

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**ДО СРС ТА ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ №1
З ДИСЦИПЛІНИ «ХІМІЯ З ОСНОВАМИ БІОГЕОХІМІЇ»
ДЛЯ СТУДЕНТІВ І КУРСУ ЗАОЧНОГО ФАКУЛЬТЕТУ**

Напрямок підготовки – 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього
середовища та збалансоване природокористування»

Одеса 2012

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**ДО СРС ТА ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ №1
З ДИСЦИПЛІНИ «ХІМІЯ З ОСНОВАМИ БІОГЕОХІМІЇ»
ДЛЯ СТУДЕНТІВ І КУРСУ ЗАОЧНОГО ФАКУЛЬТЕТУ**

Напрямок підготовки – 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього
середовища та збалансоване природокористування»

«ЗАТВЕРДЖЕНО»
на засіданні робочої групи
методичної ради
«Заочна та післядипломна освіта»

Одеса 2012

Збірник методичних вказівок до СРС та виконання контрольної роботи №1 з дисципліни «Хімія з основами біогеохімії» для студентів I курсу заочного факультету напрямку підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природо-користування».

Укладачі: Герасименко Г.І, доц., к.х.н., Шепеліна С.І., ас., Одеса, ОДЕКУ, 2012. – 93 с.; укр. мова.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
Розділи програми дисципліни «Хімія з основами біогеохімії» для студентів I курсу заочного факультету.....	7
Методичні вказівки до самостійної роботи по вивченню теоретичного матеріалу дисципліни «Хімія з основами біогеохімії» I курсу.....	10
Організація поточного та підсумкового контролю знань	12
ВАРІАНТИ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ.....	17
ВКАЗІВКИ ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ КОНТРОЛЬНИХ ЗАВДАНЬ.....	19
1 БУДОВА РЕЧОВИНИ.....	19
1.1 Поняття та їх визначення.....	19
1.1.1 Основні закони хімії	20
1.1.2 Закони ідеальних газів.....	21
1.1.3 Приклади розв'язання завдань.....	21
1.2 Будова атома.....	28
1.2.1 Моделі атома.....	28
1.2.2 Квантові числа, їх фізичний зміст.....	28
1.2.3 Електронні формули атомів.....	29
1.2.4 Електронні формули атомів у збудженому стані.....	29
1.2.5 Електронні формули йонів.....	29
1.2.6 Формулювання періодичного закону Д.І. Менделєєва.....	30
1.2.7 Періодична зміна властивостей хімічних елементів.....	30
1.2.8 Приклади розв'язання завдань.....	30
1.3 Хімічний зв'язок.....	34
1.3.1 Виникнення хімічного зв'язку.....	34
1.3.2 Ковалентний зв'язок.....	34
1.3.3 Метод валентних зв'язків.....	34
1.3.4 Гібридизація орбіталей та просторова конфігурація молекул.....	34
1.3.5 Координаційна теорія Вернера і склад комплексних сполук.	37
1.3.6 Приклади розв'язання завдань.....	39
1.4 Завдання до виконання контрольної роботи.....	42
2 ЗАКОНОМІРНОСТІ ПЕРЕБІГУ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ.....	54
2.1 Термохімія	54
2.1.1 Енергетика хімічних процесів	54
2.1.2 Теплові ефекти реакцій.....	54
2.1.3 Внутрішня енергія.....	54
2.1.4 Термохімічні закони.....	54
2.1.5 Приклади розв'язання завдань.....	54

2.2	Хімічна кінетика. Швидкість хімічних реакцій.....	57
2.2.1	Закон діючих мас	57
2.2.2	Хімічна рівновага.....	57
2.2.3	Порушення хімічної рівноваги. Принцип Ле-Шательє.....	57
2.2.4	Приклади розв'язання завдань.....	57
2.3	Завдання до виконання контрольної роботи.....	58
3	РОЗЧИНИ.....	66
3.1	Способи визначення складу розчинів.....	66
3.2	Колігативні властивості розведених розчинів.....	66
3.3	Водні розчини електролітів.....	66
3.3.1	Сильні електроліти.....	66
3.3.2	Йонний добуток води. Водневий показник.....	66
3.3.3	Гідроліз солей.....	66
3.3.4	Добуток розчинності.....	66
3.3.5	Приклади розв'язання завдань.....	66
3.4	Завдання до виконання контрольної роботи.....	75
	ДОДАТКИ.....	88

ВСТУП

Мета методичних вказівок в наданні допомоги студентам заочної форми навчання у самостійній роботі з літературою, оволодінні теоретичними і практичними знаннями з дисципліни «Хімія з основами біогеохімії».

«Хімія з основами біогеохімії» є для студентів-екологів базовою дисципліною, яка сприяє вивченню фахових дисциплін.

Мета курсу – формування у студентів наукового світогляду, розуміння та знання загальних хімічних закономірностей, хімічної будови речовини, основних закономірностей протікання хімічних реакцій.

Після вивчення дисципліни у студентів повинен сформуватися комплекс хімічних знань з атомно-молекулярного вчення, будови атома, періодичного закону Д.І. Менделєєва, теоретичних основ неорганічних сполук; чітке сучасне уявлення про швидкість хімічних процесів, фазову та хімічну рівновагу, властивості металів, неметалів, комплексних сполук, молекулярних розчинів електролітів та неелектролітів.

Дисципліна сприяє створенню в майбутніх спеціалістів широкого природничо-наукового кругозору що забезпечує основи екологічних знань та сприяє розумінню проблем раціонального використання природного багатства.

Студенти повинні отримати знання, які надалі дозволять їм засвоїти вивчення фахових дисциплін: «Загальна екологія та неоекологія», «Екологія людини», «Моніторинг довкілля», «Техноекологія», «Нормування антропогенного навантаження», «Екологічна хімія з основами екотоксикології».

Студенти вивчають дисципліну протягом перших двох курсів під час установчих лекцій, практичних занять та виконання лабораторних робіт; у ході самостійної роботи з підручниками, методичними посібниками, при виконанні планових контрольних завдань. Студенти можуть отримати індивідуальні консультації (очні та письмові) та повинні скласти залік на I курсі і екзамен на II курсі.

Лекції. Лекції з найважливіших розділів курсу читаються в період сесії.

Лабораторні заняття. Хімія це наука про речовини і їх перетворення. Для більш глибокого розуміння хімії як науки, заснованої на експерименті, необхідно в період сесії виконати лабораторні роботи.

Практичні заняття проводяться в період сесії. При вивченні окремої теми засвоюються всі теоретичні положення, математичні залежності і їх висновки, принципи складання рівнянь хімічних реакцій. Вивчення матеріалу курсу супроводжується виконанням вправ та розв'язуванням задач. Розв'язування задач є одним з методів засвоєння, перевірки і закріплення теоретичного матеріалу.

Залік. Залік на I курсі отримують студенти, які виконали контрольну роботу (зараховану), виконали всі практичні та лабораторні роботи, передбачені навчальним планом. Екзаменатору студенти пред'являють залікову книжку (або направлення на залік) і зараховану контрольну роботу та протоколи лабораторних робіт з поміткою викладача про їх виконання.

Самостійна робота з книгою. Вивчати курс необхідно у відповідності зі списком рекомендованої літератури за темами, ознайомившись із змістом кожної з них за Програмою (матеріал курсу у Програмі не завжди співпадає з розташуванням його у підручниках).

Вивчення будь-якого питання на рівні суті, а не на рівні окремих явищ сприяє більш глибокому і тривалому засвоєнню матеріалу.

Контрольні завдання. У процесі вивчення дисципліни на I курсі студент повинен виконати контрольну роботу №1. До виконання контрольної роботи слід приступати тільки тоді, коли вже самостійно вивчена певна частина курсу і розглянуті приклади розв'язування задач, які наведено у підручниках та даних МВ перед задачами до відповідних тем контрольних завдань.

Розв'язування задач повинно бути коротким, але чітко обґрунтованим, треба вказувати теоретичне обґрунтування ходу розв'язання, за винятком тих випадків, коли по суті питання таке, що мотивування не потрібно, наприклад, коли треба скласти електронну формулу, написати рівняння реакції і т.п. При розв'язуванні задач треба наводити весь хід дій і всі математичні перетворення (формули та підставлені значення величин).

Контрольна робота повинна бути акуратно оформлена; для зауважень рецензента треба залишати широкі поля; писати чітко і ясно; номери і умови завдань переписувати в тому порядку, в якому вони вказані в завданні. Роботи повинні бути датовані, підписані студентом і представлені в університет на рецензування у відповідні до плану строки.

Якщо контрольна робота не зарахована, її треба виконати вдруге або інший варіант, відповідно до вказівок і зауважень рецензента та подати на повторне рецензування разом з незарахованою роботою. Виправлення потрібно виконувати в кінці попередньої роботи, а не в рецензованому тексті.

Якщо контрольна робота виконана не за своїм варіантом, вона не рецензується.

Розділи програми дисципліни «Хімія з основами біогеохімії» для студентів I курсу заочного факультету

Зміст курсу і обсяг вимог, що пред'являються студенту при складанні заліку визначає програма з хімії для нехімічних спеціальностей вищих навчальних закладів:

1 ХІМІЧНА БУДОВА РЕЧОВИНИ

1.1 Основні поняття та закони хімії

1.2 Хімічна будова речовини

1.3 Хімічний зв'язок

2 ЗАКОНОМІРНОСТІ ПЕРЕБІГУ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ

2.1 Енергетика хімічних процесів

2.2 Хімічна кінетика та рівновага

3 РОЗЧИНИ НЕЕЛЕКТРОЛІТІВ ТА ЕЛЕКТРОЛІТІВ

3.1 Загальна характеристика розчинів

3.2 Розчини електролітів

3.3 Йонно-молекулярні рівняння та гідроліз солей.

