

Черкаський національний університет

імені Богдана Хмельницького

В. І. Бойко, О. С. Погребняк

Процеси і апарати сучасної
хімічної технології

(методичні рекомендації до вивчення дисципліни для студентів ОКР
«спеціаліст» та «магістр» спеціальності хімія)

Черкаси

2013

ББК 35

3–14

УДК 66.0 (0.75)

Рецензенти: Лут О. А.,

кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії

Черкаського національного університету

імені Богдана Хмельницького

Ящук Л. Б.,

кандидат хімічних наук, доцент кафедри екології

Черкаського державного технологічного університету

Бойко В. І., Погребняк О. С.

Процеси і апарати сучасної хімічної технології: Методичні рекомендації до вивчення дисципліни для студентів ОКР «спеціаліст» та «магістр» спеціальності хімія / В. І. Бойко, О. С. Погребняк. – Черкаси: Видавничий відділ ЧНУ, 2013. –86 с.

Методичні рекомендації включають навчальну програму дисципліни, правила техніки безпеки при роботі в лабораторії, порядок оформлення звітів до лабораторних робіт та детальні розробки 12 лабораторних робіт.

У методичних рекомендаціях наведено критерії оцінювання рівня знань студентів із дисципліни.

Зміст

Передмова.....	
Правила техніки безпеки при роботі в лабораторії.....	
Порядок оформлення звітів про лабораторну роботу.....	
Лабораторна робота № 1. Флотаційне збагачення вугілля.....	
Лабораторна робота № 2. Визначення твердості води та її пом'якшення методом йонного обміну.....	
Лабораторна робота № 3. Одержання сульфатної кислоти.....	
Лабораторна робота № 4. Одержання нітратної кислоти.....	
Лабораторна робота № 5. Виділення калій хлориду із сильвініту та його аналіз.....	
Лабораторна робота № 6. Одержання амоніачної селітри.....	
Лабораторна робота № 7. Одержання суперфосфату.....	
Лабораторна робота № 8. Електроліз розчину натрій хлориду бездіафрагменним методом.....	
Лабораторна робота № 9. Електролітичне рафінування міді.....	
Лабораторна робота № 10. Одержання металів.....	
Лабораторна робота № 11. Перегонка нафтопродуктів.....	
Лабораторна робота № 12. Одержання ацетатної кислоти синтетичним способом.....	
Критерії оцінювання рівня знань студентів з дисципліни.....	
Список літератури.....	

Передмова

Важливою складовою вивчення дисципліни «Процеси і апарати сучасної хімічної технології» є лабораторний практикум, який є втіленням реальних виробничих процесів у лабораторних умовах. До методичних рекомендацій включено детальні методичні розробки до кожної із 12 робіт. У розробці чітко сформульовано тему та мету роботи, наведено перелік обладнання та реактивів, які необхідні для виконання експерименту. Методиці виконання роботи передують теоретична частина, в якій викладено у стислій, але достатній формі фізико-хімічні основи явищ і процесів, які студент має реалізувати під час виконання роботи. Наявність теоретичної частини забезпечує усвідомлене виконання поставленого завдання. Порядок виконання відтворений у логічній послідовності, забезпечує чітку фіксацію результатів експерименту та їх обробку, зобов'язує студента чітко сформулювати висновки про виконану роботу. До методичної розробки включено перелік контрольних питань, що виносяться на захист роботи, а також вказано список літератури, необхідний для підготовки.

З огляду на роботу навчального закладу за кредитно-трансферною системою до методичної розробки включено критерії оцінювання рівня знань студентів з дисципліни. Вже на початку вивчення курсу студенти знають, які види робіт їм необхідно виконати і як будуть оцінені результати їх роботи.

Все це повинно забезпечити високий рівень підготовки фахівців-хіміків.

Навчальна програма

Вступ

Поняття хімічної технології і хімічного виробництва

Хімічна технологія як наука. Основні поняття і визначення хімічного виробництва. Хімічне виробництво. Енергетична підсистема. Підсистема водопідготовки і водоочищення. Підсистема очищення викидів і утилізації відходів. Підсистема управління. Компоненти хімічного виробництва: сировина, реагенти, матеріали, енергія, вода. Цільовий, додатковий, побічний продукт. Напівпродукт. Напівфабрикат. Відходи. Обладнання.

Розділ 1. Гомогенні хіміко-технологічні процеси (ХТП)

Моно-, ди-, тримолекулярні реакції. Вплив різних чинників на швидкість гомогенного ХТП. Вплив температури. Вплив концентрації реагентів. Вплив тиску. Вплив каталізатора.

Розділ 2. Гетерогенні (некаталітичні)

хіміко-технологічні процеси

Стадії гетерогенного ХТП. Швидкість гетерогенного ХТП. Загальні принципи інтенсифікації гетерогенного ХТП. Гетерогенні некаталітичні процеси у системі Г–Т. Кінетичні моделі гетерогенних ХТП у системі Г–Т. Гетерогенні некаталітичні процеси у системах Г–Р та Р–Р. Кінетичні моделі процесів у системі Г–Р (Р–Р).

Розділ 3. Каталітичні хіміко-технологічні процеси

Гомогенний каталіз. Швидкість перетворення в гомогенному каталізі. Вплив умов здійснення гомогенного каталізу на його ефективність.

Гетерогенний каталіз на твердих каталізаторах. Області перебігу гетерогенно-каталітичного хімічного процесу. Вплив умов здійснення на його швидкість. Вимоги до промислових каталізаторів. Склад та виготовлення твердих каталізаторів.

Розділ 4. Хімічні реактори

4.1. Основні положення

Вимоги до хімічного реактора як основного апарату ХТП. Структурні елементи хімічного реактора. Класифікація хімічних реакторів.

4.2. Ізотермічні процеси у хімічному реакторі

Реактори ідеального витіснення (РІВ). Реактори ідеального змішування (РІЗ). Реактор ідеального змішування періодичної дії (РІЗ–П). Реактор ідеального змішування безперервної дії (РІЗ–Б). Каскад реакторів ідеального змішування безперервної дії (КРІЗ–Б). Порівняльна характеристика проточних реакторів ідеального змішування та ідеального витіснення. Вибір реактора і селективність. Хімічні реактори з неідеальною структурою потоків. Причини відхилень від ідеальності в реальних реакторах (непроточних та проточних). Моделі реакторів з неідеальною структурою.

4.3. Неізотермічні процеси в хімічних реакторах

Теплові режими хімічних реакторів. Адіабатичні реактори ідеального витіснення (РІВ–А) та ідеального змішування (РІЗ–А). Ізотермічні реактори ідеального витіснення (РІВ–І) та ідеального змішування (РІЗ–І). Теплова усталеність хімічних реакторів. Схеми створення оптимального теплового (температурного) режиму в реакторах для здійснення екзо- та ендотермічних оборотних реакцій.

Розділ 5. Промислові хімічні реактори

Реактори для здійснення гомогенних процесів. Реактори для здійснення гетерогенних процесів у системі газ–рідина. Промислові реактори для системи газ–тверда речовина. Реактори для реалізації процесів у системі рідина–тверда речовина. Реактори для каталітичних процесів. Реактори для гомогенного каталізу. Реактори для здійснення гетерогенного каталізу.

Розділ 6. Нові види обробки металів

Загальні відомості про виробництво і традиційні методи обробки металічних сплавів. Нові види обробки металів: електрофізичні, електрохімічні, ультразвукові. Лазерні технології. Метод порошкової металургії. Стан і тенденції розвитку порошкової металургії.

Розділ 7. Основи енергетики

Промислові методи одержання енергії. Аналіз і перспективи розвитку енергетичної бази України. Альтернативні методи одержання енергії (енергія

сонця, вітру, хвиль, холодні ядерні реакції). Металогідратна енергетика та її техніко-економічні показники.

Розділ 8. Електроніка та мікроелектроніка

Методи отримання алмазоподібних плівок. Класифікація інтегральних схем(ІС) і технологія їх виготовлення. Напівпровідникові інтегральні схеми і принципи їх формування. Базова технологічна схема створення напівпровідникових ІС.

ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ В ЛАБОРАТОРІЇ

Забороняється працювати в лабораторії одному, оскільки в разі нещасного випадку нікому надати допомогу потерпілому і ліквідувати наслідки.

Під час роботи в лабораторії слід дотримуватись чистоти, тиші, порядку і правил техніки безпеки. Поспішність і неохайність ведуть до тяжких наслідків.

Кожний працюючий повинен знати, де знаходяться в лабораторії засоби протипожежного захисту та аптечка, яка містить все необхідне для надання першої допомоги.

Категорично забороняється в лабораторії їсти, пити воду, палити.

Не можна приступати до виконання лабораторних робіт, доки повністю не засвоєна техніка їх виконання.

Всі досліді проводять лише в чистому посуді. Після кожного експерименту посуд зразу ж необхідно помити.

Під час роботи необхідно слідкувати за тим, щоб речовини не потрапляли на руки та обличчя, так як деякі з них (кислоти, луги та ін.) викликають руйнування шкіри та слизових оболонок.

Категорично забороняється брати речовини руками і пробувати їх на смак. Нюхати речовини можна, лише обережно направляючи на себе газу чи пару легкими рухами рук. Не нахилитися над посудом і не вдихати пари на повні груди.

Банки, склянки та інший посуд для зберігання реактивів повинен мати етикетки з назвою речовини.

Після закінчення роботи потрібно закрити крани з водою і вимкнути електроприлади.

Всі відходи виливають у банки для зливання, а дорогоцінні реактиви в спеціально призначений посуд.

В лабораторії повинні бути засоби протипожежного захисту: ящик з просіяним піском, совок для нього, протипожежна ковдра, заряджений вогнегасник.

На доступному місці в лабораторії повинні знаходитись медикаменти для надання першої допомоги: калій перманганат, борна кислота, питна сода, спиртовий розчин йоду, вата, бинт, пластир, знеболююча мазь при опіках.

ПРАВИЛА РОБОТИ З НЕБЕЗПЕЧНИМИ, ТОКСИЧНИМИ І ВОГНЕНЕБЕЗПЕЧНИМИ РЕЧОВИНАМИ:

1. Всі роботи з небезпечними і токсичними речовинами (наприклад бром, йод, оксиди азоту, тощо) необхідно проводити лише у витяжній шафі.
2. Досліди з вогненебезпечними речовинами (наприклад ефір, ацетон, бензол, тощо) виконувати якомога далі від вогню і ввімкнутих електроплиток, нагрівати легкозаймисті речовини можна лише в спеціальному посуді на попередньо нагрітій водяній бані.

ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТІВ ПРО ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

1. Звіт про роботу виконується в робочому зошиті або на стандартному аркуші формату А4.
2. При оформленні звіту вказується:
 - тема роботи;
 - мета роботи;
 - перелік обладнання та реактивів;
 - короткий опис проведення експерименту;
 - схема приладів, за допомогою яких виконується робота;

- зовнішні умови - температура та тиск (в разі необхідності).
3. Результати дослідження і розрахунки (рівняння повинні бути наведені в загальному вигляді, а також із підставленими експериментальними даними. Результати дослідів і розрахунків повинні бути зведені у відповідні таблиці).
 4. Графічна обробка експериментальних даних (графіки повинні виконуватись лише на міліметровому папері, або за допомогою комп'ютера в середовищі Excel). На вісь ординат наноситься функція, а на вісь абсцис – аргумент із зазначенням одиниць вимірювання. На осях наноситься десяткова шкала, відповідно до вибраного масштабу. Одиниці масштабу повинні бути вибрані відповідно до точності отриманих експериментальних даних. За експериментальними точками проводиться опосередкована крива (лінія тренда). Точки, що випали з кривої не використовуються, але наносяться. На листку, де виконаний графік повинен бути зазначений номер роботи, назва графіку, об'єкт вимірювання.
 5. На підставі виконаної роботи зробити висновки.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

I. ТЕМА: Флотаційне збагачення кам'яного вугілля.

II. МЕТА: Провести збагачення кам'яного вугілля флотаційним методом, визначити вихід концентрату і ступінь концентрування природної сировини.

III. На занятті необхідно:

1. Виконати роботу у відповідності до даної методичної розробки.
2. Оформити звіт про виконану роботу і здати його викладачу.

IV. Завдання для самостійної роботи:

1. Вивчити теоретичний матеріал з [1] (1)стор. 42 - 55; [4] стор. 279 - 298.
2. Засвоїти методику виконання лабораторної роботи та розрахунків у відповідності до даної методичної розробки.

V. Контрольні питання:

1. Класифікація сировини за різними критеріями.
2. Принцип збагачення та розділення сировини.
3. На чому ґрунтується метод розсіювання?
4. Гравітаційний метод збагачення твердої сировини.
5. Використання відмінності у магнітній проникності матеріалів для процесу збагачення.
6. На чому ґрунтується метод електростатичної сепарації?
7. Сутність флотаційного методу збагачення. Компоненти флотаційної суміші.
8. Використання безреагентного вилуговування для розділення багатокomпонентних сумішей.
9. Хімічні методи розділення.
10. Методи збагачення рідкофазної сировини.
11. Розділення газових сумішей.

VI. Перелік обладнання та реактивів:

- 1) лабораторна флотаційна машина;
- 2) фарфорова ступка;
- 3) фарфорова чашка;
- 4) секундомір;
- 5) пісчана баня;
- 6) стакан на 100 мл(2шт);
- 7) сито з отворами 0,2-0,05 мм;
- 8) промивалка;

- 9) чашка Петрі;
- 10) воронка;
- 11) скляний бюкс;
- 12) камяне вугілля;
- 13) гас;
- 14) циклогексанол.

VII. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Для підвищення вмісту корисного компонента в природній сировині застосовують різноманітні способи збагачення (концентрування). Тверду мінеральну сировину збагачують розсіюванням, гравітаційним розділенням, електромагнітною сепарацією, флотацією тощо.

Найбільш широкого розповсюдження зараз набув метод флотації (спінювання), який базується на відмінності фізико-механічних властивостей матеріалів, їх здатності змочуватися водою. Всі тверді матеріали, тіла за відношенням до вибіркового змочування водою розділяють на гідрофільні(ті, що змочуються) і гідрофобні (погано змочуються водою). Чим менше частинки, тим істотніше проявляється змочування, тому флотації завжди передують тонке подрібнення мінералів (до розмірів частинок 0,2 мм). Для прискорення флотації через розбавлену суміш руди з водою при неперервному механічному перемішуванні пропускають повітря у вигляді дрібних пухирців. Гідрофобні частини прилипають до пухирців повітря і захоплюються ними на поверхню, утворюючи багато піни, яку і знімають в спеціальні приймачі. Частинки, що містяться в пінному продукті являють собою флотаційний концентрат. Гідрофільні частинки осідають на дно у вигляді осаду, що називаються флотаційними хвостами. Для збільшення ефективності флотації застосовуються різноманітні реактиви:

1. Піноутворювачі - для створення стійкої піни(соснове масло, деревна смола, крезол, циклогексанол та інші).

