Необхідними умовами допуску до екзамену є зарахування всіх етапів контрольної роботи, всіх практичних занять, а також стартовий рейтинг (r_c) не менше 60 % від R_c , себто:
 $r_c = 0,6R_c = 0,6 \times 50 = 30$ балів.

Можливі 2 варіанти проведення екзамену.

1. При проведенні екзамену у дистанційному режимі використовується тестова система оцінки знань. Результат визначається відношенням кількості правильних відповідей N студента до їхньої максимальної кількості N_m : оцінка $= 50 \cdot N / N_m$.

2. *Нарахування балів за письмову МКР здійснюється за наступними критеріями.*

Ваговий бал – 50. Екзаменаційний білет містить 4 запитання, письмова відповідь на кожне з яких оцінюється за наступною системою.

5 балів: повна і безпомилкова відповідь при наявності елементів продуктивного творчого підходу; демонстрація вміння впевненого застосування фундаментальних і фахових знань, бездоганне обґрунтування цієї відповіді з залученням літературних джерел;

4 бали: достатньо повна і взагалі вірна відповідь з 80% розкриттям питання, відповідь ґрунтується тільки на матеріалах конспекту;

3 бали: взагалі вірна але недостатньо повна відповідь на запитання зі значними помилками та зауваженнями принципового характеру, з 50% розкриттям питання з двома – трьома досить суттєвими помилками;

2 бали: неповна відповідь з 30% розкриттям питання; наявність принципових помилок;

1 бал: неповна відповідь з 20% розкриттям питання; наявність великої кількості суттєвих і принципових помилок;

0 балів: відсутність відповіді, відсутність на іспиті без поважних причин або відмова від участі в іспиті.

Сума балів на 4 запитання (максимум 20) – Σ . Екзаменаційна складова: $R_e = 50 / 20 \cdot \Sigma = 2,5 \cdot \Sigma$.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

$RD = R_c + R_e$	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
$RD < 60$ або списування (плагіат) під час залікової контрольної роботи	Не допущений

¹ Максимальна кількість балів, яку може набрати студент протягом 8 тижнів.

8 Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ ЗНАТЬ

1. Методи фіксації атмосферного азоту

Роль азоту і його сполук у житті рослинного і тваринного світу.

Властивості азоту, його застосування і сполуки. Історія і перспективи розвитку азотної промисловості. Сучасний стан виробництва сполук зв'язаного азоту в Україні. Структура ПО «Азот». Методи фіксації атмосферного азоту. Валентність і ступінь окиснення азоту в його сполуках.

2. Виробництво азоту і кисню кріогенним методом

Методи концентрування газових сумішей. Методи одержання низьких температур. S-T діаграми і зображення на них процесів стиснення ізотермічного, адіабатичного і неадіабатичного, випаровування, конденсації, дроселювання, детандування, охолодження, нагрівання. Компресійні і абсорбційні холодильні цикли – принцип дії, схема і зображення на діаграмі S-T, розрахунок холодопродуктивності. Цикли кріогенних установок високого тиску Лінде і низького тиску Капіці – принцип дії, схема і зображення на діаграмі S-T. Визначення холодопродуктивності, частки зрідженого газу і ккд циклу.

Розділення повітря. Схеми принципова і технологічна установки для розділення повітря. Обґрунтування різних значень тиску в нижній і верхній ректифікаційних колонах при розділенні повітря. Конструкції ректифікаційних колон і конденсатора.

Принципи побудови рівноважної і робочої ліній ректифікації повітря. Розрахунок кількості тарілок ректифікаційної колони.

3. Виробництво азотно-водневої суміші конверсійним методом

Методи очищення природного газу від сполук сірки. Гідрування органічних сполук сірки. Адсорбційне очищення від сірководню. Каталізатори і адсорбенти. Технологічна схема. Конструкції реакторів.

Методи конверсії природного газу. Обґрунтування двоступеневої каталітичної конверсії природного газу. Конверсія природного газу парою. Термодинаміка, кінетика і каталізатори процесу. Пароповітряна конверсія метану. Фізико-хімічні основи. Термодинаміка, каталізатори, кінетика. Запобігання утворенню вуглецю. Технологічна схема і апарати двоступеневої конверсії природного газу. Конструкція реакційної труби і шахтного конвертору. Компресорне обладнання.

Одноступеневі каталітичні конверсії метану: паро-киснева, паро-киснево-повітряна, паро-вуглекислотна; область застосування і їх порівняння.

Конверсія оксиду вуглецю (II) парою. Фізико-хімічні основи конверсії оксиду вуглецю (II) парою. Термодинаміка, каталізатори СТК і НТК, кінетика. Технологічна схема двоступеневої конверсії. Елементи енерготехнології. Радіальні і поличні конвертори оксиду вуглецю (II), їх переваги і недоліки..

Очищення конвертованого газу від оксиду вуглецю (IV). Абсорбційні методи очищення технологічного газу від двооксиду вуглецю: переваги і недоліки. Фізична абсорбція: переваги і недоліки, розрахунок рушійної сили для прямого току і протитоку. Хімічна абсорбція: переваги і недоліки, розрахунок рушійної сили для прямого току і протитоку. Тарілчасті і насадкові абсорбери, переваги і недоліки. Ескізи конструкції. Технологія очищення газу від двооксиду вуглецю гарячим розчином поташу та моноетаноламіну, технологічні схеми

очищення. Сучасний метод очищення активованим розчином метилдіетаноламіном. Порівняльний аналіз абсорбційних методів очищення від оксиду вуглецю (IV).