За I курс студенти виконують такі лабораторні роботи:

1. Визначення молярної маси хімічного еквівалента металу.
2. Вивчення впливу різних факторів на швидкість хімічних реакцій.
3. Виготовлення розчинів певної концентрації.

Завдання і структура розділу дисципліни

1. Засвоєння фундаментальних законів природознавства та основних законів хімії.
2. Сучасне уявлення про хімічну будову речовин.
3. Розуміння закономірностей хімічних процесів та їх енергетику.
4. Знання основних властивостей молекулярних розчинів і розчинів електролітів.
5. Перетворення хімічних знань у навички під час практичних та лабораторних занять.

Читання даної дисципліни ґрунтується на теоретичних знаннях і практичних навичках наступних дисциплін: «Фізика», «Вища математика».

Отримані знання будуть надалі використовуватися при вивченні фахових дисциплін, передбачених напрямком підготовки «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування».

Загальний обсяг навчального часу із врахуванням самостійної роботи студентів: **I курс – 261 годин**, з них: лекції – 18 годин, практичні заняття – 14 години, лабораторні заняття – 10 годин, СРС – 219 годин.

Засвоєння дисципліни повинне сприяти розвитку у студентів природничо-наукового розуміння фізико-хімічних процесів, які виникають

у довкіллі під впливом природних та антропогенних факторів та вміння самостійно засвоїти навчальний матеріал дисципліни.

Базові знання та вміння

Розуміння закономірностей процесів у довкіллі, вміння їх аналізувати і прогнозувати, вирішувати екологічні проблеми вказує на практичне засвоєння дисципліни.

В результаті вивчення розділів дисципліни «Хімія з основами біогеохімії» на I курсі студенти повинні оволодіти наступними базовими знаннями:

- класифікація неорганічних сполук;
- теоретичні основи неорганічних сполук;
- теоретичні основи будови атомів елементів;
- періодичний закон та структура періодичної системи Д.І. Менделєєва;
- хімічний зв'язок та будова молекул;
- енергетика хімічних процесів;
- закономірності перебігу хімічних процесів;
- швидкість хімічних реакцій та фактори, що впливають на неї;
- хімічна рівновага та її зміщення;
- властивості розчинів неелектролітів та електролітів;
- властивості металів, неметалів та комплексних сполук;
- способи вираження концентрації розчинів;
- електролітична дисоціація електролітів;
- електролітична дисоціація води, водневий показник;
- йонні реакції в розчинах;
- гідроліз солей;

Вміння, якими мають оволодіти:

- застосування правил безпеки роботи;
- одержання навичок роботи з лабораторними приладами, хімічними реактивами, технохімічними та аналітичними терезами;
- отримання результатів хімічних досліджень в лабораторії та їх аналіз;
- вести розрахунки за хімічними формулами;
- вести визначення хімічних формул сполук;
- вести розрахунки за газовими законами, рівняннями Менделєєва-Клапейрона, законом еквівалентів;
- визначати молярні маси еквівалентів елементів та їх сполук.
- класифікувати неорганічні сполуки;
- визначати характерні ступені окиснення елементів та характер їх сполук;
- визначати типи хімічних зв'язків та просторову конфігурацію молекул;

- визначати теплоти хімічних реакцій та теплоти утворення сполук;
- визначати зміну при хімічних реакціях термодинамічних функцій стану системи: ентальпія, ентропії, енергії Гіббса;
- визначати хімічну стійкість речовин та встановлювати напрямки хімічних процесів;
- виконувати термохімічні розрахунки.
- визначати швидкість хімічних реакцій;
- виявляти характер впливу різних факторів на швидкість хімічних реакцій;
- враховувати зовнішні фактори на зміщення хімічної рівноваги;
- впливати на зміщення хімічної рівноваги;
- виготовлення розчинів певної концентрації;
- експериментально визначити концентрації розчинів;
- дослідити взаємодію солей з водою, визначити рН середовища;
- розрахувати константу гідролізу солей;
- розв'язувати розрахункові завдання;
- вести розрахунки та перерахунки концентрацій розчинів;
- передбачати реакцію середовища при взаємодії солей з водою, визначити кількісну характеристику цієї взаємодії – константу гідролізу.

Рекомендована література

Основна:

1. Романова Н.В. Загальна хімія. – Київ: Перун, 1998. – 480 с.
2. Глинка Н.Л. Общая химия. – М.: КНОРУС, 2011. – 752 с.
3. Мітрясова О.П. Загальна хімія. Хімія довкілля. – К.: Видавничий дім «Професіонал», 2009. – 336 с.
4. Глинка Н.Л. Задачи и упражнения по общей химии. – Л.: Химия, 1988. – 272 с.
5. Герасименко Г.І. Хімія. Практичний курс. – Одеса, ТЕС, ОДЕКУ, 2009. – 304 с.

Додаткова:

6. Курс химии. Под редакцией Дмитриева Г.А., часть I, Общетеоретическая, М., Высшая школа, 1967. – 404 с.
7. Герасименко Г.І., Шепеліна С.І. Основні поняття і закони хімії. Методичні вказівки – Одеса, ОДЕКУ, 2002. – 60 с.
8. Костік В.В., Ганін Е.В., Васильєва М.Г. Збірник методичних вказівок до лабораторних робіт «Розчини. Гідроліз солей» – Одеса, ОДЕКУ, 2003. – 34 с.
9. Ганін Е.В., Костік В.В., Шевченко В.Ф. Збірник методичних вказівок до практичних занять з дисципліни «Загальна і колоїдна хімія» - Одеса, ОДЕКУ, 2004. – 113 с.

10. Герасименко Г.І. Закономірності перебігу хімічних реакцій. Збірник методичних вказівок до практичних робіт – Одеса, ОДЕКУ, 2006. – 51 с.
11. Герасименко Г.І. Водні розчини електролітів. Гідроліз солей. Збірник методичних вказівок до практичних та лабораторних робіт – Одеса, ОДЕКУ, 2006. – 75 с.

Методичні вказівки до самостійної роботи по вивченню теоретичного матеріалу дисципліни «Хімія з основами біогеохімії» I курсу

Загальні поради: вивчити теоретичний матеріал розділів і тем дисципліни, використовуючи рекомендовану літературу, відповісти на питання до самоконтролю. При виникненні питань звертатися за консультацією до викладача за адресою: м. Одеса, вул. Львівська 15, НЛК №2, к.103 або за електронною адресою: chemistry@ogmi.farlep.odessa.ua.

Методичне забезпечення: посібники та підручники з загальної і колоїдної хімії, а також методичні вказівки є в наявності в бібліотеці ОДЕКУ і на кафедрі хімії навколишнього середовища.

1 БУДОВА РЕЧОВИНИ

1.1 Основні поняття та закони хімії

При самостійному вивченні теми I студенту необхідно спиратися на шкільні знання основ хімії та вивчити основні поняття та їх визначення. Атомні і молекулярні маси. Моль. Закон збереження маси-енергії. Закон сталості складу. Закон кратних відношень. Закон об'ємних відношень. Закон еквівалентів. Закон Авогадро і наслідки. Хімічні символи, формули, рівняння. Класи неорганічних речовин.

Студентам слід використовувати наступну літературу: [2] С.20-40; [3] С.6-44; [5] С.10-48, 113-145.

1.2 Будова атома

Самостійне вивчення II теми студенту необхідно починати з планетарної моделі атома Резерфорда-Бора-Зоммерфельда. Квантова теорія світла Планка. Атомні спектри. Енергетичний стан електрона в атомі. Квантові числа. Електронні формули атомів. Класифікація елементів в залежності від електронної будови їх атомів: *s*-, *p*-, *d*-, *f*-елементи Періодичної системи. Періодичний закон Д.І. Менделєєва. Залежність властивостей елементів від електронної будови їх атомів.

Для цього слід використовувати наступну літературу: [2] С.60-109; [3] С.44-71; [5] С.71-94.

1.3 Хімічний зв'язок

Студент повинен мати уявлення про теорії хімічного зв'язку. Ковалентний зв'язок. Метод валентних зв'язків. неполярний і полярний ковалентний зв'язок. Спрямованість ковалентного зв'язку і форма простих

молекул. Гібридизація електронних орбіталей. Метод молекулярних орбіталей. Йонний зв'язок. Комплексні сполуки. Водневий зв'язок. Міжмолекулярна взаємодія. Аморфний і кристалічний стан речовини.

Слід користуватися наступною літературою: [2] С.118-158; [3] С.71-95; [5] С.98-112.

2 ЗАКОНОМІРНОСТІ ПЕРЕБІГУ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ

2.1 Енергетика хімічних процесів

Дуже важливим у природі є розгляд питання теплового ефекту хімічної реакції. Закон Гесса і наслідки. Термодинамічні величини. Внутрішня енергія і ентальпія. Напрямок хімічної реакції. Ентропія та енергія Гіббса.

Слід користуватися наступною літературою: [2] С.170-204; [3] С. 95-123; [5] С.148-169.

2.2 Хімічна кінетика та рівновага

Необхідно знати залежність швидкості реакції від температури та природи реагуючих речовин. Закон діючих мас. Швидкість реакцій в гетерогенних та гомогенних системах. Хімічна рівновага. Константа рівноваги. Порушення хімічної рівноваги. Принцип Ле-Шательє. Рівноваги у гомогенних та гетерогенних системах.

Слід використовувати наступну літературу: [2] С.187-193; [3] С.95-123; [5] С.175-190.