2. Збирачі або колектори - для зниження змочуваності водою одних мінералів за рахунок утворення на її поверхні гідрофобної плівки, завдяки чому підвищується їх здатність прилипати до пухирців повітря (олеїнова кислота, тіоефіри, ксантогенати, дитіофосфати, гас та інші).

3. регулятори - для того, щоб відфлотувати один мінерал і затримати флотацію другого, використовують дипресори (крохмаль, натрій сульфід, цинковий купорос та інші), а щоб прискорити процес – активатори (сульфатна кислота, мідний купорос, сода та інші)

VIII. ОПИС УСТАНОВКИ

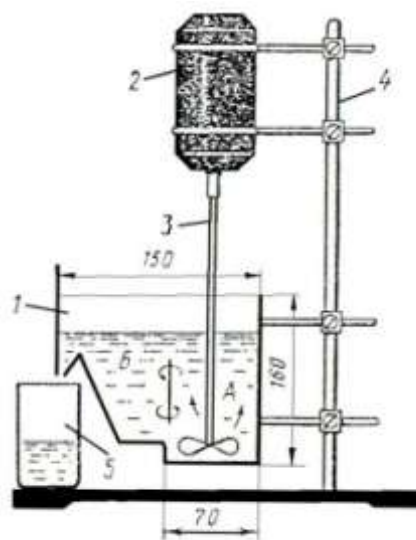


Рис. 1.1. Лабораторна флотаційна машина з механічним перемішуванням

Флотаційне збагачення кам'яного вугілля проводять на флотаційній лабораторній машині, що складається із флотокамери I, електромотора 2 з мішалкою 3, що закріплена на штативі 4 (рис. 1.1). Флотокамера має два відділення, що сполучаються між собою – змішувальне А та розділююче Б. Стакан 5 для флотаційного концентрату розміщують біля відділення Б.

IX. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вивчити теоретичний матеріал з [1] (1) (ст. 69 – 79); [4] (ст.304 – 322).
2. Засвоїти методику виконання лабораторної роботи та розрахунків у відповідності до даної методичної розробки.

V. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ:

1. Вода та її роль в хіміко-технологічному процесі.
2. Підготовка води до використання в хімічній промисловості. Хімічні методи очистки води.
3. Очистка води за допомогою йонообмінних фільтрів.
4. Очистка виробничих стічних вод.
5. Титрування, теорія індикаторів.
6. Буферні розчини, механізм дії, розрахунки рН.
7. Гідроліз солей, розрахунки рН.

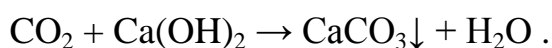
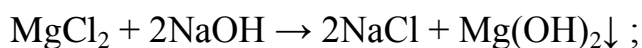
VI. ПЕРЕЛІК ОБЛАДНАННЯ ТА РЕАКТИВІВ:

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1) Іонообмінна колонка; | 2) бюретка з лійкою; |
| 3) конічні колби - 3 шт.; | 4) піпетки на 10 мл; |
| 5) електроплитка; | 6) хлоридна кислота
0,1М; |
| 7) 8%-ний розчин натрій
хлориду; | 8) метилоранж; |
| 9) 1%-ний розчин аргентум
нітрату; | 10) ЕДТА (трилон Б)
0,1 М; |
| 11) амоніачний буфер; | 12) хромоген чорний; |
| 13) розчин оксалатної
кислоти 0,01 М; | 14) розчин KMnO_4
0,01 М. |

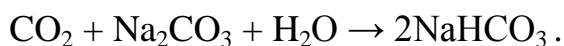
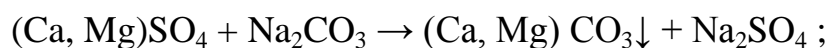
VII. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Для зниження твердості води або для повного видалення із неї катіонів кальцію, магнію, заліза усувають твердість води фізичними (термічна і електромагнітна обробка води), хімічними (вапняковим, натронним, содовим і фосфатним) методами та методом йонного обміну.

Хімічні методи ґрунтовані на здатності розчинних солей кальцію, магнію та заліза переходити під дією певних реагентів в малорозчинні сполуки, що видаляються в вигляді осаду. При обробці води кальцій гідроксидом (вапняковий метод) або натрій гідроксидом (натронний метод) видаляється вся карбонатна (тимчасова) твердість, частково – постійна, а також зв'язується карбон (IV) оксид:

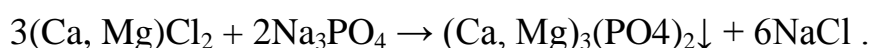
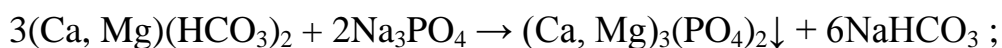


Содовий метод усуває лише постійну твердість і зв'язує карбон(IV) оксид:



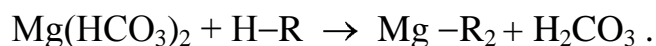
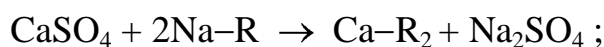
Тому широкого розповсюдження набув комбінований вапняково-содовий метод пом'якшення води, що усуває тимчасову і постійну твердість, зв'язує карбон(IV) оксид, видаляє йони заліза, коагулює органічні домішки.

Більш повне осадження йонів Ca^{2+} і Mg^{2+} проводять фосфатним способом, використовуючи в якості реагенту натрій фосфат:

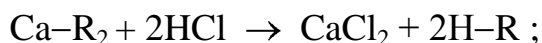


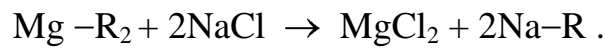
Метод йонного обміну оснований на фільтруванні води через спеціальні матеріали – йоніти, тверді, практично нерозчинні в воді і інших розчинниках речовини, здатні обмінювати йони, що входять до їх складу, на йони, що обумовлюють твердість води.

До складу катіонів входять рухливі йони Na^+ , H^+ зв'язані з органічним аніоном. При пропусканні через катіоніт води, що містить йони твердості відбувається йонообмінний процес:



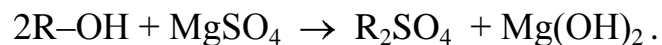
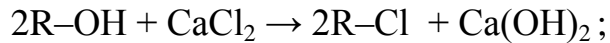
Коли обмінна ємність катіоніту вичерпується постає потреба в його регенерації, яка здійснюється розчинами хлороводневої кислоти або натрій хлориду:



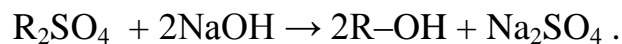
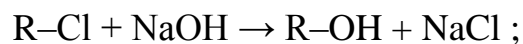
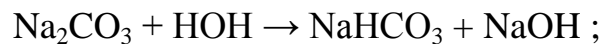


Рухливою частиною аніоніту є гідроксогрупа $-\text{OH}$, що зв'язана з органічним катіоном.

Обмінні процеси відбуваються за схемою:



Регенерація аніоніту здійснюється водним розчином натрій карбонату, що має лужну реакцію в результаті процесу гідролізу солі :



Після регенерації йонообмінну смолу необхідно відмити від солей, що утворились в результаті обмінних процесів на поверхні йоніту, невеликою кількістю дистильованої води.

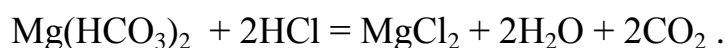
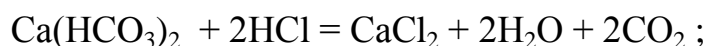
VIII. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ:

1. Через йонообмінну колонку, яка була в роботі, пропустити 150 - 200 мл

8%-ного розчину натрій хлориду. Промити йонообмінну колонку дистильованою водою до практично повного зникнення реакції на хлорид-іон (проба з аргентум нітратом).

2. Визначити твердість водопровідної води:

а) визначити тимчасову твердість води. Тимчасова твердість визначається безпосередньо титруванням 100 мл води 0,1 М розчином HCl в присутності метилоранжу до появи рожевого забарвлення:



Проба повинна характеризувати дійсний її склад, тому при відборі проби із водопроводу воду спускають на протязі 10-15 хв.

$$V_1(\text{HCl}) =$$

$$V_2(\text{HCl}) =$$

$$V_{\text{сер.}}(\text{HCl}) =$$

Тимчасову або карбонатну твердість розрахувати за формулою :

$$H_{\text{тим.}} = \frac{C(\text{HCl}) \cdot V_{\text{сер.}}(\text{HCl})}{V(\text{H}_2\text{O})} \cdot 1000; \quad \text{ммоль} \cdot \text{екв} / \text{л};$$

б) визначити загальну твердість води. Визначення загальної твердості ведеться комплексометричним методом, який засновано на зміні винно-червоного кольору розчину, який містить йони, що обумовлюють твердість води в присутності індикатора хромогену чорного на синьо-зелений колір в

еквівалентній точці при титруванні його розчином ЕДТА. Аналіз води ведуть наступним чином:

– в конічну колбу на 200-300 мл відміряють 100 мл досліджуваної води, додають 5 мл амоніачного буферу, індикатора хромогену чорного на кінчику шпателя.

– титрують розчином ЕДТА.

$$V_1(\text{ЕДТА}) =$$

$$V_2(\text{ЕДТА}) =$$

$$V_{\text{ср.}}(\text{ЕДТА}) =$$

– розрахунки ведуть за формулою:

$$H_{\text{заг.}} = \frac{C(\text{ЕДТА}) \cdot V_{\text{ср.}}(\text{ЕДТА})}{V(\text{H}_2\text{O})} \cdot 1000; \quad \text{ммоль-екв/л}$$

в) визначити постійну твердість води:

$$H_{\text{пост.}} = H_{\text{заг.}} - H_{\text{тимч.}} =$$

3. Пом'якшити водопровідну воду в кількості 250 мл шляхом пропускання через катіонітну колонку.

4. Визначити твердість пом'якшеної води, аналогічним методом (2а, б, в).

$$V_1(\text{HCl}) =$$

$$V_2(\text{HCl}) =$$

$$V_{\text{сер.}}(\text{HCl}) =$$

$$H_{\text{тим.}} = \frac{C(\text{HCl}) \cdot V_{\text{сер.}}(\text{HCl})}{V(\text{H}_2\text{O})} \cdot 1000; \quad \text{ммоль-екв/л}$$

$$V_1(\text{ЕДТА}) =$$

$$V_2(\text{ЕДТА}) =$$

$$V_{\text{сер.}}(\text{ЕДТА}) =$$

$$H_{\text{заг.}} = \frac{C(\text{ЕДТА}) \cdot V_{\text{сер.}}(\text{ЕДТА})}{V(\text{H}_2\text{O})} \cdot 1000; \quad \text{ммоль-екв/л}$$

5. Одержані дані записати в таблицю:

Вид твердості	Твердість води в ммоль-екв/л	
	До пом'якшення	Після пом'якшення
Тимчасова		
Постійна		
Загальна		

6. Порівняти твердість води до і після пом'якшення, зрівняти з даними ГОСТу, зробити відповідні висновки.

Твердість та окиснюваність води (дані ГОСТу)	
Твердість води, ммоль-екв/л	
0-4	м'яка
4-8	середня твердість
8-12	тверда
>12	дуже тверда
Окиснюваність води, мг O ₂ /л	
не більше 3	для харчових продуктів
не більше 4	для питної води

7. Визначити окиснювальність води.

Метод заснований на властивості органічних речовин, що знаходяться в воді, окиснюватися калій тетраоксоманганатом(VII).

– відміряти за допомогою піпетки 100 мл води і помістити її в конічну колбу.

– додати 15 мл сульфатної кислоти (1:3) і 10 мл розчину с (1/5 KMnO_4) = 0,01 моль/л ($V_1(\text{KMnO}_4)$).

– кинути в колбу кип'ятільні камінці і кип'ятити подовж 10 хв.

– після кип'ятіння до гарячого розчину прилити 10 мл розчину с(1/2 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) = 0,01 моль/л і залишок кислоти відтитрувати розчином с(1/5 KMnO_4) = 0,01 моль/л до появи слабо рожевого забарвлення ($V_2(\text{KMnO}_4)$).

– розрахунок зробити за формулою:

$$O = \frac{C(\frac{1}{5} \text{KMnO}_4) \cdot V(\text{KMnO}_4) \cdot M(\frac{1}{4} \text{O}_2) \cdot 1000}{V(\text{H}_2\text{O})}; \text{ мг/л.}$$

8. Скласти в загальному вигляді схеми окисно-відновних реакцій, що мають місце в досліді (7). Вказати метод титрування та визначити функцію кожної із реагуючих речовин (в протоколі залишити місце для відповідних записів).

9. Порівняти окиснювальність води з даними ГОСТу.

ВИСНОВКИ:

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

I. ТЕМА: Одержання сульфатної кислоти.

II. МЕТА:

1. Ознайомитись з процесом добування сульфатної кислоти контактним методом.
2. Визначити ступінь контактування і виходу сульфатної кислоти.

III. НА ЗАНЯТТІ НЕОБХІДНО:

1. Виконати роботу у відповідності до вимог даної методичної розробки.
2. Оформити звіт про виконану роботу і здати його викладачу.

IV. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ:

1. Вивчити теоретичний матеріал з [1] (1) (ст. 149 – 183); [4] (ст. 329 – 345).
2. Засвоїти методику виконання лабораторної роботи та розрахунків у відповідності до даної методичної розробки.

V. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ:

1. Фізичні та хімічні властивості сульфатної кислоти.
2. Сировина, хімізм, фізико-хімічні основи, апаратурне оформлення процесу одержання сульфатної кислоти контактним способом.
3. Гатунки H_2SO_4 , чим вони обумовлені. Транспортування сульфатної кислоти.
4. Контактна маса, яка використовується для перетворення сірчистого газу в сірчаний ангідрид.
5. Аналітичний множник або фактор перерахунку та його використання в розрахунках хіміко-технологічних процесів.

VI. ПЕРЕЛІК ОБЛАДНАННЯ ТА РЕАКТИВІВ:

- 1) піпетка на 25 і 50 мл;
- 2) мірна колба на

250 мл;

3) колби для титрування (3 шт.);
4) спиртівка;

5) бюретки – 2 шт.;
6) лійки – 2 шт.;

7) розчин натрій гідроксиду 0,1 моль/л;
8) розчин фенолфталеїну;

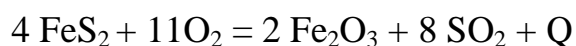
9) розчин дийоду з $C(\frac{1}{2} I_2) = 0,1$ моль/л;
10) сірка;

11) установка для одержання сульфатної кислоти контактним методом (див. схему 1).