Технологія тонкого очищення газу від оксидів вуглецю методом каталітичного гідрування – необхідність, реакції. Термодинаміка, каталізатори, область протікання процесу, кінетика. Технологічна схема очищення, конструкція апарату. Графік залежності $X=f(T)$. Причини направлення газу на факельну установку («свічу»).

4. Синтез аміаку

Фізико-хімічні основи синтезу аміаку. Термодинаміка, каталізатори, кінетика синтезу. Конденсація аміаку: вплив технологічних параметрів на ступінь конденсації, необхідність двох ступіней. Вплив інертних газів на термодинаміку і кінетику синтезу. Вплив концентрації інертних газів на параметри процесу – витрати свіжого, продувного та циркуляційного газів. Принципова і технологічна схеми синтезу.

Конструкції колон синтезу. Воднева корозія та її попередження. Організація теплообміну (температурного режиму). Розрахунок об'єму каталізатора за об'ємною швидкістю.

Допоміжне устаткування агрегатів синтезу аміаку – конденсаційна колона і випарник, компресорне обладнання.

5. Виробництво азотної кислоти

Хімічна схема виробництва неконцентрованої азотної кислоти. Технологія контактного окиснення аміаку. Вплив співвідношення кисень до аміаку на параметри конверсії. Фізико-хімічні основи - термодинаміка, каталізатори, кінетика. Технологія окиснення оксиду азоту (II). Термодинаміка, кінетика. Особливість кінетики окиснення оксиду азоту (II) з точки зору впливу температури. Взаємні перетворення оксидів азоту. Димеризація двооксиду азоту.

Технологія переробки оксидів азоту на неконцентровану азотну кислоту. Фізико-хімічні основи. Термодинаміка: частинна константа рівноваги. Швидкість абсорбції, ккд тарілки абсорбційної колони. Ступінь окисненості нітрозного газу. Розрахунок рівноважних тисків оксидів азоту над розчином азотної кислоти. Розрахунок робочих тисків оксидів азоту над розчином азотної кислоти. Визначення ступеня переробки оксидів азоту в азотну кислоту. Розрахунок витратних коефіцієнтів за брутто реакціями перетворення оксидів азоту в азотну кислоту.

Технологія очищення викидних газів: високо- і низькотемпературна каталітична схема очищення.

Технологічна схема виробництва азотної кислоти під єдиним тиском 0,73 МПа та схеми АК-72 комбінованого тиску. Конструкції контактної апарату, холодильника-конденсатору, абсорбційної колони, реакторів очищення викидних газів. Використання енергії нітрозного і викидного газів: котли-утилізатори, теплообмінники і газова турбіна.

6. Виробництво метанолу

Фізико-хімічні основи синтезу метанолу. Термодинаміка, каталізатори, кінетика синтезу метанолу. Порівняння режимів та економічних показників схем синтезу метанолу під високим і середнім тиском. Вплив концентрації інертних газів на параметри процесу – витрати свіжого, продувного та циркуляційного газів. Конструкції колон синтезу метанолу. Організація теплообміну в реакторі. Технологічна схема під середнім тиском. Допоміжне устаткування синтезу метанолу.

7. Виробництво водню

Виробництво водню електролізом води. Теоретичні основи і конструкція електролізерів. Методи зниження споживання електроенергії при електролізі.

Газифікація твердого палива. Перспективність процесу для України. Реакції газифікації твердого палива, склад генераторного газу в залежності від його призначення і складу суміші окиснювачів. Способи компенсації ендотермічних ефектів при газифікації.

8. Синтез азотних добрив

Фізико-хімічне обґрунтування апаратурного оформлення і технологічної схеми виробництва нітрату амонію (аміачної селітри). Злежуваність селітри і методи її усунення. Особливості зберігання аміачної селітри. Конструкція і принцип дії апарату ВТН (використання теплоти нейтралізації) у виробництві нітрату амонію. Вплив концентрації азотної кислоти на концентрацію розчину селітри. Конструкції випарних апаратів. Можливість отримання селітри без упарювання. Рішення екологічних проблем у виробництві селітри.

Фізико-хімічне обґрунтування апаратурного оформлення і технологічної схеми виробництва карбаміду. Реакції синтезу карбаміду. Обґрунтування високого тиску. Схеми синтезу з рециклом повним і частковим – порівняння, недоліки і переваги. Конструкція і принцип дії колони синтезу карбаміду. Особливості стріпінг – процесу.

Способи отримання аміачної води. Фізико-хімічне обґрунтування апаратурного оформлення і технологічної схеми виробництва аміачної води з продувних і танкових газів. Опис схеми і основного обладнання. Розрахунок кількості тарілок абсорбційної колони.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Склав: доцент кафедри технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології, к.т.н. Концевой А.Л.

Ухвалено кафедрою ТНРВ та ЗХТ (протокол №27 від 24.06.2024)

Погоджено Методичною комісією ХТФ (протокол №10 від 21.06.2024)