3 РОЗЧИНИ

3.1 Загальна характеристика розчинів

При вивченні фізико-хімічних властивостей води студенту необхідно звернути увагу на процес розчинення та його стадії; розчинність; концентрація розчинів; осмос; тиск пари розчинів; кристалізація та кипіння розчинів; осмотичний тиск розчинів.

Література: [2] С.237-246; [3] С.123-157; [5] С.193-203.

3.2 Розчини електролітів

Під час самостійного вивчення теорії електролітичної дисоціації слід звернути увагу на слабкі та сильні електроліти. Момент повної гідратації. Йонні пари. Активна концентрація йонів. Коефіцієнт активності. Йонна сила розчину. Рівняння Дебая-Гюккеля.

Розчини слабких електролітів. Константа та ступінь дисоціації. Ізотонічний коефіцієнт. Ступінчастий механізм дисоціації слабких кислот та основ. Закон розведення Оствальда.

Література: [2] С.246-252; [3] С.123-157; [5] С.211-220.

3.3 Йонно-молекулярні рівняння

Студентам треба ознайомитися з дисоціацією води. Водневий показник. Гідроліз солей. Константа гідролізу. Добуток розчинності.

Властивості кислот, основ і солей з точки зору електролітичної дисоціації.

Література: [2] С.248-271; [3] С.123-178; [5] С.220-236.

Організація поточного та підсумкового контролю знань

Контроль поточних знань студентів заочної форми навчання виконується на базі модульно-накопичувальної системи організації навчання та виконується у відповідності з «Положенням про організацію поточного та підсумкового контролю знань студентів заочної форми навчання ОДЕКУ (від 17.11.2009 р.)». Підсумковим контролем є **залік**.

Модульно-накопичувальна системи оцінки знань студентів заочної форми навчання включає:

- ❖ Систему оцінювання самостійної роботи студента (СРС) у міжсесійний період (ОМ).

Вона передбачає перевірку контрольної роботи, яку студенти виконують у міжсесійний період. Кількісна оцінка за цей вид роботи визначається з урахуванням терміну надання роботи на перевірку (впродовж семестру, перед початком заліково-екзаменаційної сесії, безпосередньо перед датою контролюючого заходу), обсягу виконання роботи та глибини розкриття наданих питань та завдань, а також оформлення роботи.

Максимальний бал, що може одержати студент за контрольну роботу (КР) складає **50 балів**. Кожне завдання КР оцінюється в **5 балів**, з них: 3 бали – теоретичне обґрунтування завдання та 2 бали – практичне розв'язання задачі, всього в одному варіанті КР – 10 завдань.

Зарахована контрольна робота свідчить про те, що студент одержав сумарну оцінку не менше 30 балів, тобто не менше 60% від максимальної суми в 50 балів. Не зарахована контрольна робота свідчить про те, що студент одержав сумарну оцінку меншу за 30 бали, в цьому випадку вона повертається на доробку. Зарахована контрольна робота є допуском до здачі заліку.

- ❖ Систему оцінювання самостійної роботи студента (СРС) під час аудиторних занять (ОЗЕ).

Для оцінки ступеня засвоєння основних дисципліни передбачається написання аудиторної контрольної роботи, а для оцінки засвоєння практичної частини програми передбачається виконання низки лабораторних робіт, які охоплюють основні питання практичного розділу дисципліни. Кількісна оцінка за цей вид роботи визначається з урахуванням ритмічності роботи студента на протязі аудиторних занять, повноти розкриття тем під час усного опитування, якості розрахунків та

графічних побудов, достовірності одержаних висновків, а також результатів захисту наданих завдань.

Максимальна оцінка аудиторної роботи студента під час заліково-екзаменаційної сесії складає 50 балів і включає: оцінку за виконання аудиторної контрольної роботи, яка складається з 20 тестових завдань та оцінюється 20 балами (за кожне правильну відповідь – 1 бал) та оцінку за усне опитування та захист виконаних лабораторних робіт (ОЗЕ) – 30 балів за всі ЛР. Таким чином за повністю виконану практичну частину – 50 балів.

Студент вважається допущеним до заліку та атестованим (залік зараховано) з навчальної дисципліни, якщо він виконав всі види робіт поточного контролю, передбачені робочою навчальною програмою дисципліни і набрав за накопичувальною системою суму балів не менше 50% від максимально можливої за дисципліну, своєчасно виконав міжсесійні контрольні роботи (якщо набрано більше 60%).

❖ Систему накопичувальної підсумкової оцінки засвоєння студентами початкової дисципліни (ПО). Накопичена підсумкова оцінка засвоєння студентами заочної форми навчальної дисципліни розраховується у відсотках, як як:

$$ПО = 0,5*(ОЗЕ + ОМ)$$

Загальна підсумкова оцінка знань (ПО) студента з дисципліни складається як арифметична сума, яку накопичив студент у міжсесійний період (ОМ), під час заліково-екзаменаційної сесії (ОЗЕ) та складання заліку. Таким чином студент може одержати максимально 100 балів або 100%, якщо студент набрав менше 60% – він допрацьовує не зараховані завдання.

Якісна оцінка є такою:

«зараховано» ($> 60\%$);

«не зараховано» ($\leq 60\%$);

Питання до самоконтролю

1. Які основні положення викладені і ким, щодо атомно-молекулярного вчення.
2. Що таке атом, молекула, атомна одиниця маси, молекулярна маса, моль? Дати визначення.
3. Що зветься хімічним елементом, ізотопом, простою речовиною? Дати визначення.
4. Що називають хімічним еквівалентом, молярною масою еквівалента?
5. Як визначити фактор еквівалентності елемента, простої речовини?
6. Як визначити молярну масу еквівалента оксиду, гідроксиду, солі?
7. Як формулюють закон еквівалентів?
8. Який запис математичного виразу закону еквівалентів для різних випадків?
9. Який математичний вираз рівняння Менделєєва-Клайперона?
10. Що таке електрон, яка його маса, який має він заряд?
11. Що таке атомне ядро, складна чи проста його структура?
12. Які гіпотези моделі будови атома вам відомі, їх відмінності?
13. Які основні положення теорії Н.Бора.
14. Які існують квантові числа, їх фізичний зміст і як вони характеризують стан електрона?
15. Що таке енергетична комірка?
16. У чому полягає принцип Паулі, правило Хунда, які ще вам відомі правила, що визначають розташування електронів в атомі?
17. Як розрахувати максимальне число електронів на енергетичному підрівні і рівні атома?
18. Як формулюється сучасно періодичний закон Д.І.Менделєєва, як змінюються властивості хімічних елементів і їх сполук?
19. У чому полягає наукове і філософське значення закону і періодичної системи Д.І.Менделєєва?
20. Що таке енергонегативність, енергія йонізації і спорідненість до електрона?
21. Як можна охарактеризувати властивості елементів і їх сполук виходячи з електронної формули та положення в періодичній системі?
22. Які типи хімічного зв'язку існують, які вони мають характеристики?
23. Що таке ковалентний зв'язок, які він має властивості?
24. Що таке йонний зв'язок, які його властивості?
25. У чому полягають відмінності донорно-акцепторного зв'язку?
26. Які вам відомі гібридизації атомних електронних орбіталей?

27. Чим зумовлена внутрішньомолекулярна взаємодія?
28. Які основні типи взаємодії молекул, як називають міжмолекулярні сили взаємодії?
29. Коли виникає водневий зв'язок? В чому його сутність?
30. Що таке донорно-акцепторна взаємодія?
31. Який зв'язок існує в комплексних сполуках?
32. Що таке комплексоутворювачі, ліганди, координаційне число?
33. Як визначаються назви комплексних сполук?
34. Що вивчають хімічна термодинаміка, термохімія?
35. Якими термодинамічними величинами визначають термічну, хімічну стійкість речовин?
36. Що таке ентальпія утворення складної речовини?
37. За якими законами і правилами термохімії розраховують ентальпійний ефект хімічної реакції?
38. Які процеси відносять до екзо- та ендотермічних?
39. Коли можливий самовільний перебіг хімічної реакції?
40. Які термохімічні величини характеризують міру впорядкованості та міру найбільш ймовірного стану системи?
41. Що вивчає хімічна кінетика? Які системи називають гомогенними а які гетерогенними?
42. Які існують відмінності щодо швидкості хімічних реакцій у гомогенних та гетерогенних системах?
43. Які чинники впливають на швидкість хімічної реакції?
44. За якими законами визначається швидкість хімічної реакції? Який фізичний зміст константи швидкості реакції?
45. Як залежить швидкість хімічної реакції від температури? Яким правилом це визначається?
46. Що таке енергія активації?
47. Як можна прискорити хімічні реакції? Що таке каталізатори?
48. Які існують уповільнювачі хімічних реакцій? Як вони називаються?
49. Що таке гомогенний та гетерогенний каталіз, які відмінності?
50. У чому полягає механізм дії каталізаторів?
51. За якими умовами виникає хімічна рівновага?
52. Чому дорівнюють константи рівноваги гомогенної та гетерогенної систем, як вони пов'язані з термодинамічними функціями?
53. У чому полягає принцип Ле-Шательє? Як його застосовують при зміні параметрів системи?
54. Що називають розчином? Які способи виразу концентрації розчинів існують?

55. Які сполуки відносяться до електролітів, за якою ознакою їх визначають?
56. Що таке ступінь електролітичної дисоціації?
57. Надати математичний вираз закону розбавлення Оствальда. Який зв'язок між ступенем дисоціації та константою дисоціації?
58. Які електроліти відносять до сильних, які до слабких? Який критерій лежить в основі поділу електролітів на сильні та слабкі?
59. Що таке ефективна концентрація йонів, активність?
60. Чому дорівнює водневий показчик середовища?
61. Як дисоціюють кислоти, основи, солі. В чому полягає ступінчаста дисоціація?
62. В чому сутність гідролізу? Що таке ступінь гідролізу, константа гідролізу?
63. Які типи солей підлягають гідролізу?
64. Як можна передбачити та визначити середовище при гідролізі солі певного типу?