VII. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

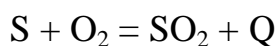
Сировиною для одержання кислоти служить пірит FeS_2 , самородна сірка та відходи кольорової металургії – сірководень та сульфур(IV) оксид.

На першому етапі виробництва сульфатної кислоти необхідно одержати сульфур(IV) оксид. В разі використання в якості сировини піриту процес обпалювання здійснюється в механічних поличних печах або ж в більш сучасних апаратах – печах з псевдокиплячим шаром. Процес здійснюється поетапно у відповідності до наведених рівнянь:

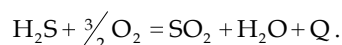


Процес окиснення заліза(II) сульфідів відбувається автотермічно за рахунок теплоти, що виділяється при згоранні сірки. Процес обпалення самородної сірки відбувається в форсуночних печах або ж в циклонапаратах.

Стехіометрія процесу:



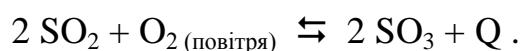
Використання в якості сировини сірководню є чудовим прикладом як ресурсозберігаючих так і екологічно чистих технологій. Метод розроблено вітчизняними вченими А. Г. Амеліним, І. А. Адударовим та Д. Гернстом. Особливістю хімізму даного процесу є те, що продукти реакції одержуються в еквімолярних співвідношеннях:



Згорання газу відбувається в печах з вогнетривкою насадкою.

Незалежно від способу одержання сірчистого газу він підлягає очистці від гетерогенних включень в циклонапаратах та електрофільтрах. Такої очистки недостатньо в разі використання в якості сировини піриту. Газ, отриманий із піриту, окрім пиловидних частинок, що забивають пори каталізатора, містить оксиди селену та арсену – речовини, що отруюють каталізатор, а також пари сульфатної кислоти, що сповільнюють рух матеріальних потоків. В такому разі додатково проводяться спеціальна очистка газу.

На другому етапі одержання сульфатної кислоти відбувається процес каталітичного окиснення сульфур(IV) оксиду:

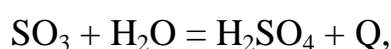


В якості каталізатора використовують БАВ (V_2O_5 , $BaSO_4$, $Al_2(SO_4)_3$, K_2SO_4).

В відповідності до принципу Ле Шател'є з метою одержання максимального виходу кінцевого продукту необхідно процес проводити за зниженої температури і підвищеного тиску. Проте в даному випадку має місце основне протиріччя зворотних екзотермічних реакцій – потреба в

зниженні температури призведе до суттєвого сповільнення швидкості реакції. В реальних умовах процес здійснюється за температури 400 °С, що забезпечує достатню швидкість процесу, але дає малий вихід кінцевого продукту. Втрат уникають шляхом здійснення процесу в апаратах каскадного типу. Проведення технологічного процесу за підвищеного тиску потребує значних матеріальних витрат, на які в даному разі йти недоцільно, оскільки реакційна суміш містить 82% баластного динітрогену.

На третьому етапі відбувається процес абсорбції SO₃, стехіометричним рівнянням якого є:



проте, процес абсорбції здійснюється не водою, а сульфатною кислотою, масова частка якої в розчині не нижче 98,3%, оскільки лише така концентрація забезпечує необхідний мінімальний тиск водяних парів і процес проходить за умов зниженої температури досить повно. Поглинальні башти працюють за принципом протитечії: газ подається знизу, рідина зверху.

Одержана сульфатна кислота використовується для одержання мінеральних солей, кислот, органічних сполук, для протравлення поверхні, перед нанесенням електролітичного покриття, для очистки нафтопродуктів і таке ін.

VIII. ОПИС УСТАНОВКИ (див. рис. 1)

Сірку спалюють в трубці (3) в струмені кисню, який пропускають через колбу (1) з концентрованою сульфатною кислотою і через гранульований кальцій хлорид (2) для осушування. Пари сірки, що частково сублимується, вловлюють в колбі В'юрца (4). Сірчистий газ після промивання концентрованою сульфатною кислотою у промивній склянці надходить у трубку (5), заповнену каталізатором БАВ. Трубка нагрівається в електропечі (6), з'єднаній провідником (9) з термометром (10). Газова суміш після контактування поглинається водою в склянках Дрекслея (7). Туманоподібна

сульфатна кислота вловлюється в електрофільтрі (8) і поступає в збірник (11).

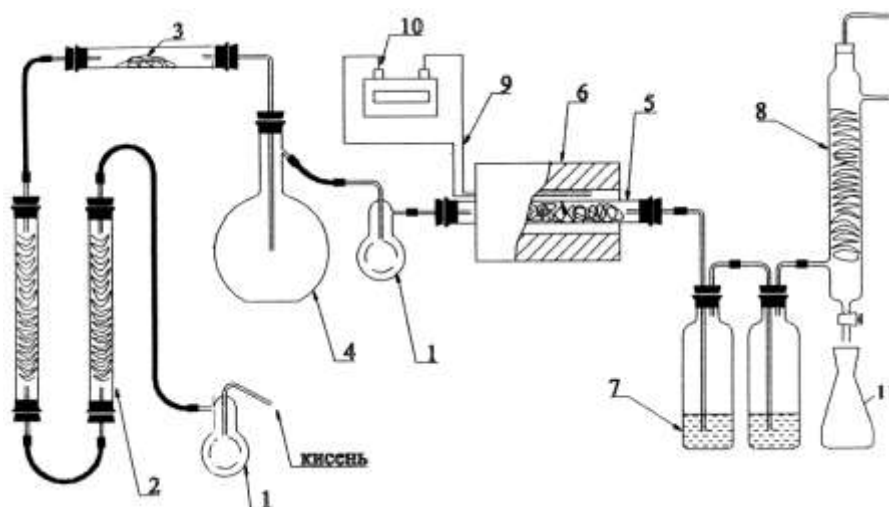


Рис. 3.1 *Схема установки для лабораторного одержання сульфатної кислоти*

ІХ. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Зібрати установку згідно поданому опису. Перевірити установку на герметичність, шляхом пропускання повітря. При цьому повинно відбуватися пробулькування газу в колбах В'юрца і склянках Дрекселя.

2. Ввімкнути трубчатий електропіч заповнену каталізатором і вести нагрівання подовж 40 хв для одержання температури „займання” каталізатора.

3. На аналітичних терезах на цигарковому папері взяти наважку сірки масою 0,2 – 0,3 г.

$$m(S) = \quad \text{г.}$$

4. Розпочати окиснення сірки, нагріваючи трубку з сіркою над полум'ям спиртівки, одночасно дуже повільно пропускаючи кисень (1-2 бульбашки за 1 с). Після того як сірка загориться, спиртівку прийняти (чому?), посилити струмінь кисню. Після повного згорання сірки певний час через установку продовжувати пропускати кисень, аж поки не перестане з'являтися туман у

промивній склянці. Ввімкнути електрофільтр (туман SO_3 не повинен виходити з газовідвідної трубки).

5. Вимкнути піч.

6. Промити фільтр (8) дистильованою водою, *через 10 хв* після його вимикання.

7. В мірну колбу на 250 мл кількісно перенести вміст приймачів (7), збірника (11) та воду, яку зібрали після промивання фільтра. Долити в мірну колбу дистильованої води до мітки і ретельно перемішати.

Х. ОФОРМЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ

1. Розрахувати масу сірчистого газу, що утворився при спалюванні наважки сірки:

$$m(\text{SO}_2)_{\text{теор.}} = m(\text{S}) \cdot \frac{M(\text{SO}_2)}{M(\text{S})} = m(\text{S}) \cdot f\left(\frac{\text{SO}_2}{\text{S}}\right) =$$

2. Встановити масу одержаної сірчистої кислоти, для чого 50,0 мл розчину відтитрувати розчином діюду $C(\frac{1}{2} \text{I}_2) = 0,1 \text{ моль / л.}$

$$V_1(\text{I}_2) =$$

$$V_2(\text{I}_2) =$$

$$\frac{\quad}{V_{\text{сер.}}(\text{I}_2) =}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_3)_{\text{практ.}} = \frac{V_{\text{сер.}}(\text{I}_2) \cdot c(\frac{1}{2} \text{I}_2) \cdot M(\frac{1}{2} \text{H}_2\text{SO}_3)}{1000} \cdot \frac{250}{50} =$$

3. Розрахувати масу сірчистого газу, що контактено не окиснився, тобто ту, яка відповідає одержаній сірчистій кислоті:

$$m(\text{SO}_2)_{\text{не-проокт.}} = m(\text{H}_2\text{SO}_3)_{\text{практ.}} \cdot \frac{M(\text{SO}_2)}{M(\text{H}_2\text{SO}_3)} = m(\text{H}_2\text{SO}_3)_{\text{практ.}} \cdot f\left(\frac{\text{SO}_2}{\text{H}_2\text{SO}_3}\right) =$$

4. Визначити масу сульфур(IV) оксиду, що проконтактувала в ході процесу:

$$m(\text{SO}_2)_{\text{конт.}} = m(\text{SO}_2)_{\text{теор.}} - m(\text{SO}_2)_{\text{не проконт.}} =$$

5. Ступінь контактування розрахувати за формулою:

$$\eta = \frac{m(\text{SO}_2)_{\text{конт.}}}{m(\text{SO}_2)_{\text{теор.}}} =$$

6. Встановити масу одержаної сульфатної кислоти, для чого 25,00 мл розчину відтитрувати 0,1 М розчином луку за наявності фенолфталеїну:

$$V_1(\text{NaOH}) =$$

$$V_2(\text{NaOH}) =$$

$$\frac{\quad}{V_{\text{сер.}}(\text{NaOH})} =$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{практ.}} = \frac{V_{\text{сер.}}(\text{NaOH}) \cdot C(\text{NaOH}) - V_{\text{сер.}}(\text{I}_2) \cdot C(\frac{1}{2}\text{I}_2)}{1000} \cdot M(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot \frac{250}{25} =$$

7. Розрахувати теоретичну масу сульфатної кислоти:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{теор.}} = m(\text{S}) \cdot \frac{M(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{S})} = m(\text{S}) \cdot f\left(\text{H}_2\text{SO}_4/\text{S}\right) =$$

8. Розрахувати вихід сульфатної кислоти:

$$\eta = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{практ.}}}{m(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{теор.}}} =$$

ВИСНОВКИ:

Лабораторна робота №4

I. ТЕМА: Одержання нітратної кислоти

II. МЕТА: Одержати водний розчин нітратної кислоти окисненням амоніаку та визначити її вихід в залежності від температури проведення процесу.

III. На занятті необхідно:

1. Виконати роботу у відповідності до вимог даної методичної розробки.
2. Оформити звіт про виконану роботу і здати його викладачу.

IV. Завдання для самостійної роботи:

1. Вивчити теоретичний матеріал з [1] стор. 208-240, [4] стор. 355-369.
2. Засвоїти методику виконання лабораторної роботи та розрахунків у відповідності до даної методичної розробки.

V. Контрольні питання:

1. Фізичні, хімічні властивості нітратної кислоти. Гатунки.
2. Фізико-хімічні основи одержання нітратної кислоти з амоніаку.
3. Виробництво розбавленої нітратної кислоти.
4. Концентрування розбавленої нітратної кислоти за допомогою водовіднімаючих засобів.
5. Прямий синтез концентрованої нітратної кислоти.

VI. ПЕРЕЛІК ОБЛАДНАННЯ ТА РЕАКТИВІВ:

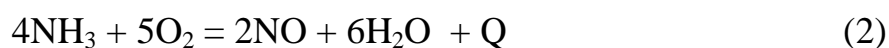
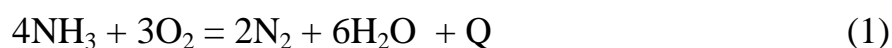
- 1) установка для одержання нітратної кислоти (рис.1)
- 2) бюретка
- 3) конічні колби
- 4) воронки
- 5) водний розчин амоніаку – 12%-й

- б) хлороводнева кислота 0,0500 М,
- 7) фенолфталеїн.

VII. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Нітратна кислота має виключно важливе народногосподарське значення. Вона є необхідним компонентом при виробництві добрив, вибухових речовин, синтетичних барвників, пластичних мас і волокон, а також ліків.

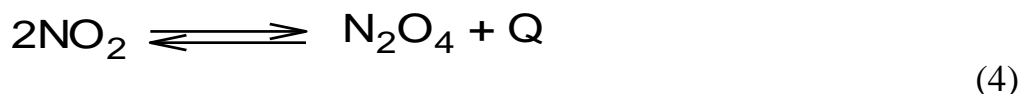
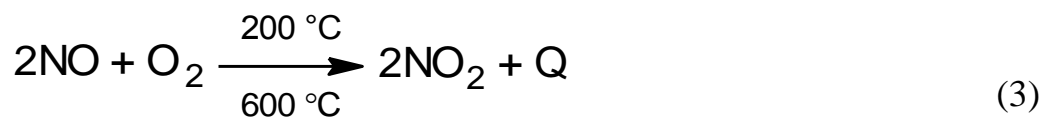
Одержується нітратна кислота із амоніаку. На першому етапі відбувається окиснення амоніаку киснем повітря, можливі два варіанти здійснення цього процесу:



Перший варіант є небажаним, для здійснення процесу за рівнянням (2) необхідно суворо дотримуватись наступних умов:

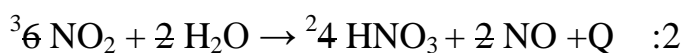
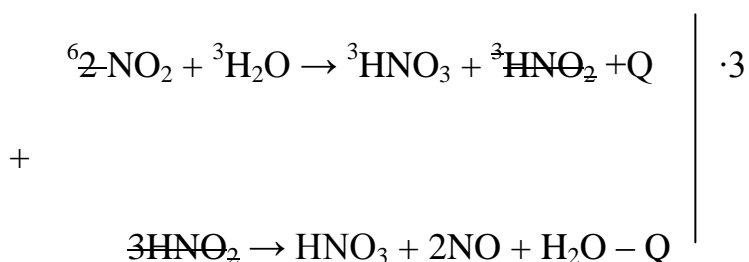
1. Проводити процес каталітично. Використання в якості каталізатора платина-палладій-родійових сіток забезпечує високий вихід кінцевого продукту, але зазначений каталізатор є дорогим і таким, що легко отруюється сполуками S і C. Тому паралельно з ним використовують і залізо-хромовий каталізатор.
2. Підтримувати температуру проведення процесу близькою до 800°C.
3. Створити надлишок кисню по відношенню до теоретично необхідного в межах 1,3 – 1,5 рази.
4. Тривалість контакту аміачно-повітряної суміші з каталізатором не повинна перевищувати 0,0001 – 0,0002 с.