ВАРІАНТИ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ

КОНТРОЛЬНА РОБОТА № 1

№ вар.	Номери контрольних завдань									
	01	1	51	101	151	201	251	301	351	401
02	2	52	102	152	202	252	302	352	402	452
03	3	53	103	153	203	253	303	353	403	453
04	4	54	104	154	204	254	304	354	404	454
05	5	55	105	155	205	255	305	355	405	455
06	6	56	106	156	206	256	306	356	406	456
07	7	57	107	157	207	257	307	357	407	457
08	8	58	108	158	208	258	308	358	408	458
09	9	59	109	159	209	259	309	359	409	459
10	10	60	110	160	210	260	310	360	410	460
11	11	61	111	161	211	261	311	361	411	461
12	12	62	112	162	212	262	312	362	412	462
13	13	63	113	163	213	263	313	363	413	463
14	14	64	114	164	214	264	314	364	414	464
15	15	65	115	165	215	265	315	365	415	465
16	16	66	116	166	216	266	316	366	416	466
17	17	67	117	167	217	267	317	367	417	467
18	18	68	118	168	218	268	318	368	418	468
19	19	69	119	169	219	269	319	369	419	469
20	20	70	120	170	220	270	320	370	420	470
21	21	71	121	171	221	271	321	371	421	471
22	22	72	122	172	222	272	322	372	422	472
23	23	73	123	173	223	273	323	373	423	473
24	24	74	124	174	224	274	324	374	424	474
25	25	75	125	175	225	275	325	375	425	475
26	26	76	126	176	226	276	326	376	426	476
27	27	77	127	177	227	277	327	377	427	477
28	28	78	128	178	228	278	328	378	428	478
29	29	79	129	179	229	279	329	379	429	479
30	30	80	130	180	230	280	330	380	430	480
31	31	81	131	181	231	281	331	381	431	481
32	32	82	132	182	232	282	332	382	432	482
33	33	83	133	183	233	283	333	383	433	483
34	34	84	134	184	234	284	334	384	434	484
35	35	85	135	185	235	285	335	385	435	485
36	36	86	136	186	236	286	336	386	436	486

37	37	87	137	187	237	287	337	387	437	487
38	38	88	138	188	238	288	338	388	438	488
39	39	89	139	189	239	289	339	389	439	489
40	40	90	140	190	240	290	340	390	440	490
41	41	91	141	191	241	291	341	391	441	491
42	42	92	142	192	242	292	342	392	442	492
43	43	93	143	193	243	293	343	393	443	493
44	44	94	144	194	244	294	344	394	444	494
45	45	95	145	195	245	295	345	395	445	495
46	46	96	146	196	246	296	346	396	446	996
47	47	97	147	197	247	297	347	397	447	497
48	48	98	148	198	248	298	347	398	448	498
49	49	99	149	199	249	299	349	399	449	499
50	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500

Кожний студент виконує варіант контрольного завдання, позначений двома останніми цифрами номера студентського квитка (*шифру*) до 50 включно. Надалі: дві останні цифри відняти 50. Наприклад, № квитка 11047, дві останні цифри – 47, їм відповідає варіант контрольного завдання № **47**. Номер квитка 11099, дві останні цифри – 99, їм відповідає варіант контрольного завдання № 99 – 50 (кількість варіантів) = **49**. Номер квитка 11100, дві останні цифри – 00, їм відповідає варіант контрольного завдання № 100 – 50 = **50**.

При виконанні завдання треба звернути увагу на теоретичне обґрунтування при вирішенні вправ. Спочатку визначити теоретичне положення, за якими виконується розв'язання завдань, записати математичні вирази, що забезпечують рішення; підставити дані з умов завдання, зробити необхідні математичні дії, отримати результат та сформулювати відповідь.

ВКАЗІВКИ ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ КОНТРОЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

1 БУДОВА РЕЧОВИНИ

Після вивчення матеріалу даного розділу необхідно знати визначення понять «атом», «молекула», «речовина», «моль», «еквівалент»; формулювання законів хімії; вміти розраховувати молярну масу, молярну масу еквівалента речовини, фактор еквівалентності речовини, відносну густину газу за воднем та повітрям, кількість моль та молекул у певній масі (об'єму) речовини. Треба мати уявлення про будову атомів, електронні та електронно-графічні формули атомів; валентні електрони, запис електронної формули у стаціонарному та збудженому станах атомів та йонів; про періодичний закон Д.І. Менделєєва та періодичну систему елементів, її унікальність та важливість. Студенти повинні навчитися розпізнавати типи хімічного зв'язку і види міжмолекулярної взаємодії, знати основні характеристики хімічного зв'язку, сформулювати квантово-механічні уявлення про природу хімічного зв'язку.

1.1 Поняття та їх визначення

Матеріал є в [2] С.19-21; [3] С.10-16. Звертаємо увагу на наступне:

Моль – це кількість речовини, що містить стільки структурних одиниць (молекул, атомів, йонів, електронів та ін.), скільки атомів міститься в 0,012 кг ізотопу Карбону ^{12}C . (Позначають - ν – «ню»).

Кількість речовини ν – це відношення числа молекул N , що містяться в даній речовині, до числа N_A атомів у 0,012 кг Карбону.

Кількість структурних одиниць (атомів) в 0,012 кг Карбону можна визначити, знаючи масу одного атома Карбону ($1,993 \cdot 10^{-26}$ кг):

$$N_a = \frac{0,012 \text{ кг/моль}}{1,993 \cdot 10^{-26} \text{ кг}} = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}.$$

Це число називають *сталою Авогадро* (N_A), (розмірність моль^{-1}) і показує число структурних одиниць у 1 моль будь-якої речовини.

Молярна маса (M) – величина, що дорівнює відношенню маси речовини до кількості речовини (одиниця виміру – кг/моль або г/моль):

$$M = \frac{m}{\nu}.$$

Чисельне значення молярної маси M в г/моль дорівнює відносній молекулярній масі. Наприклад,

$$\begin{aligned} M_r(\text{Na}) &= 23, & M(\text{Na}) &= 23 \text{ г/моль}; \\ M_r(\text{NaCl}) &= 58,5, & M(\text{NaCl}) &= 58,5 \text{ г/моль}. \end{aligned}$$

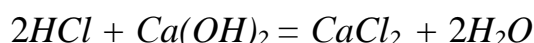
Молярний об'єм (V_m) – величина, що дорівнює відношенню об'єму речовини до кількості речовини в цьому об'ємі (одиниця молярного об'єму – м³/моль або дм³/моль):

$$V_m = \frac{V}{\nu}$$

При кількості речовини $\nu = 1$ моль $V_m = 22,4$ дм³ чи $22,4 \cdot 10^{-3}$ м³.

Хімічний еквівалент речовини – деяка реальна або умовна частка речовини, яка в кислотно-основних реакціях та реакціях йонного обміну рівноцінна одному атому (одному йону) водню або заміщує його.

Наприклад в реакції:



одному йону водню (H^+) відповідає $1/2$ $Ca(OH)_2$. Тобто, $1/2$ $Ca(OH)_2$ є еквівалентом гідроксиду кальцію в даній реакції. Число $1/2$ називають фактором еквівалентності $f_{екв}(Ca(OH)_2) = 1/2$.

В тих випадках, коли $f_{екв} = 1$, еквівалент ідентичний самій частинці речовини.

1.1.1 Основні закони хімії ([2] С.22-33; [3] С.16-21; [5] С.25-27)

Закон еквівалентів ([2] С.33; [3] С.21; [5] С.25-27).

Фактор еквівалентності простої речовини дорівнює оберненій величині добутку числа атомів, що складають формулу речовини, на валентність хімічного елемента в даній сполуці. Наприклад,

$$f_{екв}(H_2) = \frac{1}{2 \cdot 1} = \frac{1}{2}; \quad f_{екв}(N_2) = \frac{1}{2 \cdot 3} = \frac{1}{6}; \quad f_{екв}(O_2) = \frac{1}{2 \cdot 2} = \frac{1}{4}.$$

Фактор еквівалентності кислоти дорівнює оберненій величині її основності (кількості йонів H^+ у молекулі кислоти, які заміщуються в реакції на метал):

$$f_{екв} \text{ кислоти} = \frac{1}{n(H^+)};$$

$$f_{екв}(HNO_3) = \frac{1}{1} = 1; \quad f_{екв}(H_2CrO_4) = \frac{1}{2}; \quad f_{екв}(H_3AsO_4) = \frac{1}{3}.$$

Фактор еквівалентності основ дорівнює оберненій величині їхній кислотності (кількості йонів OH^- у молекулі основи, які в реакціях заміщуються на кислотні залишки): $f_{екв} \text{ основи} = \frac{1}{n(OH^-)}$.

$$\text{Наприклад: } f_{екв}(KOH) = \frac{1}{1} = 1; \quad f_{екв}(Zn(OH)_2) = \frac{1}{2}; \quad f_{екв}(Al(OH)_3) = \frac{1}{3}.$$

Для оксидів: дорівнює оберненій величині добутку числа атомів Оксигену на валентність Оксигену:

$$f_{\text{екв}} \text{ оксиду} = \frac{1}{n(O) \cdot B(O)}$$

Наприклад: $f_{\text{екв}}(H_2O) = \frac{1}{1 \cdot 2} = \frac{1}{2}$; $f_{\text{екв}}(CaO) = \frac{1}{1 \cdot 2} = \frac{1}{2}$; $f_{\text{екв}}(Fe_2O_3) = \frac{1}{3 \cdot 2} = \frac{1}{6}$.