На другому етапі одержаний нітроген (II) оксид необхідно доокиснити, процес відбувається з частковою димеризацією продукту:

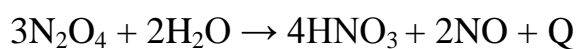
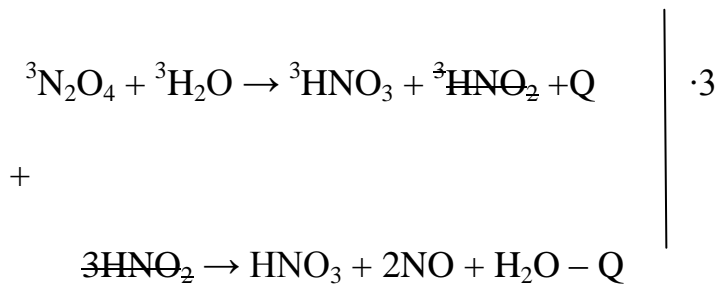


Оскільки для подальшого протікання процесу немає значення в якій формі знаходиться оксид, мономерній чи димерній, важливо добитися зміщення рівноваги вправо в рівнянні (3), а це можливо за температури процесу 200°C.

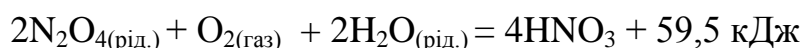
Завершальним етапом одержання нітратної кислоти є абсорбція нітроген (IV) оксидів водним розчином розбавленої нітратної кислоти:



Димер:



В такий спосіб одержується розчин нітратної кислоти з масовою часткою в межах 50-70%. Сконцентрувати нітратну кислоту шляхом відгонки неможливо, оскільки за вмісту 68,4% нітратної кислоти в розчині утворюється азеотропна суміш. Концентровану нітратну кислоту отримують за допомогою водовіднімаючих засобів, в якості яких, як правило, використовують купоросне масло $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 92,5\%$ або 70% розчин магній нітрату або ж прямим синтезом нітратної кислоти:



Транспортування концентрованої нітратної кислоти здійснюється в алюмінієвих цистернах, розбавлена нітратна кислота транспортується у вигляді меланжу з концентрованою сульфатною кислотою в сталевих цистернах.

VIII. ОПИС УСТАНОВКИ

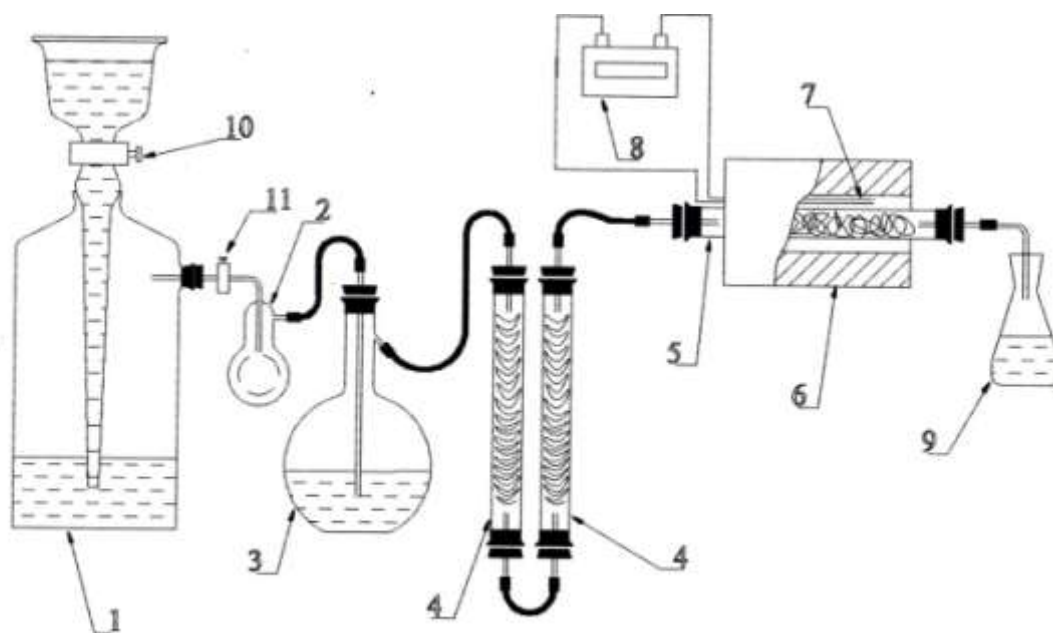


Рис. 4. 1. Установа для одержання нітратної кислоти.

Для просмоктування повітря через колбу (3) з 12%-м розчином амоніаку служить газометр (1), за допомогою якого створюється потрібна тяга і

регулюється швидкість газового потоку. Між газометром (1) і колбою (3) знаходиться лічильник пухирців (2), який використовується для контролю швидкості проходження суміші через систему(рис. 4.1).

Для звільнення від вологи амоніачно-повітряну суміш пропускають через дві колонки (4) заповнені твердим КОН. Залізо-хромовий каталізатор знаходиться в кварцевій трубці (5), яка поміщена в електричну піч (6). Температура в каталітичній зоні вимірюється за допомогою термопари (7) і чутливого мілівольтметра (8), градуйованого в градусах Цельсія. Утворені при окисненні амоніаку оксиди нітрогену поглинаються в приймачі (9), заповненому водою. Тут утворюється нітратна кислота.

ІХ. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ ТА ОФОРМЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

1. Зібрати установку за рис. 4.1, попередньо ознайомившись з принципом її дії і призначенням кожної деталі.
2. Встановити масу амоніаку в амоніачній суміші ($V=0,5$ л) для чого за допомогою піпетки налити в приймач (9) 20,00 мл розчину $c(\text{HCl}) = 0,0500$ моль/л і повільно пропустити через систему 0,5 л амоніачно-повітряної суміші відкриванням кранів (10) на газометрі і (11) лічильника пухирців. Відтитрувати залишок кислоти в приймачі розчином $c(\text{NaOH}) = 0,0500$ моль/л в присутності фенолфталеїну. Дослід проробити двічі. Зробити відповідні розрахунки:

$$V_1(\text{NaOH}) = \quad \text{мл}$$

$$V_2(\text{NaOH}) = \quad \text{мл}$$

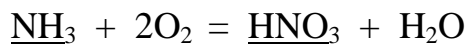
$$V_{\text{сер.}}(\text{NaOH}) = \quad \text{мл}$$

_____ =

$$V_{NH_3} = 20,00 \text{ мл} - V(HCl)_{зал.} =$$

$$3) = \text{—————} =$$

3. Розрахувати теоретичний вихід нітратної кислоти.



$$Mr = 17 \qquad Mr = 63$$

$$M = 17 \text{ г/моль} \qquad M = 63 \text{ г/моль}$$

$$n = 1 \text{ моль} \qquad n = 1 \text{ моль}$$

$$m = 17 \text{ г} \qquad m = 63 \text{ г}$$

$$m(HNO_3)_{теор.} = \text{—————} = \quad (2)$$

4. Увімкнути трубчасту електричну піч, з допомогою реостата довести її температуру до 650°C і пропустити 0,5 л амоніачно-повітряної суміші у приймач з водою ($V(H_2O) = 20,00$ мл) зі швидкістю 4-5 пухирців за секунду. Титруванням 0,0500 М розчином лугу за фенолфталеїном встановити практичну масу нітратної кислоти в приймачі.

$$V_1(NaOH) = \quad \text{мл}$$

$$V_2(NaOH) = \quad \text{мл}$$

—————

$$V_{сер.} (NaOH) = \quad \text{мл}$$

$$3)_{пр.} = \text{—————} =$$

5. З допомогою реостата послідовно довести температуру до 800°C і проробити теж саме, що і в досліді 4 при кожній із вказаних в таблиці температур. Визначити вихід нітратної кислоти:

—————

Температура печі, °С	$V_{\text{ср.}}(\text{NaOH})$, що затрачено на титрування кислоти	$z)_{\text{пр.}}$	(HNO_3) (вихід HNO_3)
650			
700			
750			
800			

6. Встановити оптимальну температуру проведення процесу.

ВИСНОВКИ:

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

I. ТЕМА: Виділення калій хлориду із сильвініту та його аналіз.

II. МЕТА:

1. Методом політермічної кристалізації виділити калій хлорид із сильвініту.
2. Визначити масову частку калій хлориду у вихідній суміші солей та в продукті, одержаному після розділення.

III. НА ЗАНЯТТІ НЕОБХІДНО:

1. Виконати роботу у відповідності до вимог даної методичної розробки.
2. Оформити звіт про виконану роботу і здати його викладачу.

IV. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ:

1. Вивчити теоретичний матеріал з [1] (ст. 253 – 260); [2] (ст. 396 – 401); [3] (ст. 253 – 259); [4] (ст. 101 – 104).
2. Засвоїти методику виконання лабораторної роботи та розрахунків у відповідності до даної методичної розробки.

V. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ:

1. Залежність розчинності речовин від температури. Термодинамічні аспекти даного питання.
2. Розчини, способи вираження концентрації розчинів.
3. Флотаційний метод збагачення сільвініту.
4. Виділення калій хлориду з сільвініту методом політермічної кристалізації.

VI. ПЕРЕЛІК ОБЛАДНАННЯ ТА РЕАКТИВІВ:

- | | |
|-----------------------------|-------------------|
| 1) лійка для гарячого | 2) електроплитка; |
| фільтрування; | |
| 3) стакани на 250 мл та 100 | 4) насос |
| мл; | Камовського; |
| 5) скляний бюкс; | 6) лійка Бюхнера; |
| 7) фільтри паперові; | 8) бюретка; |
| 9) натрій | 10) циліндр; |
| гексанітрокобальтат; | |
| 11) скляна паличка; | 12) ацетатна |
| | кислота 10%; |

13) маточний розчин (насичений водний розчин KCl і NaCl при 20 °C).

VII. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Відокремлення калій хлориду із сильвініту методом політермічної кристалізації ґрунтується на різній залежності розчинності калій і натрій хлоридів від температури (див. рис. 5.1). Розчинність калій хлориду в воді при підвищенні температури стрімко зростає, в той час, як розчинність натрій хлориду змінюється несуттєво. В результаті охолодження розчину сильвініту із нього кристалізується калій хлорид. Маточний розчин залишається насиченим по відношенню до натрій хлориду та калій хлориду за звичайної температури. Подальша обробка сильвініту гарячим маточним розчином приводить до того, що в нього переходить калій хлорид, а натрій хлорид залишається в твердій фазі.

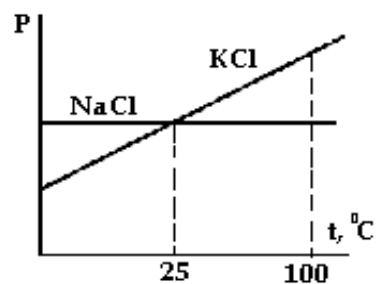


Рис. 5.1 Залежність розчинності KCl і NaCl від температури

VII. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ:

1. На техно-хімічних вагах взяти наважку сильвініту масою 50 г.
2. Розчинити взятую наважку в хімічному стакані на 250 мл в 100 мл маточного розчину, поставити на електроплитку і довести суміш до кипіння, постійно перемішуючи її скляною паличкою.
3. Відфільтрувати розчин над осадом через лійку для гарячого фільтрування, стараючись підтримувати температуру розчину максимальною.
4. Одержаний фільтрат охолодити, спостерігаючи утворення білих кристалів KCl. Відфільтрувати суміш на лійці Бюхнера, попередньо

помістивши в неї паперовий фільтр. Для прискорення процесу фільтрації застосувати насос Камовського.

5. Кристали KCl помістити в чашку Петрі і висушити в сушильній шафі при температурі $\approx 100\text{ }^\circ\text{C}$ до постійної маси.

6. Визначити масову частку KCl в сильвініті, для цього:

а) на аналітичних вагах взяти наважку сильвініту масою 0,1–0,2 г:

маса бюкса з сильвінітом Г

маса бюкса Г

маса сильвініту Г

б) розчинити наважку в 10–12 мл дистильованої води, підкислити 1–2 мл 10%-ної ацетатної кислоти і додати по краплях свіжоприготовлений розчин натрій гексанітрокобальтату до припинення утворення жовтого осаду.

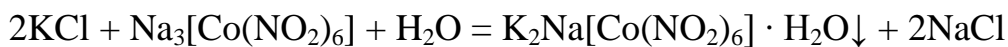
в) відфільтрувати осад через лійку з паперовим фільтром, промити 10% розчином ацетатної кислоти до появи безбарвного фільтрату і висушити за температури $\approx 100\text{ }^\circ\text{C}$, зважити:

маса фільтра з осадом Г

маса фільтра Г

маса осаду Г

ІХ. ОФОРМЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ



$$m(\text{KCl}) = \frac{m(\text{K}_2\text{Na}[\text{Co}(\text{NO}_2)_6] \cdot \text{H}_2\text{O}) \cdot 2M(\text{KCl})}{M(\text{K}_2\text{Na}[\text{Co}(\text{NO}_2)_6] \cdot \text{H}_2\text{O})} =$$

$$= m(\text{K}_2\text{Na}[\text{Co}(\text{NO}_2)_6] \cdot \text{H}_2\text{O}) \cdot f\left(\frac{KCl}{\text{K}_2\text{Na}[\text{Co}(\text{NO}_2)_6] \cdot \text{H}_2\text{O}}\right)$$

$$\eta = \frac{m(\text{KCl})}{m(\text{сильвініту})} \cdot 100\% =$$

Визначити масову частку KCl в висушеному зразку відокремленого

калій хлориду, аналогічно пункту 6:

маса фільтра з осадом	Г
маса фільтра	Г
маса осаду	Г

$$m(KCl) = m(K_2NaCo(NO_2)_6 \cdot H_2O) \cdot f\left(\frac{KCl}{K_2NaCo(NO_2)_6 \cdot H_2O}\right) =$$

$$\eta = \frac{m(KCl)}{m(\text{зразка})} \cdot 100\% =$$

7. Порівняти масову частку калій хлориду в сильвініті та в зразку відокремленого калій хлориду із сильвініту методом політермічної кристалізації.

ВИСНОВКИ:

Лабораторна робота №6

I. ТЕМА: Одержання амоніачної селітри

II. МЕТА: Одержати амоніачну селітру в кристалічному вигляді, визначити її вихід за нітратною кислотою.

III. На занятті необхідно:

1. Виконати роботу у відповідності до вимог даної методичної розробки.
2. Оформити звіт про виконану роботу і здати викладачу.