Фактор еквівалентності солі дорівнює оберненій величині добутку числа атомів металу на валентність металу: $f_{\text{екв}} \text{ солі} = \frac{1}{n(Me) \cdot B(Me)}$.

Тобто: $f_{\text{екв}}(K_3PO_4) = \frac{1}{3 \cdot 1} = \frac{1}{3}$; $f_{\text{екв}}(ZnSO_4) = \frac{1}{1 \cdot 2}$; $f_{\text{екв}}(Ca_3(PO_4)_2) = \frac{1}{3 \cdot 2} = \frac{1}{6}$

1.1.2 Закони ідеальних газів ([2] С.22-33; [3] С.16-21; [5] С.28-30)

1.1.3 Приклади розв'язання завдань

Визначення хімічних формул за валентністю

Приклад 1. Знайти емпіричну формулу оксидів Феруму та Купруму, знаючи, що Оксиген (O) та (Cu) – двовалентні, (Fe) – тривалентний.

Розв'язання: Записуємо символи хімічних елементів і позначаємо римськими цифрами валентності елементів:



Знаходимо найпростіше відношення між індексами елементів:

$$B(Fe) \cdot i(Fe) = B(O) \cdot i(O); \quad B(Cu) \cdot i(Cu) = B(O) \cdot i(O)$$

Для Fe $3 \cdot i(Fe) = 2 \cdot i(O)$, $\frac{i(Fe)}{i(O)} = \frac{2}{3}$

Для Cu $2 \cdot i(Cu) = 2 \cdot i(O)$, $\frac{i(Cu)}{i(O)} = \frac{2}{2} = 1$

Відповідь: Емпіричні формули: оксиду Fe – Fe_2O_3 , оксиду Cu – CuO .

Приклад 2. Знайти валентність хлору в його оксиді Cl_2O_7 та карбону в його гідриді – CH_4 (метані).

Розв'язання: Записуємо правило взаємного насичення валентностей.

Для Cl_2O_7 : $B(Cl) \cdot i(Cl) = B(O) \cdot i(O)$

$$B(Cl) = \frac{B(O) \cdot i(O)}{i(Cl)} = \frac{2 \cdot 7}{2} = 7.$$

Для CH_4 : $B(C) \cdot i(C) = B(H) \cdot i(H)$

$$B(C) = \frac{B(H) \cdot i(H)}{i(C)} = \frac{1 \cdot 4}{1} = 4.$$

Відповідь: Валентність Хлору в оксиді Cl_2O_7 дорівнює 7. Валентність Карбону в гідриді CH_4 дорівнює 4.

Кількість речовини. Молярна маса

Приклад 3. Визначити число моль атомів у 5,25 г цинку.

Розв'язання: $M(\text{Zn}) = 65,39 \text{ г/моль} = 65 \text{ г/моль}$.

$$\nu(\text{Zn}) = \frac{m(\text{Zn})}{M(\text{Zn})} = \frac{5,25 \text{ г}}{65 \text{ г/моль}} = 0,080 \text{ моль.}$$

Відповідь: 5,25 г цинку містять 0,08 моль атомарного цинку.

Приклад 4. Знайти кількість речовини молекул у 10 г оксиду Cu (I).

Розв'язання: Молярна маса оксиду Купруму (I) складається

$$M(\text{Cu}_2\text{O}) = 2A_r(\text{Cu}) + A_r(\text{O}); \quad M(\text{Cu}_2\text{O}) = 2 \cdot 64 + 1 \cdot 16 = 144 \text{ г/моль.}$$

Знаходимо кількість речовини

$$\nu(\text{Cu}_2\text{O}) = \frac{m(\text{Cu}_2\text{O})}{M(\text{Cu}_2\text{O})} = \frac{10}{144} = 0,07 \text{ моль.}$$

Відповідь: 10 г Cu_2O містять 0,07 моль молекул Cu_2O .

Приклад 5. Розрахувати масу хлориду калію KCl за кількістю речовини 0,55 моль.

Розв'язання: Молярна маса дорівнює

$$M(\text{KCl}) = 1A_r(\text{K}) + 1A_r(\text{Cl}); \quad M(\text{KCl}) = 1 \cdot 39 + 1 \cdot 35,5 = 74,5 \text{ г/моль.}$$

визначаємо масу KCl :

$$m(\text{KCl}) = \nu \cdot M(\text{KCl}); \quad m(\text{KCl}) = 0,55 \cdot 74,5 = 40,975 \text{ г.}$$

Відповідь: 40,975 г KCl містять 0,55 моль речовини.

Визначення числа структурних одиниць в певній масі речовини

Приклад 6. Скільки структурних одиниць міститься в молекулярному водню масою 10,5 г.

Розв'язання: Молярна маса H_2 дорівнює 2 г/моль. Визначаємо кількість речовини H_2 :

$$\nu(\text{H}_2) = \frac{m(\text{H}_2)}{M(\text{H}_2)}; \quad \nu(\text{H}_2) = \frac{10,5}{2} = 5,25 \text{ моль.}$$

Визначаємо число структурних одиниць (молекул) водню:

$$N(\text{H}_2) = \nu(\text{H}_2) \cdot N_A; \quad N(\text{H}_2) = 5,25 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 31,605 \cdot 10^{23}.$$

Відповідь: в молекулярному водню масою 10,5 г міститься $31,605 \cdot 10^{23}$ молекул.

Газові закони. Молярний об'єм газу. Об'ємна частка

Для розрахунків за газовими законами за нормальних умов (н.у.: $P = 101325 \text{ Па} = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$; $T = 273 \text{ К}$) використовуємо наступні формули:

$$V_m = \frac{V}{\nu},$$

де $V_m = 22,4 \text{ дм}^3$ – молярний об'єм газу за н.у.;

V – об'єм газу.

На основі закону Авогадро ([2] С.25; [3] С.19; [5] С.28) визначають молярні маси газоподібних речовин. Звідки:

$$\nu_1 = \nu_2, \quad \nu = \frac{m}{M}.$$

де m – маса газу; M – молярна маса газу;

та

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{M_1}{M_2},$$

Позначивши $\frac{m_1}{m_2} = D$, отримаємо $D = \frac{M_1}{M_2}$;

де D – відносна густина першого газу за другим.

Дуже часто густину газу визначають відносно найлегшого газу – водню, молярна маса якого дорівнює 2 г/моль:

$$D_{\text{H}_2} = \frac{M}{M(\text{H}_2)}; \quad \text{тоді} \quad M = 2 \cdot D_{\text{H}_2}$$

Також густину газу визначають відносно повітря ($D_{\text{нов}}$). ($M_{\text{нов}} = 29$ г/моль. У цьому випадку молярна маса визначається:

$$M = 29 \cdot D_{\text{нов}}.$$

Закон Бойля-Маріотта ([2] С.30):

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_2}{p_1} \quad \text{або} \quad p_1 V_1 = p_2 V_2 = p_3 V_3 = \dots, \quad \text{тобто} \quad pV = \text{const}.$$

Закон Гей-Люссака:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{або} \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad (V = \text{const})$$

Об'єднаний закон Бойля-Маріотта і Гей-Люссака:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

Якщо здійснюється перехід до нормальних умов, то $\frac{V_0 p_0}{T_0} = \frac{V p}{T}$.

Для будь-якого газу кількістю речовини 1 моль величина $\frac{V_0 p_0}{T_0}$ стала

і однакова, тому її називають універсальною газовою сталою R , яка дорівнює 8,314 Дж/моль·К.

$$pV = \frac{m}{M}RT, \text{ якщо вимір } V \text{ у м}^3 \text{ та } pV = 1000 \frac{m}{M}RT, \text{ коли } V \text{ у дм}^3.$$

Це рівняння одержало назву *рівняння Менделєєва-Клапейрона* і визнано *рівнянням стану ідеального газу*.

Приклад 1. Знайти число молекул H_2 , що міститься в $5,6 \text{ дм}^3$ водню.

Розв'язання: Оскільки $\frac{V}{V_m} = \frac{n_{\text{молекул}}}{N_A}$, то

$$n_{\text{молекул}} = \frac{V \cdot N_A}{V_m} = \frac{5,6 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{22,4} = 1,5 \cdot 10^{23} \text{ молекул.}$$

Відповідь: в $5,6 \text{ дм}^3$ водню міститься $1,5 \cdot 10^{23}$ молекул H_2 .

Приклад 2. Визначити кількість речовини CO_2 , що міститься в $11,5 \text{ дм}^3$ цього газу – оксиду карбону (IV), діоксиду карбону або вуглекислого газу.

Розв'язання:
$$v = \frac{V}{V_m} = \frac{11,5}{22,4} = 0,513 \text{ моль.}$$

Відповідь: в $11,5 \text{ дм}^3$ CO_2 знаходиться $0,513$ моль речовини.

Приклад 3. Знайти об'єм, що займає 10 г кисню O_2 .

Розв'язання:
$$\frac{m}{M} = \frac{V}{V_m},$$

де $M(O_2) = 32 \text{ г/моль}$.

$$V = \frac{m \cdot V_m}{M} = \frac{10 \cdot 22,4}{32} = 7 \text{ дм}^3.$$

Відповідь: 10 г кисню займає об'єм 7 дм^3 .

Приклад 4. Знайти масу 1 дм^3 метану CH_4 (н.у.).

Розв'язання: Маса 1 дм^3 газу – це густина газу, тому використовуємо формули:

$$M = \rho \cdot V_m$$

$$\rho = \frac{M}{V_m} = \frac{16 \text{ г/моль}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,714 \text{ г/л.}$$

де $M(CH_4) = 16 \text{ г/моль}$.

Відповідь: маса 1 дм^3 CH_4 дорівнює $0,714 \text{ г}$.