IV. Завдання для самостійної роботи:

1. Вивчити теоретичний матеріал з [1] (1) стор. 260 – 278; [4] стор. 373 – 386.
2. Засвоїти методику виконання лабораторної роботи та розрахунків у відповідності до даної методичної розробки.

V. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ:

1. Класифікація нітратних добрив.
2. Сировина для виробництва аміачної селітри та карбаміду.
3. Наукові принципи організації хіміко-технологічного процесу на прикладі виробництва амоніачної селітри.
4. Шляхи інтенсифікації процесу випаровування амоніачної селітри у виробничих установках.

VI. ПЕРЕЛІК ОБЛАДНАННЯ І РЕАКТИВІВ:

- 1) установка для одержання амоніачної селітри,
- 2) мірний циліндр місткістю 500 мл,
- 3) Ареометри для вимірювання густини розчинів нітратної кислоти і амоніаку
- 4) пісчана баня,
- 5) фарфорова чашка,
- 6) термометр 200°C
- 7) розчин нітратної кислоти ($w(\%) = 48 - 60$)
- 8) розчин амоніаку ($w(\%) = 25$)
- 9) лакмусовий папір.

VII. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Нітратні добрива поділяються на наступні класи: 1) амоніачні, що містять нітроген у формі катіона (амоній сульфат та фосфат); 2) нітратні, що містять нітроген у формі аніона (кальцій, натрій, калій нітрати); 3) амоніачно-нітратні, що містять нітроген в катіонній та аніонній формі (амоніачна селітра); 4) амідні, що містять нітроген в формі $-NH_2$ (сечовина або карбамід).

Амоніачна селітра отримується шляхом нейтралізації 50 – 60% розчину нітратної кислоти газоподібним амоніаком:



У промисловості теплоту реакції нейтралізації використовують для випаровування води і концентрування розчину амоніачної селітри в апаратах ВТН (використання теплоти нейтралізації), яке проводиться перед подачею плаву амоніачної селітри в грануляційну башту. Грануляція амоніачної селітри проводиться з метою запобігання злежування добрива.

VIII. ОПИС УСТАНОВКИ

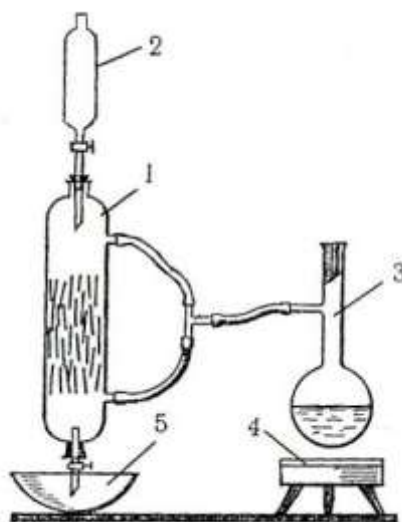


Рис. 6.1. Установа для одержання амоніачної селітри

Амоніачну селітру можна одержати в приладі (рис. 6.1), що складається з реактора 1, що являє собою скляну трубку діаметром 50 – 60 мм та висотою

300 – 400 мм із припаяними знизу і вгорі відводами для приєднання колби Вюрца. У нижню частину реактора укладають скловату і на неї насипають скляну насадку, в верхню частину трубки вставляють на пробці крапельну воронку 2 з розчином нітратної кислоти. Амоніак подається із колби Вюрца 3, де він утворюється за рахунок обережного нагівання на електроплитці 4 його концентрованого розчину. Утворений розчин амоній нітрату збирається фарфорову чашку 5.

ІХ. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ ТА ОФОРМЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

1. Перевірити концентрацію нітратної кислоти і амоніаку. Для цього розчин обережно наливають в циліндр і за допомогою ареометрів визначають густину. За довідником знаходять масову частку нітратної кислоти і амоніаку в розчинах. Вона повинна становити 48 – 60% для нітратної кислоти і не менше 25% для розчину амоніаку.
2. Встановити масу фарфорової чашки. (зробити відповідний запис в пункті 9).
3. У крапельну воронку 2 налити 10 мл нітратної кислоти, а в колбу Вюрца 3 – 50 мл розчину амоніаку. Колбу Вюрца закрити пробкою і обережно нагріти на електроплитці. Після того як амоніак починає поступати в нейтралізатор, відкрити кран крапельної воронки і повільно, по краплях пропускати через нейтралізатор нітратну кислоту.
4. Амоніачна селітра, що утворюється у вигляді білого туману конденсується і неперервно стікає в нижню частину реактора, а звідти в фарфорову чашку.
5. Закінчивши приливати кислоту, закрити кран крапельної воронки і продовжувати ще кілька хвилин пропускати амоніак.
6. Перевірити лакмусовим папірцем кислотність розчину амоніачної селітри. У разі почервоніння папірця (кисле середовище), розчин

амоніачної селітри перелити в крапельну воронку і знову пропустити через нейтралізатор, не припиняючи подачу амоніаку. Цю операцію проводити до появи лужної реакції розчину.

7. Припинити подачу амоніаку із колби Вюрца, промити крапельну воронку і нейтралізатор 3 – 4 рази порціями води по 5 мл. Промивні води приєднати до розчину амоніачної селітри.
8. На пісчаній бані провести випарювання розчину амоніачної селітри. Випарювання проводити за температури 160°C, при постійному перемішуванні скляною паличкою.
9. Після охолодження і кристалізації амоніачної селітри зважити чашку і вирахувати практичну масу одержаної селітри

$$m(\text{чашки з селітрою}) = \quad \text{г}$$

$$m(\text{чашки}) = \quad \text{г}$$

$$m(\text{NH}_4\text{NO}_3)_{\text{практ.}} = \quad \text{г}$$

10. Розрахувати теоретичний вихід амоніачної селітри за нітратною кислотою:

$$m(\text{HNO}_3) = V(\text{HNO}_3_{\text{водн.}}) \cdot \rho(\text{HNO}_3_{\text{водн.}}) \cdot w(\text{HNO}_3) =$$

$$m(\text{NH}_4\text{NO}_3)_{\text{теор.}} = m(\text{HNO}_3) \cdot \frac{M(\text{NH}_4\text{NO}_3)}{M(\text{HNO}_3)} = m(\text{HNO}_3) \cdot f_{\text{NH}_4\text{NO}_3/\text{HNO}_3} =$$

$$\frac{\quad}{\quad} =$$

ВИСНОВКИ:

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7

I. ТЕМА: Одержання суперфосфату

II. МЕТА: Одержати простий суперфосфат, визначити його вихід.

III. НА ЗАНЯТТІ НЕОБХІДНО:

1. Виконати роботу у відповідності до вимог даної методичної розробки.
2. Оформити звіт про виконану роботу і здати його викладачу.

IV. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ:

1. Вивчити теоретичний матеріал з [1] (1)стор. 278 – 304, [4] стор. 386 – 396, 420 – 422.

V. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ:

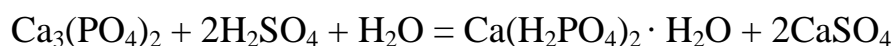
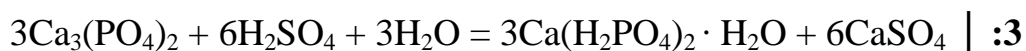
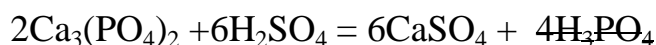
1. Сировина суперфосфатного виробництва.
2. Способи одержання фосфатної кислоти.
3. Хімізм процесу одержання простого та подвійного суперфосфату.
4. Дозрівання простого суперфосфату. Камера дозрівання.
5. Хімізм процесу виробництва преципітату.
6. Методика приготування розчинів із заданою масовою часткою із більш концентрованих розчинів, наявних у лабораторії.

VI. ПЕРЕЛІК ОБЛАДНАННЯ ТА РЕАКТИВІВ:

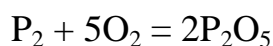
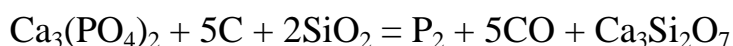
- 1) скляний стакан
- 2) фарфоровий стакан
- 3) фарфорова ступка
- 4) циліндр 500 мл.
- 5) ареометр
- 6) фосфорит
- 7) розчин сульфатної кислоти ($\omega = 62 - 64\%$)

VII. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

До фосфорних добрив відносять простий ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{CaSO}_4$) та подвійний ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) суперфосфати, преципітат ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), амофоси і нітрофоска. Для виробництва цих добрив використовують апатитні і фосфоритні руди. При їх обробці сульфатною кислотою утворюється продукт, що містить 18 – 20 % P_2O_5 , який називають простим суперфосфатом. Реакція протікає у дві стадії – на першій утворюється фосфатна кислота, яка на другій стадії при взаємодії з фосфоритом утворює кальцій дигідрофосфат:



При обробці апатиту або фосфориту безпосередньо фосфатною кислотою утворюється подвійний суперфосфат, що не містить баластного кальцій сульфату, внаслідок чого вміст в ньому P_2O_5 досягає понад 50%. Фосфатна кислота, необхідна для цього виробництва, одержується при обробці руд, що містять фосфор, екстракційним методом за допомогою сульфатної кислоти (див. рівняння *) та термічним методом:



VIII. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ ТА ОФОРМЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

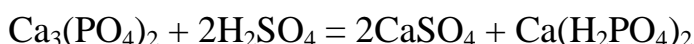
1. Взяти наважку фосфориту масою 10 – 15 г:

Маса скляного стакана = г

Маса стакана с фосфоритом = г

Маса фосфориту = г

2. За рівнянням реакції розрахувати необхідну кількість сульфатної кислоти на взятую наважку фосфориту. Так як у вихідній сировині завжди присутні домішки, на розкладання яких використовується сульфатна кислота, то її необхідно взяти з 5 – 10% надлишком по відношенню до стехіометричної кількості.



$$m(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{теор.}} = m(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) \cdot \frac{2 \cdot M(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2)} =$$

$$m(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) \cdot f \cdot \frac{2 \cdot M(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2)} = \text{г}$$

З урахуванням втрат це становить:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{прак.}} = m(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{теор.}} / 0,95 = \text{г}$$

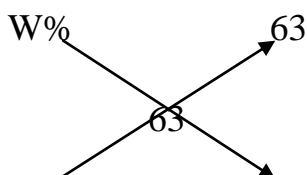
3. Для одержання простого суперфосфату використовують 62 – 64% розчин сульфатної кислоти. Для цього необхідно визначити за допомогою ареометра густину розчину (наявного в лабораторії), за таблицею залежності $\omega = f(\rho)$ установити масову частку сульфатної кислоти в лабораторному розчині і розрахувати масу і об'єм лабораторного розчину, необхідного для реакції:

$$\rho(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{лабор}} = \quad \quad \quad W(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{лабор}} =$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{лабор}} = m(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{прак.}} / W(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{лабор}} =$$

$$V(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{лабор}} = m(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{лабор}} / \rho(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{лабор}} =$$

За правилом хреста визначити масу води, необхідну для приготування 62 – 64% розчину:



о х

$$63 : x = m(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{лабор}} : m(\text{H}_2\text{O})$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = x \cdot m(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{лабор}} / 63 = \quad (\text{г або мл})$$

- Зважити фарфоровий стакан (зробити запис в пункті б) і приготувати в ньому робочій розчин сульфатної кислоти, пам'ятаючи, що відміряний піпеткою розрахований об'єм лабораторної кислоти необхідно додати до вирахованого об'єму води, а не навпаки.
- Нагріти розчин сульфатної кислоти до 50 – 60 °С. Потім перемішуючи впродовж 10 – 12 хв., окремими порціями пересипати в стакан наважку фосфатної сировини, продовжити перемішувати 10 – 15 хв., поставити в термостат і витримати 1 – 1,5 год. за температури 100 – 110 °С.

Всі операції по одержанню суперфосфату здійснюють в окулярах і в гумових рукавицях!

- Після охолодження до кімнатної температури стакан із суперфосфатом зважити і за різницею мас визначають масу суперфосфату і його вихід, попередньо обрахувавши теоретичну масу суперфосфату за рівнянням:

$$\text{Маса фарфорового стакану} = \quad \text{г}$$

$$\text{Маса стакану з суперфосфатом} = \quad \text{г}$$

$$\text{Маса суперфосфату практ.} = \quad \text{г}$$

$$m [(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{CaSO}_4)]_{\text{теор}} =$$

$$m[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2] \cdot f (\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{CaSO}_4) / \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 =$$

$$m[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2] \cdot M(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{CaSO}_4) / M(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2)$$

$$\eta = m(\text{суперфосфат})_{\text{практ.}} / m(\text{суперфосфат})_{\text{теор.}}$$

ВИСНОВКИ:

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

I. ТЕМА: Електроліз розчину натрій хлориду бездіафрагменним методом.

II. МЕТА:

1. Провести електроліз водного розчину натрій хлориду за заданих параметрів.
2. Визначити вихід за струмом, вихід за енергією та коефіцієнт витрати електроенергії.

III. НА ЗАНЯТТІ НЕОБХІДНО:

1. Виконати роботу у відповідності до вимог даної методичної розробки.
2. Оформити звіт про виконану роботу і здати його викладачу.

IV. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ:

1. Вивчити теоретичний матеріал з [1] (1) (ст. 329 – 356); [4] (ст. 413 – 418).
2. Засвоїти методику виконання лабораторної роботи та розрахунків у відповідності до даної методичної розробки.

V. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ:

1. Що називається електролізом ? Закони електролізу.
2. Механізм і послідовність виділення продуктів електролізу. Ряд

напруг.

3. Що таке вихід за струмом та вихід за енергією? Напруга розкладу, перенапруга.
4. Хімічний та електрохімічний еквівалент.
5. Електроліз розплаву і розчину натрій хлориду. Процеси, що протікають на електродах. Будова електролізера. Бездіафрагменний та діафрагменний метод
6. Електроліз розчину натрій хлориду на ртутному катоді.
7. Реакції окиснення-відновлення. Урівнювання методом електронного балансу та напівреакцій

V. ПЕРЕЛІК ОБЛАДНАННЯ ТА РЕАКТИВІВ:

- 1) Колби для титрування
- 2) електролізер;
(2 шт);
- 3) піпетка, бюретка,
- 4) кулонометр,
лійка;
- 5) натрій хлорид – 300 г/л;
- 6) вольтметр;
амперметр;
- 7) розчин KI 10%-ний;
- 8) реостат;
- 9) розчин $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1000 моль/л;
- 10) розчин H_2SO_4 10%-ний;
- 11) суміш для заливання кулонометра (CuSO_4 – 125 г/л, H_2SO_4 – 50 г/л, етиловий спирт 20 г/л).

VII. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Електроліз – окисно-відновний процес, що протікає у разі накладання на електроди достатнього потенціалу від зовнішнього джерела постійного електричного струму.

В електроліті під дією полярних молекул розчинника або високої

температури відбувається процес електролітичної дисоціації:



При накладанні потенціалу від зовнішнього джерела постійного струму, до електродів за законами електростатичної взаємодії мігрують утворені йони:

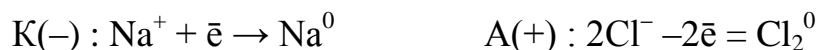


Якщо, потенціал, накладений на електроди достатній, то окисно-відновний процес починається. Слід зазначити, що для розрядження будь-якого катіона на катоді потрібно, щоб потенціал розрядження перевищував потенціал, який виникає при рівноважному розчиненні цього металу, тобто був більш негативним, ніж рівноважний потенціал оборотної реакції. Потенціал розрядження аніонів, навпаки, повинен бути більш позитивним, ніж рівноважний потенціал оборотної реакції.

Потенціал розрядження йонів внаслідок виникнення явищ перенапруги значно відрізняється від оборотних електродних потенціалів за тих самих умов. Різницю між дійсним потенціалом розрядження йонів при електролізі і значенням оборотного потенціалу для стану рівноваги називають перенапругою на даному електроді. Перенапругу зменшують зниженням густини струму, збільшенням поверхні електродів, застосуванням електродів з губчастою і матовою поверхнею, підвищенням температури електроліту та іншими засобами. Зниження перенапруги на ванні за рахунок зменшення густини струму призводить одночасно до зменшення продуктивності електролітичної ванни. Тому для кожного типу ванн встановлюють

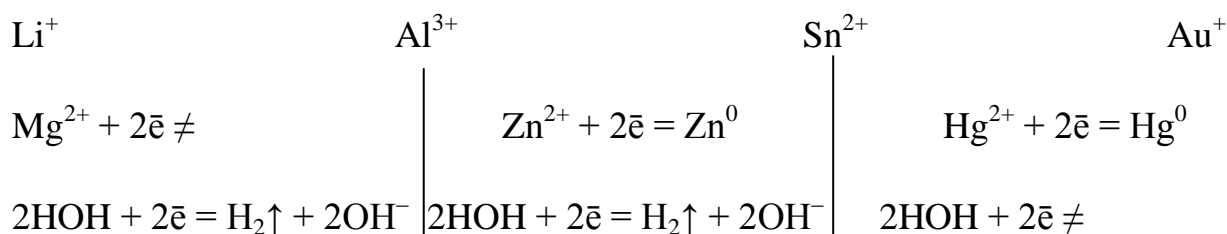
оптимальну густину струму, зниження якої, незважаючи на можливість зниження напруги, стає економічно не вигідним.

Окисно-відновний процес у розплаві NaCl здійснюється за схемою:

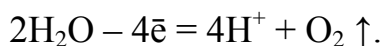


Таким чином, на катоді, в розглянутому прикладі виділяється металічний натрій, на аноді – газуватий хлор. В разі, коли електроліт – складна система і містить конкуруючі компоненти, порядок відновлення на катоді можна передати схемою:

Ряд стандартних електродних потенціалів



На аноді у водних розчинах, насамперед, будуть окиснюватися безкисневі аніони, а саме: Cl^- , Br^- , I^- , S^{2-} . В присутності кисневмісних аніонів іде процес окиснення води за схемою:



Кількісні співвідношення при електролізі див. теоретичну частину до лабораторної роботи № 9.

VIII. ОПИС УСТАНОВКИ І ПРОЦЕСІВ, ЩО ВІДБУВАЮТЬСЯ В НІЙ

Одним із варіантів проведення електролізу водного розчину натрій хлориду є процес в електролізері з нерозділеним анодним і катодним простором, що здійснюється за інтенсивного перемішування електроліту. В якості електродних матеріалів використовується графітовий анод і свинцевий катод (див. рис. 8.1).

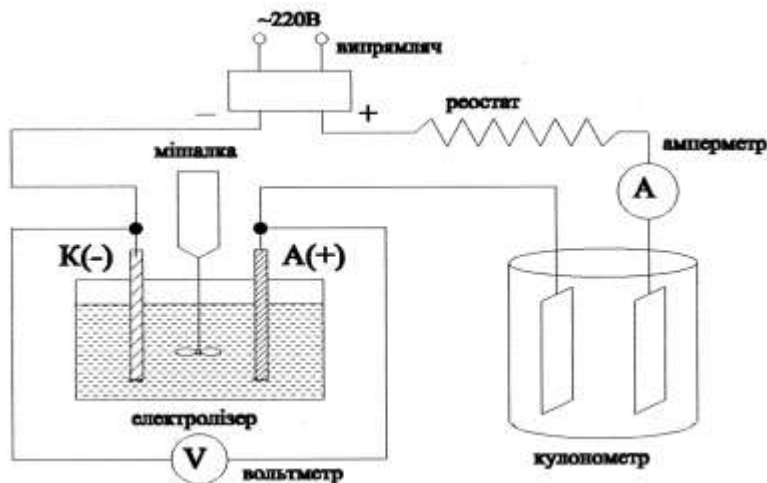


Рис. 8.1 *Схема установки для проведення електролізу водного розчину NaCl.*

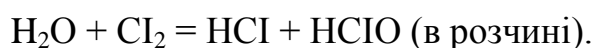
Процес, що відбувається в електролізері, можна виразити схемою:

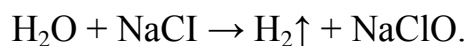
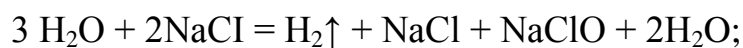


Катод (-): $2 \text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} = \text{H}_2\uparrow + 2 \text{OH}^-$ (на електроді);



Анод (+): $2\text{Cl} - 2\bar{e} = \text{Cl}_2^0 \uparrow$ (на електроді);





Одержаний в такий спосіб натрій хлорат(І) знаходить широке використання в якості дезинфікуючого і відбілюючого засобу.

ІХ. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ ТА ОФОРМЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

1. Почистити, помити і висушити катод кулометра і зважити його на аналітичних терезах. Результати зважування записати в пункті 6.
2. Залити кулометр електролітом (CuSO_4 , H_2SO_4 , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) і занурити електроди.
3. Залити в електролізер 500 см^3 дистильованої води, зважити 10 г натрій хлориду і висипати в електролізер. Ввімкнути магнітну мішалку і розчинити наважку NaCl .
4. Зібрати установку, занурити електроди і після перевірки установки викладачем або лаборантом ввімкнути джерело струму. Встановити за допомогою реохорда силу струму, рівну 0,5–0,8 А. Проводити електроліз фіксований термін часу ($\approx 1,5$ години).
5. В ході роботи 3 рази записати значення напруги електролізу, потім розрахувати її середнє значення:

$$U_1 =$$

$$U_2 =$$

$$U_3 =$$

$$U_{\text{сеп}} =$$

6. Після закінчення процесу електролізу струм вимкнути і визначити масу катода кулонометра:

$$m \text{ (катода після електролізу)} =$$

$$m \text{ (катода до електролізу)} =$$

$$m \text{ (Cu)} =$$

7. Установити масу одержаного натрій гіпохлорату(I). Для цього відібрати піпеткою пробу електроліту об'ємом 50 мл в колбу для титрування, додати 10 мл розчину (10%-ного) КІ і 10 мл 10%-ного розчину H_2SO_4 і відтитрувати йод, що виділився, розчином натрій тіосульфату з концентрацією 0,1 моль/л. Титрування провести ще раз і для розрахунків взяти середнє значення.

$$V_1(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) =$$

$$V_2(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) =$$

$$\overline{V_{\text{сер.}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)} =$$

Розрахувати масу NaClO за формулою:

$$m(\text{NaClO})_{\text{пракм.}} = \frac{M(\frac{1}{2} \text{NaClO}) \cdot V_{\text{сер.}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{1000} \cdot \frac{250}{10} =$$

8. За II законом Фарадея визначити теоретичну масу натрій гіпохлорату(I), що повинна була б утворитись:

$$m(\text{NaClO})_{\text{теор.}} = \frac{m(\text{Cu}) \cdot M(\frac{1}{2} \text{NaClO})}{M(\frac{1}{2} \text{Cu})} =$$

9. Теоретичний вихід натрій гіпохлорату(I) можна також обрахувати за формулою, в якій об'єднано обидва закони Фарадея:

$$m(\text{NaClO})_{\text{теор.}} = \frac{I \cdot \tau \cdot M(\frac{1}{2} \text{NaClO})}{F} = ,$$

де I - сила струму, А; τ - час електролізу, год; F - стала Фарадея, рівна 26,8 А·год/моль.

10. Дані про кількість натрій гіпохлориту, одержані при розрахунках в пунктах (8) і (9) слід порівняти, щоб переконатися у правильності розрахунків.

11. Розрахувати вихід за струмом:

$$\eta = \frac{m(\text{NaClO})_{\text{пр.}}}{m(\text{NaClO})_{\text{теор.}}} \cdot 100\%.$$

12. Практично витрачену кількість енергії визначають за допомогою експерименту:

$$W_{\text{пр.}} = Q \cdot U_{\text{пр.}} = I \cdot \tau \cdot U_{\text{пр.}}; \quad \text{Вт} \cdot \text{год},$$

де $U_{\text{пр.}}$ – дійсна напруга на ванні ($U_{\text{сер}}$ з п. 5), В; I – сила струму, А; τ – час, год.

13. Розрахувати теоретично витрачену кількість енергії:

$$W_{\text{теор.}} = \frac{m(\text{NaClO})_{\text{пр.}} \cdot F \cdot U_{\text{теор.}}}{M(\frac{1}{2} \text{NaClO})}; \quad \text{Вт} \cdot \text{год}.$$

(Теоретична електрорушійна сила розкладу натрій хлориду $U_{\text{теор.}} = 2,171$ В).

14. Далі визначають вихід за енергією або ступінь використання енергії μ :

$$\mu = \frac{W_{\text{теор.}}}{W_{\text{практ.}}} \cdot 100\%.$$

15. Витрату енергії на вагову одиницю продукту електролізу – коефіцієнт витрати енергії β – визначають за формулою:

$$\beta = \frac{W_{\text{практ.}}}{m(\text{NaClO})_{\text{практ.}}}; \quad \text{кВт} \cdot \text{год} / \text{кг}.$$

ВИСНОВКИ:

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

I. ТЕМА: Електролітичне рафінування міді.

II. МЕТА: Дослідити вплив величини густини струму на процес рафінування міді та визначити вихід міді за струмом.

III. НА ЗАНЯТТІ НЕОБХІДНО:

1. Виконати роботу у відповідності до вимог даної методичної розробки.
2. Оформити звіт про виконану роботу і здати його викладачу.

IV. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ:

1. Вивчити теоретичний матеріал з [1] (1) (ст. 329 – 337).
2. Засвоїти методику виконання лабораторної роботи та розрахунків у відповідності до даної методичної розробки.

V. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ:

1. Електроліз водних розчинів і розплавів.

2. Механізм і послідовність виділення продуктів електролізу. Ряд напруг.
3. Основні технологічні показники електролізу: вихід за струмом, вихід за енергією, коефіцієнт використання енергії, напруга розкладу, перенапруга.
4. Принцип апаратного оформлення електрохімічних процесів.

VI. ПЕРЕЛІК ОБЛАДНАННЯ ТА РЕАКТИВІВ:

- 1) Прилад Гарачкіна (анод і катод – мідні);
- 2) набір провідників;
- 3) амперметр;
- 4) реостат;
- 5) випрямляч;
- 6) наждачний папір;
- 7) фільтрувальний папір;
- 8) спирт або ацетон;
9. розчин електроліту (CuSO_4 – 125 г/дм³, H_2SO_4 – 50г/дм³, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ – 20 см³/дм³).

VI. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Хімічні процеси, що протікають під дією постійного електричного струму, називаються електрохімічними (див. теоретичну частину до лабораторної роботи № 8) і ґрунтуються на законах Фарадея. У відповідності до першого закону Фарадея маси речовин, що виділяються на електродах або розкладається в ході електролізу, прямо пропорційна кількості електрики, що пройшла через електроліт:

$$m(X) = \frac{M(X) \cdot I \cdot t}{z \cdot F} ,$$

де $m(X)$ – маса речовини X , що виділилася або розклалася, г; $M(X)$ – молярна маса речовини X , г/моль; I – сила струму, А; t – час електролізу, с; секундах; z – кількість електронів, що беруть участь в окисно-відновному процесі, F – стала Фарадея 96500 Кл/моль.

Як на катоді так і на аноді продуктами електрохімічної реакції можуть бути газуваті речовини, в такому разі більш зручною формулою для обрахунків буде:

$$V(X) = \frac{V_m(f(X)X) \cdot I \cdot t}{F},$$

де $V(X)$ – об'єм газу, що виділився на електроді, $V_m(f(X)X)$ – молярний об'єм еквівалента газу, що виділяється на електроді, $f(X)$ – фактор еквівалентності речовини X в електрохімічних процесах визначається як обернена величина до кількості електронів, що беруть участь в окисно-відновному процесі.

За другим законом Фарадея при однаковій кількості електрики маси речовин, що виділились в результаті електролізу різних електролітів, пропорційні відношенню молярних мас еквівалентів речовин:

$$\frac{m(X)}{m(Y)} = \frac{M(f(X)X)}{M(f(Y)Y)} \quad \text{або} \quad \frac{m(X)}{M(f(X)X)} = \frac{m(Y)}{M(f(Y)Y)} = n(f(X)X) = n(f(Y)Y).$$

Іншими словами, при проходженні через розчин електроліту однакової кількості електрики кількість моль еквівалентів речовин, що виділяються на електродах або розкладаються при електролізі є сталою. Справедливою є також формула:

$$\frac{V(X)}{V_m(f(X)X)} = \frac{m(Y)}{M(f(Y)Y)}.$$

Для оцінки процесу електролізу показниками є вихід за струмом і витрата енергії. Вихід за струмом η визначається за формулою:

$$\eta = \frac{m_{\text{практ.}}}{m_{\text{теор.}}} = \frac{m_{\text{практ.}} \cdot F}{M(f(X)X) \cdot I \cdot t}$$

Витрата енергії виражається в Джоулях і розраховується за формулою:

$$W = \frac{V \cdot I \cdot t}{m},$$

де V – напруга електролізу, B ; m – маса практично одержаної речовини, г.

VIII. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ ТА ОПИС УСТАНОВКИ

1. Перед кожним дослідом ретельно очистити поверхню мідних електродів за допомогою наждачного паперу. Обробити поверхню катода спиртом або ацетоном, просушити його листами фільтрувального паперу.