Приклад 5. Знайти молярну масу невідомого газу, якщо відносна густина його за гелієм дорівнює 11 .

Розв'язок.
$$M = D(He) \cdot M(He) = 11 \cdot 4 = 44 \text{ г/моль.}$$

де $M(He) = 4 \text{ г/моль}$.

Відповідь: молярна маса газу дорівнює 44 г/моль .

Приклад 6. Який об'єм займає оксид сульфуру (IV), або діоксид сульфуру (SO_2) масою 100 г при температурі $25^\circ C$ і тиску 125 кПа.

Розв'язання: а) за об'єднаним законом Бойля-Маріотта та Гей-Люссака

Визначаємо кількість речовини сірководню

$$\nu(SO_2) = \frac{m(SO_2)}{M(SO_2)}; \quad \nu(SO_2) = \frac{100}{64} = 1,56 \text{ моль.}$$

де $M(SO_2) = 64$ г/моль

Визначаємо об'єм газу за н.у.:

$$V(SO_2) = \nu(SO_2) \cdot V_m; \quad V(SO_2) = 1,56 \cdot 22,4 = 34,9 \text{ л.}$$

Визначаємо об'єм діоксиду сульфуру за даними умовами, користуючись формулою об'єданого газового закону Бойля-Маріотта і Гей-Люссака:

$$\frac{V_0 p_0}{T_0} = \frac{V_1 p_1}{T_1},$$

де $p_0 = 101,3$ кПа; $T_0 = 273$ К; V_0 – тиск, температура, об'єм за н.у.;

$p_1 = 125$ кПа; $T_1 = (273+25) = 298$ К, V_1 – тиск, температура, об'єм за даних умов.

$$V_1 = \frac{p_0 V_0 T_1}{p_1 T_0}; \quad V_1(SO_2) = \frac{101,3 \cdot 298 \cdot 34,9}{125 \cdot 273} = 30,32 \text{ дм}^3.$$

б) за рівнянням Менделєєва-Клапейрона

$$pV = \frac{m}{M}RT \quad \text{звідси} \quad V = \frac{m \cdot R \cdot T}{M \cdot p}$$
$$V = \frac{100 \cdot 8,314 \cdot (273 + 25)}{64 \cdot 125} = 30,32 \text{ дм}^3.$$

Відповідь: об'єм оксиду сульфуру (IV) дорівнює $30,32 \text{ дм}^3$.

Приклад 7. Маса 500 см^3 газу, взятого за температури $27^\circ C$ і тиску 101300 Па, дорівнює 0,568 г. Визначити молярну масу цього газу.

Розв'язання: За рівнянням Менделєєва-Клапейрона визначаємо молярну масу газу:

$$M = \frac{1000mRT}{pV}$$

$P = 101300$ Па, $V = 0,50$ л, $T = (273+27) = 300$ К, $m = 0,568$ г.

$$M = \frac{1000 \cdot 0,568 \cdot 8,314 \cdot 300}{101300 \cdot 0,5} = 28 \text{ г/моль.}$$

Відповідь: молярна маса газу дорівнює 28 г/моль .

Закон еквівалентів

Приклад 1. Визначити молярну масу еквівалента Мангану в оксиді Mn_2O_7 .

Розв'язання: Визначаємо валентність Мангану: $B(Mn) = 7$.

За формулою $B = \frac{M}{M_{екв}}$ знаходимо $M_{екв}(Mn) = \frac{M(Mn)}{B(Mn)}$

$$M_{екв} = \frac{55}{7} = 7,85 \text{ г/моль.}$$

Відповідь: молярна маса еквівалента Мангана в оксиді Mn_2O_7 дорівнює 7,85 г/моль.

Приклад 2. Визначити молярну масу еквівалента H_3PO_3 .

Розв'язання: За формулою $M_{екв} = f_{екв} \cdot M$ можна розрахувати $M_{екв}(H_3PO_3)$. Для цього потрібно визначити фактор еквівалентності ($f_{екв}$) кислоти:

$$f_{екв}(H_3PO_3) = \frac{1}{n(H^+)}; \quad f_{екв}(H_3PO_3) = \frac{1}{3},$$

$$M_{екв}(H_3PO_3) = f_{екв}(H_3PO_3) \cdot M(H_3PO_3) = \frac{1}{3} \cdot 82 = 27,33 \text{ г/моль.}$$

Відповідь: молярна маса еквівалента $H_3PO_3 = 27,33$ г/моль.

Приклад 3. Обчислити молярну масу еквівалента Феруму, знаючи що його хлорид містить 65,5% Хлору. Яку валентність виявляє Ферум та яка формула хлориду заліза, що утворюється при цьому? Молярна маса еквівалента хлору дорівнює 35,45 г/моль $\approx 35,5$ г/моль

Розв'язання: Оскільки в умовах наведені масові частки, то відносно до маси сполуки в 100 г, їх можна визнати за маси.

Знаходимо $m_{Me} = m_{сн} - m_{Cl}; \quad m_{Me} = 100 - 65,5 = 34,5 \text{ г}$

Розраховуємо $M_{екв}(Me)$ згідно $\frac{m_{Me}}{m_{Cl}} = \frac{M_{екв}(Me)}{M_{екв}(Cl)}$

$$M_{екв}(Me) = \frac{m(Me) \cdot M_{екв}(Cl)}{m(Cl)}; \quad M_{екв}(Me) = \frac{34,5 \cdot 35,5}{65,5} = 18,7 \text{ г/моль};$$

Обчислюємо валентність: $B(Fe) = \frac{M(Fe)}{M_{екв}(Fe)}; \quad B(Fe) = \frac{56}{18,7} = 3.$

Формула хлориду, що утворюється: $FeCl_3$.

Відповідь: молярна маса еквівалента Ферума = 18,7 г/моль.

Приклад 4. Чому дорівнює молярна маса еквівалента двовалентного металу, якщо 0,082 г металу при взаємодії з кислотою утворюють 75,6 см³ водню. Визначте який це метал, розрахуйте молярну масу еквівалента його оксиду.

$$\text{Розв'язання: } \frac{m(\text{Me})}{V(\text{H}_2)} = \frac{M_{\text{екв}}(\text{Me})}{V_{\text{екв}}(\text{H}_2)}, \quad \frac{m(\text{Me})}{M_{\text{екв}}(\text{Me})} = \frac{V(\text{H}_2)}{V_{\text{екв}}(\text{H}_2)}$$

де $V_{\text{екв}}(\text{H}_2) = f_{\text{екв}} \cdot V_m = 1/2 \cdot 22,4 = 11,2 \text{ дм}^3$.

$$M_{\text{екв}}(\text{Me}) = \frac{m(\text{Me}) \cdot V_{\text{екв}}(\text{H}_2)}{V(\text{H}_2)} = \frac{0,082 \cdot 11,2}{0,0756} = 12,15 \text{ г/моль},$$

то $M(\text{Me}) = \nu \cdot M_{\text{екв}}(\text{Me}) = 2 \cdot 12,15 = 24,30 \text{ г/моль}$. Це метал – Магній.

$$M_{\text{екв}}(\text{MeO}) = M_{\text{екв}}(\text{Me}) + M_{\text{екв}}(\text{O}) = 12,15 + 8 = 20,15 \text{ г/моль}.$$

де $M_{\text{екв}}(\text{O}) = f_{\text{екв}}(\text{O}) \cdot M(\text{O}) = 1/2 \cdot 16 = 8 \text{ г/моль}$.

Відповідь: молярна маса еквівалента двовалентного металу дорівнює 12,15 г/моль; молярна маса еквівалента оксиду магнію становить 20,15 г/моль.

Приклад 5. 3,31 г плюмбуму (II), взаємодіючи з нітратною кислотою утворюють 5,29 г нітрату плюмбуму. Знайти молярну масу еквівалента плюмбуму.

$$\text{Розв'язання: Згідно закону еквівалентів: } \frac{m(A)}{M_{\text{екв}}(A)} = \frac{m(B)}{M_{\text{екв}}(B)};$$

$$\frac{m(\text{Pb})}{M_{\text{екв}}(\text{Pb})} = \frac{m(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2)}{M_{\text{екв}}(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2)};$$

де $M_{\text{екв}}(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = M_{\text{екв}}(\text{Pb}) + M_{\text{екв}}(\text{NO}_3^-)$;

Записуємо закон еквівалентів, враховуючи маси та попередні записи:

$$\frac{3,31}{M_{\text{екв}}(\text{Pb})} = \frac{5,29}{M_{\text{екв}}(\text{Pb}) + M_{\text{екв}}(\text{NO}_3^-)};$$

де $M_{\text{екв}}(\text{NO}_3^-) = f_{\text{екв}} \cdot M(\text{NO}_3^-) = 1 \cdot (14 + 3 \cdot 16) = 62 \text{ г/моль}$.

$$\frac{3,31}{M_{\text{екв}}(\text{Pb})} = \frac{5,29}{M_{\text{екв}}(\text{Pb}) + 62}.$$

За рішенням цього рівняння отримаємо:

$$3,31 \cdot [M_{\text{екв}}(\text{Pb}) + 62] = 5,29 M_{\text{екв}}(\text{Pb})$$

$$M_{\text{екв}}(\text{Pb}) = 103,6 \text{ г/моль}.$$

Відповідь: молярна маса еквівалента плюмбуму дорівнює 103,6 г/моль.