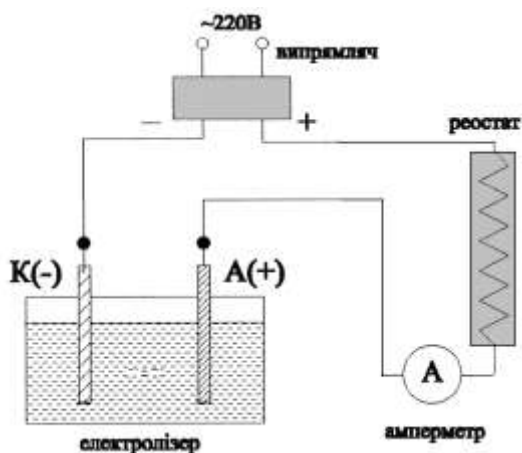


Рис. 9.1. Схема установки для електролітичного рафінування міді

2. Зважити катод на аналітичних терезах. Результат записати в таблицю.

3. Виміряти площу катода занурену в електроліт в дм^2 , пам'ятаючи, що рафінування відбувається з обох сторін катода.

4. Розрахувати густину струму, яка матиме місце при кожній із заданих величин сили струму за формулою:

$$i_{\text{кат}} = \frac{I_{\text{кат.}}}{S_{\text{кат.}}},$$

де $i_{\text{кат.}}$ – густина катодного струму, А/дм^2 ; $S_{\text{кат.}}$ – робоча поверхня катода в дм^2 .

5. Зібрати коло у відповідності до схеми (див. рис. 9.1, **правильність перевірити у викладача або лаборанта !**). Ввімкнути електричний струм, установити за допомогою реостата необхідну силу струму. Вести електроліз

кожного разу подовж 30 хвилин.

6. Промити катод, просушити його, зважити на аналітичних терезах, результат записати в таблицю 9.1

Таблиця 9.1

Сила струму, А	Густина струму, А/дм ²	Маса катоду, г		Маса Cu, що виділилась на катоді, г	Тривалість електролізу, сек.	Вихід за струмом, η
		до елект-ролізу	після елект-ролізу			
1						
1,5						
2						

7. Розрахувати вихід міді за струмом у кожному із трьох випадків за формулою:

$$\eta(\text{Cu}) = \frac{m(\text{Cu}) \cdot F}{I \cdot \tau \cdot M(\frac{1}{2} \text{Cu})}$$

де $\eta(\text{Cu})$ – вихід міді за струмом; $m(\text{Cu})$ – маса міді, що виділилась на катоді; F – стала Фарадея, рівна 96500 Кл/моль; τ – час електролізу, с; $M(\frac{1}{2} \text{Cu})$ – молярна маса еквівалента міді, г/моль.

8. Скласти схеми електролітичних процесів, що відбуваються на

електродах.

ВИСНОВКИ:

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10

I. ТЕМА: Одержання металів.

II. МЕТА: Одержати алюмінотермічним методом Fe – Cr сплав та відновити вугіллям мідь із її оксиду.

III. НА ЗАНЯТТІ НЕОБХІДНО:

1. Виконати роботу у відповідності до вимог даної методичної розробки.
2. Оформити звіт про виконану роботу і здати його викладачу.

IV. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ:

1. Вивчити теоретичний матеріал з [1] (2) стор. 3 – 15.
2. Оформити звіт про виконану роботу здати його викладачу.

V. КОНТОЛЬНІ ПИТАННЯ:

1. Галузі застосування металів.
2. Наведіть промислову класифікацію металів.
3. Руда та її хімічний склад.
4. Що таке металоносність родовища?

5. Наведіть загальну схему виробництва металів із руд.

6. Вкажіть особливість гідрометалургійного, гідроелектрометалургійного, пірометалургійного та електропірометалургійного методу відновлення металів із їх сполук.

7. Способи одержання металів надвисокої чистоти. Їх сутність.

VI. ОБЛАДНАННЯ ТА РЕАКТИВИ:

1) фарфорові тиглі об'ємом 50 – 70 см³.

2) підставка з піском.

3) фарфорова ступка.

4) оксиди: заліза (III), хрому (III), міді (II), алюміній.

5) деревне вугілля.

6) запалювальна шихта (2,22 в. ч. KNO₃ + 1 в. ч. Al пудра).

VII. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Метали зустрічаються в природі як у вільному стані (саморідні метали), так і, переважно, у вигляді хімічних сполук.

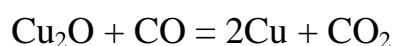
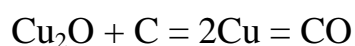
САМОРИДНІ МЕТАЛИ. Це найменш активні метали. Типовими представниками є золото і платина. Такі метали, як срібло, ртуть, олово зустрічаються у природі в саморідному стані і у вигляді сполук. Решта металів (що стоять у ряду металів до олова) існують у природі тільки у вигляді сполук з іншими елементами.

ПРИРОДНІ СПОЛУКИ МЕТАЛІВ. Мінеральні і гірські породи, що містять метали або їх сполуки і придатні для промислового добування металів, називають рудами. Найважливішими рудами металів є їх оксиди і солі (сульфіди, сульфати, карбонати та інші). Руди що містять сполуки двох і більше металів, називаються поліметалічними.

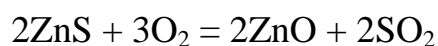
ДОБУВАННЯ МЕТАЛІВ.

Металургія – це наука про промислові способи добування металів з природної сировини. Сучасна металургія добуває понад 75 металів та на їх основі багато різноманітних сплавів. Залежно від способів добування металів розрізняють піро – , гідро – і електрометалургію.

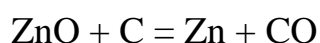
Пірометалургія посідає провідне місце у металургії. Вона охоплює способи добування металів із руд за допомогою реакцій відновлення, які відбуваються при високих температурах. Як відновники застосовують вугілля, активні метали, карбон (II) оксид, дигідроген, метан. В основу цього методу покладено реакцію відновлення металу з його оксиду. Так, наприклад, вугілля і карбон (II) оксид відновлюють мідь з червоної мідної руди (куприту) Cu_2O :



В тих випадках, коли руда є сульфідом металу, її спочатку переводять у оксид окислювальним випалюванням

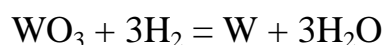
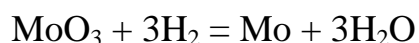


а потім оксид металу відновлюють вугіллям:

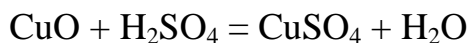


Відновлення металів з їх сполук іншими металами, хімічно активнішими, називається металотермією. Ці процеси також відбуваються за підвищених температур: як відновники застосовують алюміній, магній, кальцій, натрій, а також неметал кремній. Коли відновником є алюміній, процес називається алюмінотермією. Металотермією добувають ті метали, які при відновленні їх оксидів карбоном утворюють карбіди. Це марганець, хром, титан, молібден, вольфрам та ін.

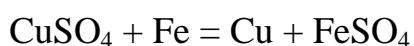
Іноді метали з їх оксидів відновлюють дигідрогеном:



Гідрометалургія охоплює способи добування металів із розчинів їх солей. При цьому метал, що входить до складу руди, спочатку переводять у розчин за допомогою відповідних реагентів, а потім добувають його з цього розчину:



Далі мідь одержують із розчину або електролізом, або витісненням залізом:



Спосіб має велике майбутнє, бо він дає можливість добувати метали не піднімаючи руду на поверхню.

Гідрометалургійним способом добувають золото, срібло, цинк, кадмій, молібден, уран та ін..

Електрометалургія охоплює способи добування металів за допомогою електричного струму, тобто шляхом електролізу. Цим способом добувають головним чином легкі метали, зокрема, натрій, калій, алюміній.

Електроліз використовується також для очистки деяких металів. З очищеного металу виготовляють анод. При електролізі анод розчиняється, йони металу переходять у розчин, а на катоді вони електрохімічно осаджуються. Так добувають чисті метали: мідь, срібло, залізо, нікель, свинець і багато інших.

Сучасній надпровідниковій і атомній техніці необхідні метали дуже високої чистоти (вміст домішок близько 10^{-8} % і менше) Найважливішими методами глибокої очистки металів є: зонна плавка, розкладання летких сполук металів на нагрітій поверхні, переплавлення металів у вакуумі, метод напавленої кристалізації, порошкова металургія тощо.

VIII. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ ТА ОФОРМЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

Одержання ферохрому методом алюмінотермії

1. На технохімічних вагах взяти наважки компонентів шихти:

Маса Fe_2O_3 – 3,7 г

Маса Cr_2O_3 – 6,3 г

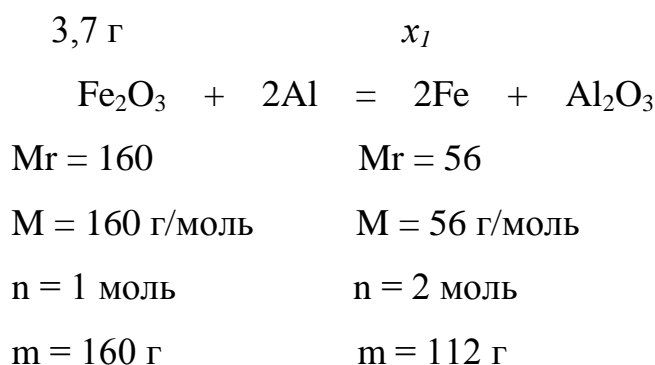
Маса Al – 3,5 г

Ретельно перемішати їх в ступці і пересипати у фарфоровий тигель, дно якого усипане шаром вугілля.

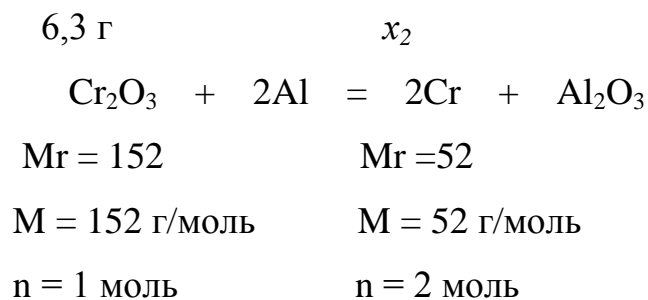
2. Верх шихти засипати тонким шаром (1 – 2 мм) запалювальної шихти, яка готується при змішуванні і ретельному перетиранні 2,25 в. ч. калій нітрату і 1 в. ч. алюмінієвої пудри (готує лаборант).
3. Помістити тигель на піщану баню і підпалити від магнієвої стрічки лучинкою. Реакція проходить з сильним розбризуванням розпечених частинок, тому її необхідно проводити в витяжній шафі з дотриманням всіх правил протипожежної безпеки.
4. Після охолодження одержаних продуктів вилучити корольок сплаву із тигля, відбити молотком шлаки від металу і метал зважити.

$m(\text{ферохрому})_{\text{практ.}} = \quad \text{г}$

5. Розрахувати теоретичну масу феррохрому і вихід продукту:



$$x_1 = \frac{\quad}{\quad} =$$



$$m = 152 \text{ г}$$

$$m = 104 \text{ г}$$

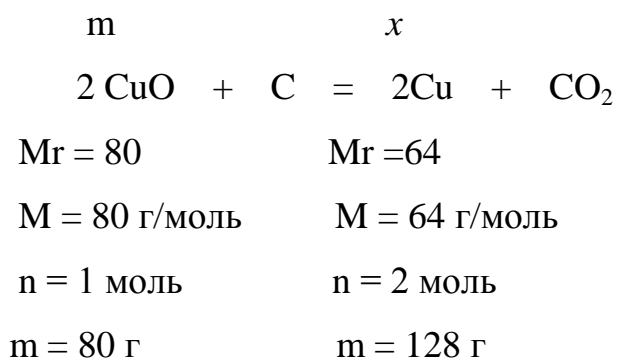
$$x_2 = \text{————} =$$

$$m (\text{феррохрому})_{\text{теор.}} = x_1 + x_2 =$$

$$\eta = m (\text{феррохрому})_{\text{практ.}} / m (\text{феррохрому})_{\text{теор.}} =$$

Відновлення вугіллям міді з її оксиду.

1. На технохімічних вагах взяти наважку купрум (II) оксиду
Маса бюкса - г
Маса бюкса з наважкою - г
Маса наважки - г
2. Деревне вугілля подрібнити до вугільного пилу.
3. Суміш оксиду і вугілля перемішати на листку паперу і перекласти в тигель, дно якого засипане шаром вугілля. Зверху суміш засипати шаром вугілля товщиною 3 – 4 см. Щільно закрити тигель кришкою або куском асбеста і помістити в електропіч.
4. Реакцію проводити за температури 1100 °С подовж 10 – 12 хв.
5. Вийняти тигель з електропечі, після його охолодження (керамічна плитка та ексікатор відокремить метал від вугілля, шляхом зважування установити масу металу.
6. Розрахувати теоретичну масу міді і вихід продукта:



$$m (\text{Cu})_{\text{теор.}} =$$

$$\eta = m (\text{Cu})_{\text{практ.}} / m (\text{Cu})_{\text{теор.}} =$$

ВИСНОВКИ:

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11

I. ТЕМА: Перегонка нафтопродуктів.

II. МЕТА:

1. Здійснити фракційну перегонку нафтопродуктів.
2. Визначити масову частку бензину, лігроїну, газойлю в суміші.

III. НА ЗАНЯТТІ НЕОБХІДНО:

1. Виконати роботу у відповідності до вимог даної методичної розробки.
2. Оформити звіт про виконану роботу і здати його викладачу.

IV. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ:

1. Вивчити теоретичний матеріал з [1] (2) (ст. 107 – 229); [4] (ст. 457 – 494).
2. Засвоїти методику виконання лабораторної роботи та розрахунків у відповідності до даної методичної розробки.

V. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ:

1. Склад нафти різних родовищ. Родовища нафти на Україні.
2. Підготовка нафти до переробки.
3. Фізичні і хімічні методи переробки нафти.

4. Атмосферно-вакуумна установка для перегонки нафти.
5. Товарні нафтопродукти, їх значення для народного господарства.
6. Октанове число бензину і методи його підвищення.
7. Коксування кам'яного вугілля.
8. Напівкоксування.

V. ПЕРЕЛІК ОБЛАДНАННЯ ТА РЕАКТИВІВ:

- 1) Нафта технічна; 2) .хімічний стакан;
- 3). установка для перегонки нафтопродуктів;
- 4). конічні колби на 100 мл – 2 шт.