Приклад 6. Визначити молярну масу еквівалента кислоти якщо її маса 3,15 г повністю нейтралізована гідроксидом натрію масою 2,0 г.

$$\text{Розв'язання: } M_{\text{екв}}(\text{кислоти}) = \frac{m(\kappa - \text{ти}) \cdot M_{\text{екв}}(\text{NaOH})}{m(\text{NaOH})}$$

$$M_{\text{екв}}(\text{кислоти}) = \frac{3,15 \text{ г} \cdot 40 \text{ г/моль}}{2,0 \text{ г}} = 63 \text{ г/моль},$$

де $M_{\text{екв}}(\text{NaOH}) = f_{\text{екв}} \cdot M(\text{NaOH}) = 1 \cdot 40 \text{ г/моль} = 40 \text{ г/моль}$.

Відповідь: молярна маса еквівалента кислоти = 63 г/моль.

1.2 Будова атома

1.2.1 Моделі атома

У період відкриття перших трьох фундаментальних елементарних частинок – електрона (e^-), протона (p^+) та нейтрона (n^0) – було висунуто цілий ряд моделей будови атома ([2] С.67-90; [3] С.44-54; [5] С.71-72).

1.2.2 Квантові числа, їх фізичний зміст

Стан електрона в атомі описується чотирма квантовими числами ([2] С.79, 81, 85, 88; [3] С.50, 52; [5] С.71-79).

Звертаємо увагу на наступне:

Для енергетичних рівнів електрона у атомі прийнято такі літерні позначення:

головне квантове число n :	1 2 3 4 5 6 7
позначення енергетичного рівня	<i>K L M N O P Q</i>
орбітальне квантове число l :	0; 1; 2; 3;
енергетичні підрівні	<i>s, p, d, f.</i>

Атомна орбіталь позначають як квадрат: \square . У такому вигляді вона іменується квантовою коміркою.

Числові значення магнітного квантового числа m_l – кількості орієнтувань залежать від орбітального квантового числа (енергетичного підрівня) і дорівнюють ряду чисел у межах від $-l \dots 0 \dots +l$ (табл.1.1).

Таблиця 1 – Значення магнітного квантового числа

l	l - літерне позначення	$m_l = -l \dots 0 \dots +l$ магнітне квантове число	Кількість орієнтувань $m_l = 2 \cdot l + 1$
0	<i>s</i>	0	1
1	<i>p</i>	-1, 0, +1	3
2	<i>d</i>	-2, -1, 0, +1, +2	5
3	<i>f</i>	-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3	7

Спіновий момент кількості руху електрона квантується і може набувати значення $+1/2$ та $-1/2$; носить назву «спіну», позначають m_s .

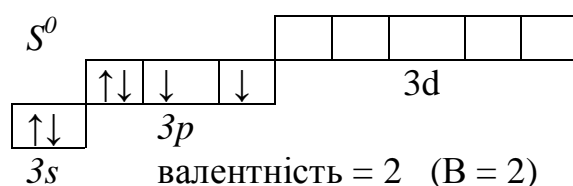
Електрони, які мають однаковий напрямок спіна $\uparrow\uparrow$ називаються *паралельними*, при протилежних значеннях спінів $\uparrow\downarrow$ - *антипаралельними*.

1.2.3 Електронні формули атомів ([2] С.88-100; [3] С.52-54; [5] С. 82-87)

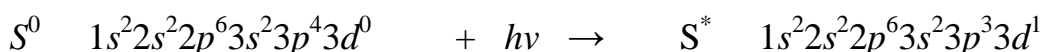
1.2.4 Електронні формули атомів у збудженому стані

Наприклад, стаціонарний стан електронів у атомі Сульфуру записується формулою ${}_{16}\text{S } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ або $\text{S} \dots 3s^2 3p^4$, остання вказує валентні електрони (валентність - кількість зв'язків або кількість неспарених електронів).

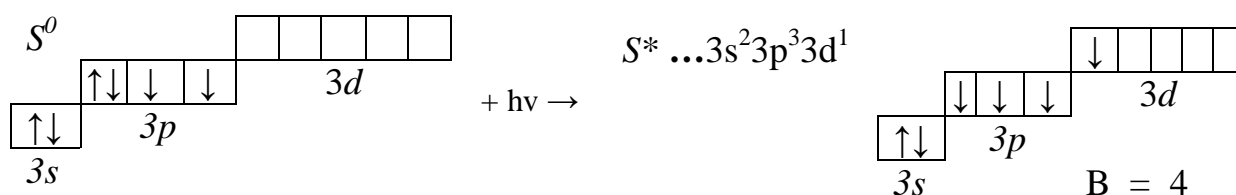
На третьому енергетичному рівні є вакантні d -орбіталі, куди можуть при збудженні переходити електрони з p - та s -підрівнів третього енергетичного рівня.



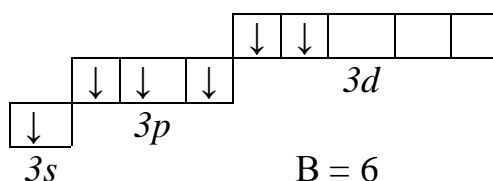
Електронна формула першого збудженого стану атома Сульфуру S^* :



або:



Електронна формула другого збудженого стану $\text{S}^* \dots 3s^2 3p^3 3d^1 + h\nu \rightarrow \text{S}^{**} 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3p^3 3d^2$ або $\dots 3s^1 3p^3 3d^2$

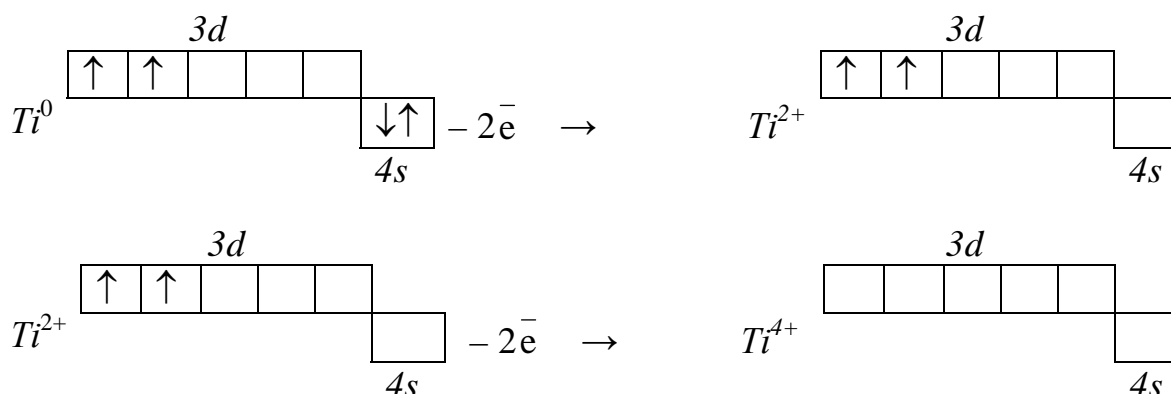
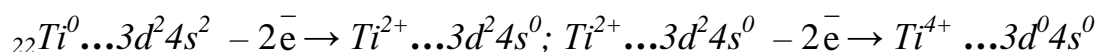


Внаслідок збудження усі електрони зовнішнього енергетичного рівня Сульфуру стали неспареними, але кількість електронів незмінна.

1.2.5 Електронні формули йонів

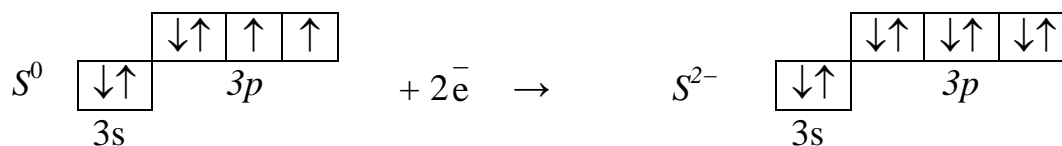
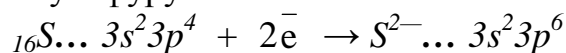
Електронні формули йонів відрізняються від електронних формул атомів. При утворенні йонів атоми можуть як втрачати так й приймати електрони. Важливо мати уявлення про валентні електрони. Валентні електрони – це електрони зовнішнього рівня (n) та попереднього підрівня (l), якщо він незаповнений. Наприклад електронна формула атома Ті:

${}_{22}\text{Ti}^0 \quad 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$, валентні електрони $\text{Ti}^0 \dots 3d^2 4s^2$, де 4 – зовнішній рівень (n), а попередній підрівень $3d^2$, на якому з 10 електронів (можливих) міститься тільки $2\bar{e}$.



При утворенні позитивних йонів з атомів *s*- та *p*-елементів відриваються останні прийняті електрони з зовнішнього рівня. Атоми металів втрачають електрони, утворюючи тільки позитивно заряджені йони.

При утворенні негативно заряджених йонів, приєднання електронів відбувається на неповністю заповнені зовнішні орбіталі атома до їх завершення (p^6). Для Сульфуру маємо:



1.2.6 Формулювання періодичного закону Д.І. Менделєєва ([2] С.50-59; [3] С.233-242; [5] С.88-97)

Одним з найважливіших законів природи є періодичний закон, відкритий Д.І. Менделєєвим у 1869 р. ([2] С.50; [3] С.234; [5] С.88)

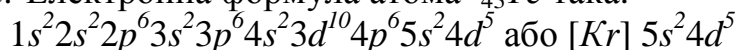
1.2.7 Періодична зміна властивостей хімічних елементів

Місце елемента в таблиці визначається його властивостями і, навпаки, кожному місцю відповідає елемент, що має певну сукупність хімічних властивостей. Тому, знаючи положення елемента в таблиці, можна досить точно вказати на його властивості ([2] С.56-59; [3] С.235-238; [5] С.90-97)

1.2.8 Приклади розв'язання завдань

Приклад 1. Записати електронну формулу атома *Tc* (Технецій).