VII. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Нафта – однорідна рідка горюча корисна копалина. Вона являє собою маслянисту рідину, що має забарвлення від жовтого до темно-коричневого, іноді чорного кольору, легше води (густина від 0,45 до 0,95 г/см³). Елементний склад нафти із різних родовищ досить постійний і змінюється лише в вузьких межах: 84 - 87% С, 12 - 14% Н, 0,5 - 2% О, N, S. Проте зустрічаються нафти і з більш високим вмістом сірки — до 5%. Нафти являють собою складні суміші великої кількості органічних сполук. Основну частину всіх нафт (до 80 – 95% по масі) складають рідкі і тверді вуглеводні, що знаходяться в розчиненому стані, що належать до жирного (насичені вуглеводні складу С₅ – С₂₅), аліциклічного (нафтени) і ароматичного ряду, а також розчинені в нафті газоподібні алкани – від метану до бутану.

Ненасичені вуглеводні жирного ряду в нафтах не містяться.

Нафта як паливо безпосередньо майже не використовується, а переробляється в товарні нафтопродукти. Внаслідок складності складу нафта переганяється в широкому інтервалі температур.

Перш ніж піддати нафту перегонці, її із свердловин направляють по трубопроводах у газовідділювачі – сталеві вертикальні циліндри, де тиск знижується до атмосферного. При цьому із нафти виділяється попутний нафтовий газ. В нафті міститься вода з розчиненими в ній солями в вигляді стійкої емульсії, яку руйнують на електро-обезсолюючих установках (ЕЛОУ).

Зараз фракційна перегонка (пряма гонка) нафти здійснюється в вигляді неперервного процесу в так званих атмосферних трубчатих установках, основними апаратами яких є трубчата піч та ректифікаційна колона.

У трубчатій печі за рахунок теплоти, що виділяється при спалюванні нафтового газу або рідкого котельного палива, нафта нагрівається до досить високої температури, але до такої за якою ще не спостерігається розклад (крекінг) вуглеводнів. У ректифікаційній колоні суміш парів вуглеводнів відокремлюється від залишку, що не випарився і розділяється на фракції шляхом ректифікації в присутності перегрітого водяного пару при атмосферному тиску. Метод відокремлення базується на різних температурах кипіння компонентів нафтової суміші.

Із залишку, що випаровується, тобто мазуту, можна отримати мастильні матеріали в вакуумних трубчатих установках, в яких теж здійснюється перегонка нафтопродуктів, але за умов зниженого тиску (вакууму), що дозволяє сильно зменшити температури кипіння вуглеводнів і запобігти їх розкладу.

Звичайна атмосферна і вакуумна трубчаті установки об'єднуються в

2. Зважити дві конічні колби, що служать приймачами, дані записати в табл. 11.1.

3. Розігріти суміш нафтопродуктів, здійснити перегонку, відбираючи поетапно в окремі приймачі різні фракції:

а) бензинову до температури 170 °С;

б) лігроїнову в інтервалі температур 170 – 230 °С.

В колбі В'юрца залишається газойлева фракція та мазут.

4. Зважити приймачі з окремими фракціями, газойлеву фракцію та мазут перенести в хімічний стакан, в якому бралася наважка нафтопродукту і теж зважити. Результати зважування записати в таблицю 11.1.

5. Розрахувати масову частку кожної фракції:

$$\omega = \frac{m(\text{фракції}) \cdot 100\%}{m(\text{вихідного нафтопродукту})} =$$

6. Результати записати в таблицю 11.1

Таблиця 11.1

Фракція нафтопродукту	Маса посуду, г	Маса посуду з речовиною, г	Маса речовини, г	Масова частка, %
Вихідний нафтопродукт				

Бензинова				
Лігроїнова				
Газойлева + мазут				

ВИСНОВКИ:

Лабораторна робота № 12

I. ТЕМА. Одержання ацетатної кислоти синтетичним способом

II. МЕТА: Одержати ацетатну кислоту із неорганічної сировини.

III. НА ЗАНЯТТІ НЕОБХІДНО:

1. Виконати роботу у відповідності до вимог даної методичної розробки

2. Оформити звіт про виконану роботу і здати його викладачу

IV. Завдання для самостійної роботи:

1. Вивчити теоретичний матеріал з [1](2)стор. 244 - 259, 294 – 299, 309 – 315. [4] стор. 494 – 498, 512 – 515.

2. Засвоїти методику виконання лабораторної роботи та розрахунків у відповідності до даної методичної розробки.

V. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Біохімічний спосіб одержання оцтової кислоти.

2. Сировина виробництва синтетичної оцтової кислоти.

3. Способи одержання ацетилену із природного газу.

4. Одержання ацетальдегіду за методом М.П. Кучерова.

5. Альтернативні методи одержання ацетальдегіду із етилового спирту.

6. Хімізм процесу одержання синтетичної оцтової кислоти. Переваги і недоліки.

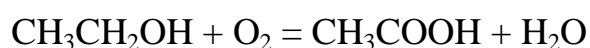
7. Галузі застосування оцтової кислоти.

VI. ПЕРЕЛІК ОБЛАДНАННЯ ТА РЕАКТИВІВ:

- 1) установка для одержання ацетатної кислоти;
- 2) мірна колба на 100 мл;
- 3) піпетки;
- 4) конічні колби для титрування;
- 5) бюретка;
- 6) воронка;
- 7) фільтрувальний папір.

VII. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Найбільш важливою із карбонових кислот є ацетатна кислота. З давніх часів вона одержувалася в невеликих кількостях у вигляді розбавленого розчину (оцету) біохімічним способом – оцтовим бродінням рідин, що містять етиловий спирт в присутності особливих бактерій (*Bacterium acedi* або *Micoderma acedi*)

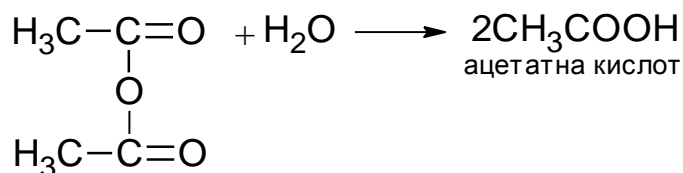
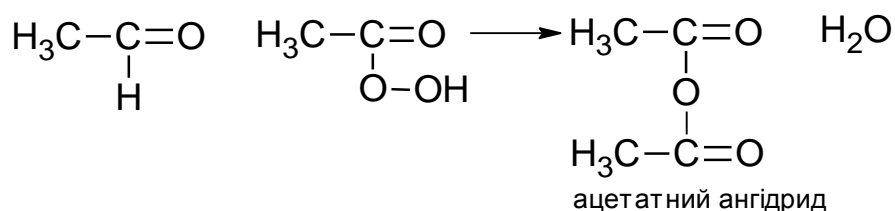


Цей спосіб застосовується і зараз для одержання столового оцету.

Потреба в ацетатній кислоті, що сильно зросла в зв'язку із значним розвитком ацетатного виробництва, тонкого органічного синтезу, текстильно виробництва і т. д., уже не може бути покрита традиційними способами.

Багатотоннажне виробництво ацетатної кислоти здійснюється в три стадії:

1. Одержання ацетилену із технічного карбіду кальцію.



VIII. ОПИС УСТАНОВКИ

Технічний кальцій карбід поміщається в колбу Вюрца(1), в яку по краплях з крапельної воронки додаються концентрований розчин натрій хлориду. Кількість ацетилену, що одержується контролюється інтенсивністю виділення пухирців ацетилену в промивній склянці (2). Ацетилен поступає в колбу (3), що містить насичений розчин меркурій(II)сульфату, де і відбувається його гідратація з утворенням ацетальдегіду. Для попередження гідролізу меркурій (II) сульфату в колбу додаються 1-2 мл концентрованої кислоти. Ацетальдегід випаровується і поступає в пробірку (4) з розбавленим розчином калій перманганату, де і відбувається його окислення до ацетатної кислоти.

IX. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. На технологічних терезах взяти наважку технічного кальцій карбіду масою 5 г, помістити її в колбу Вюрца(1)
2. Крапельну воронку наповнити концентрованим розчином натрій хлориду
3. Розчин меркурій (II) сульфату в колбі (3) нагріти до 70°C.
4. Пробірку (4) наповнити розбавленим розчином калій перманганату.

5. Прилити концентрований розчин натрій хлориду в колбу Вюрца, швидкість крапання відрегулювати так, щоб пробулькування ацетилену в промивній склянці (2) відповідало одному пухирцю за секунду.

6. В реакційну суміш продувати потік повітря.

7. Дослід продовжувати впродовж 10 хв. до зникнення забарвлення калій перманганату і утворення осаду манган (IV) оксиду.

8. Вміст пробірки (4) відфільтрувати, збираючи фільтрат і промивні води в мірну колбу на 100 мл. Довести вміст колби до мітки дистильованою водою.

9. Провести якісний і кількісний аналіз продукту:

а) якісний:

До 2-3 мл досліджуваного розчину додали розчин ферум (III) хлориду і нагріли. Поява забарвлення, що нагадує колір міцного чаю, свідчить про присутність CH_3COOH . Записати відповідне рівняння реакції:

б) кількісний:

Аліквоту розчину об'ємом 50 мл відтитрували 0,1000М розчином натрій гідроксиду за фенолфталеїном.

$$V_1(\text{NaOH}) =$$

$$V_2(\text{NaOH}) =$$

$$V_{\text{серед}}(\text{NaOH}) =$$

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{c(\text{NaOH}) \cdot V_{\text{серед}}(\text{NaOH}) \cdot M(\text{CH}_3\text{COOH})}{100} \cdot \frac{100}{50} = \quad \text{г}$$

10. Розрахувати теоретичну масу ацетатної кислоти:

$$m(\text{CH}_3\text{COOH})_{\text{теор}} = m(\text{CaC}_2) \frac{M(\text{CH}_3\text{COOH})}{M(\text{CaC}_2)} = m(\text{CaC}_2) f(\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CaC}_2)$$

$$= \quad \text{г}$$

11. Розрахувати вихід ацетатної кислоти:

$$\eta(\%) = \frac{m(\text{CH}_3\text{COOH})_{\text{прак}}}{m(\text{CH}_3\text{COOH})_{\text{теор}}} \cdot 100\% =$$

ВИСНОВКИ:

Критерії оцінювання рівня знань студентів з дисципліни «Процеси і апарати сучасної хімічної технології»

Лекційний курс проводиться в інтерактивній формі, участь кожного студента на лекційному занятті оцінюється за 10 – бальною системою. Кожне лабораторне заняття включає в себе 3 основних етапи:

1. Допуск до виконання роботи, що має на меті в'яснити на скільки студент розуміє мету і завдання, як він засвоїв порядок виконання роботи і проведення розрахунків.
2. Виконання роботи і проведення розрахунків.
3. Захист роботи – перевірка викладачем достовірності одержаних результатів та правильності проведених розрахунків, а також контроль теоретичних знань.

Кожен із етапів лабораторної роботи оцінюється за 10 – бальною системою. Лабораторні роботи виконуються студентом в індивідуальному порядку нефронтальним методом. Подовж курсу студенти ОКР «спеціалісти» виконують 4 лабораторні роботи, магістрант – 6. Назва роботи – за вибором викладача. При оцінюванні знань студента варто керуватися наступним:

Максимально можлива кількість балів, які можна набирати подовж
вивчення курсу ОКР-спеціаліст

Лекційні заняття

№ п/п	Тема лекції	Кількість балів
1	Вступ. Поняття хімічної технології.	10
2	Гомогенні хіміко-технологічні процеси	10
3	Гетерогенні некаталітичні процеси в системах Г – Т, Р -Т	10
4	Гетерогенні некаталітичні процеси в системах Г – Р, Р -Р	10
5	Каталітичні хіміко-технологічні процеси	10
6	Основні поняття та вимоги до хімічних реакторів	10
7	Промислові хімічні реактори	10
Разом		70

Лабораторні заняття

	Допуск до	Виконанн	Захист	Загальни
--	-----------	----------	--------	----------

	виконання	я і розрахунки	роботи	й бал
	10	10	10	30
	10	10	10	30
	10	10	10	30
	10	10	10	30
Разом				120

Всього балів: 190

Коефіцієнт перерахунку складає:

$$f = 100/190$$

$V = A \cdot f = A \cdot 0,53$, де A – кількість балів, які набрав студент за 190 бальною системою, V – загальна кількість балів за курс

Максимально можлива кількість балів, які можна набирати подовж вивчення курсу ОКР - магістр

Лекційні заняття

№ п/п	Тема лекції	Кількість балів
1	Вступ. Поняття хімічної технології.	10
2	Гомогенні хіміко-технологічні процеси	10
3	Гетерогенні некаталітичні процеси в системах Г – Т, Р -Т	10
4	Гетерогенні некаталітичні процеси в системах Г – Р, Р -Р	10
5	Каталітичні хіміко-технологічні процеси	10
6	Основні поняття та вимоги до хімічних реакторів	10
	Промислові хімічні реактори	10
Разом		70

Лабораторні заняття

	Допуск до виконання	Виконання розрахунки	Захист роботи	Загальний бал
	10	10	10	30
	10	10	10	30
	10	10	10	30
	10	10	10	30
	10	10	10	30
	10	10	10	30
			Разом	180

Всього балів: 250

Коефіцієнт перерахунку складає:

$$f = 100/250$$

$B = A \cdot f = A \cdot 0,40$, де A – кількість балів, які набрав студент за 250 бальною системою, B – загальна кількість балів за курс.

Взаємозв'язок між рейтинговим показником з дисципліни, національною шкалою оцінювання знань студента і шкалою оцінок ECTS наведено в таблиці:

Список літератури

1. Соколов Р.С. Химическая технология [текст]: учебное пособие : у 2 т. : [для студ. высш. учеб. заведений] Р.С. Соколов. – М. : Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2000. -368с.

2. Дубровська Г.М. Системи сучасних технологій [текст]: Навчальний посібник / Г.М. Дубровська, А.П. Ткаченко. – К.: Центр навчальної літератури, 2004 – 352с.
3. Бенедек П. Научные основы химической технологии [текст]/ П. Бенедек, А. Ласло: перев. с англ. П. Романкова. – Л.: Из-во «Химия», 1970. – 376с.
4. Загальна хімічна технологія [текст]/ В. Яворський, Т. Перекупко, З. Знак, Л. Савчук; за ред. В. Яворського. – Львів: Видавництво національного університету «Львівська політехніка», 2005. – 552с.
5. Основы химической технологии [текст]/ И. Мухленов, А. Горштейн, Е. Тумарикина, В. Тамбовцева; под редакц. И. Мухленова. – М.: Высш. школа, 1983 – 335с.
6. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии [текст]: учебник [для студ. высш. учеб. заведений] А.Г. Касаткин. – М.: Химия, 1971 – 574с.