Розв'язання: Електронна формула атома ${}_{43}\text{Tc}$ така:



де 1, 2, 3, 4, 3, 4, 5, 4 – енергетичні рівні; *s, p, d* – підрівні.

Приклад 2. Визначити валентні електрони елемента.

Розв'язання: Електрони на останньому рівні та попередньому підрівні, якщо він незаповнений, є валентними.

У $Tc \dots 5s^2 4d^5$ – валентні електрони

останній рівень (n), попередній незаповнений підрівень (l) - $4d$

Приклад 3. Згідно правилам Клечковського підтвердити порядок заповнення енергетичних рівнів та підрівнів.

Розв'язання: Порядок послідовного заповнення рівнів та підрівнів відповідає найменшому запасу енергії ($n+l$).

	$1s^2$	$2s^2$	$2p^6$	$3s^2$	$3p^6$	$4s^2$	$3d^{10}$	$4p^6$	$5s^2$	$4d^5$
n	1	2	2	3	3	4	3	4	5	4
l	0	0	1	0	1	0	2	1	0	2
$n+l$	1	2	3	3	4	4	5	5	5	6

тому що s -, p -, d -, f -підрівням відповідають чисельні значення 0, 1, 2, 3.

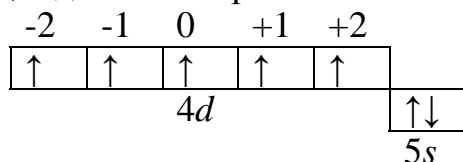
За другим правилом Клечковського: при однаковому значенні сум $n+l$ для $2p^6$ і $3s^2$ та $3p^6$ і $4s^2$ спочатку заповнюються орбіталі $2p$ та $3p$, а потім $3s$ та $4s$.

Приклад 4. У наведеної електронної формули ${}_{43}Tc \dots 4p^6 5s^2 4d^5$ визначити валентні електрони та охарактеризувати їх за допомогою чотирьох квантових чисел.

Розв'язання: Валентні електрони атомів знаходяться на останньому рівні та попередньому підрівні, якщо він незаповнений. Останній рівень – 5. Попередній підрівень – $4d$ може бути заповнений 10 електронами. Але у Tc на $4d$ знаходяться тільки 5 електронів, тобто попередній підрівень не повністю заповнений. Тому валентні електрони Tc - $\dots 4d^5 5s^2$ або $\dots 5s^2 4d^5$

Запишемо кожен електрон окремо та квантові числа: n , l , m_l , m_s . Головне квантове число (n) вказує на номер енергетичного рівня. Тому для $4d^1 - 4d^5$ енергетичний рівень дорівнює 4, а для $5s^1$, $5s^2$ електронів – п'яти.

Орбітальне квантове число l : (s , p , d або f) електрона вказує на енергетичний підрівень електрона в атомі, значення l для всіх d -електронів однакові – 2, а для s -електронів – 0. Маємо:



- графічне зображення валентних електронів Tc

	n	l	m_l	m_s
$4d^1$	4	2	-2	-1/2
$4d^2$	4	2	-1	-1/2
$4d^3$	4	2	0	-1/2
$4d^4$	4	2	+1	-1/2
$4d^5$	4	2	+2	-1/2
$5s^1$	5	0	0	-1/2
$5s^2$	5	0	0	+1/2

Кількість орбіталей на тому чи іншому підрівні обумовлена магнітним квантовим числом $m_l = 2l + 1$ і маємо для s -підрівня = 1, для $p = 3$, для $d = 5$, для $f = 7$ енергетичних комірок. Кожна комірка має своє значення, яке визначається за формулою $m_l = -l \dots 0 \dots +l$.

Так, енергетична комірка на s -підрівні – одна, її магнітне квантове число набуває значення «0».

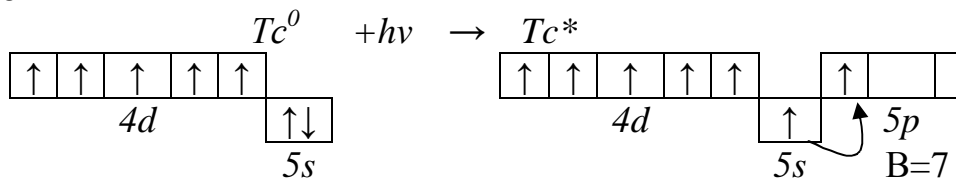
На p -підрівні – 3 енергетичні комірки, які мають значення $m_l = \langle -1 \rangle, \langle 0 \rangle, \langle +1 \rangle$. На d -підрівні – 5 комірок зі значенням $m_l = \langle -2 \rangle, \langle -1 \rangle, \langle 0 \rangle, \langle +1 \rangle, \langle +2 \rangle$. Так само для f -підрівня значення m_l становить $\langle -3 \rangle, \langle -2 \rangle, \langle -1 \rangle, \langle 0 \rangle, \langle +1 \rangle, \langle +2 \rangle, \langle +3 \rangle$.

Таким чином, для $4d^1$ електрона m_l дорівнює $\langle -2 \rangle$, а для $5s^1 = \langle 0 \rangle$.

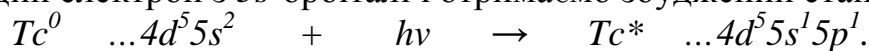
Спінове квантове число (m_s) характеризує рух електрона навколо власної осі. Кількість руху електрона квантується і може набувати значення $+1/2$ та $-1/2$. Усі паралельні електрони приймають однакові значення: для $4d^1-4d^5$ і $5s^1$ це значення $\langle -1/2 \rangle$, а у $5s^2$ – антипаралельного електрона – $\langle +1/2 \rangle$.

Приклад 5. Записати електронні формули атомів у збудженому стані та визначити їх максимальну валентність.

Розв'язання: Валентні електрони $Tc \dots 4d^5 5s^2$ можна графічно відобразити



Звідси бачимо, що на $5s$ орбіталі маємо 2 спарених електрони. Якщо додати квант енергії, то їх можна розпарувати, тобто один з електронів перевести на більш високий підрівень. На наступному $5p$ підрівні маємо вільні енергетичні комірки. Туди після одержання додаткової енергії перейде один електрон з $5s$ -орбіталі і отримаємо збуджений стан атому Tc^*



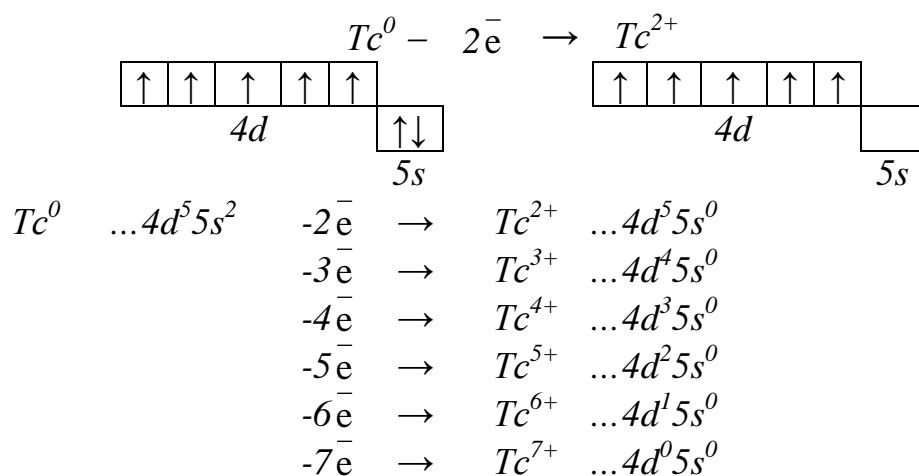
У збудженому стані атома зростає валентність. Вона визначається по кількості неспарених електронів. Для Tc^* валентність дорівнює 7.

Збуджених станів може бути декілька. Це залежить від кількості пар спарених електронів.

Приклад 6. Записати електронні формули йонів з характерним ступенем окиснення для їх атомів: Tc (Технецій).

Розв'язання: Йони утворюються коли атом приймає чи віддає електрони. Атом Tc не може прийняти електрони, бо зовнішній підрівень $5s$ у нього заповнений – на ньому 2 електрони. А попередній $4d$ підрівень, на якому 5 електронів не може приймати електрони, бо він закритий – «екранований» зовнішніми $5s$ -електронами. Тому атом Tc може тільки

віддавати електрони. Електрони покидають зовнішні орбіталі і завжди їх повністю звільнюють:



Звідси зрозуміло, що у Tc можуть бути 7 ступенів окиснення: Tc^0 , Tc^{+2} , Tc^{+3} , Tc^{+4} , Tc^{+5} , Tc^{+6} , Tc^{+7} .

Приклад 7. Визначити до якої родини належить елемент, якщо його електронна формула закінчується так $\dots 4p^6 4d^3 5s^2$. Пояснити які властивості він має: металеві чи неметалеві.

Розв'язання: Порядок заповнення електронами рівнів та підрівнів за правилами Клечковського становить: $\dots 4p^6 5s^2 4d^3$. Тобто останній електрон заповнює d -підрівень. Тому цей елемент відноситься до d -родини. Якщо елемент належить до s -, d -, f -родин, то цей елемент завжди метал. Тобто для цього елемента характерні металеві властивості.

Приклад 8. Визначити родину, до якої належить елемент, якщо його електронна формула – $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$. Вказати які властивості для нього характерні: металеві чи неметалеві. Який це елемент?

Розв'язання: Валентні електрони атома – це електрони, які знаходяться на останньому рівні та попередньому підрівні, якщо він не повністю заповнений.

Останній електронний рівень у цього атома – $3s^2 3p^4$; попередній підрівень – $2p^6$ – заповнений. Тому валентні електрони: $\dots 3s^2 3p^4$. Останній електрон заповнює p -підрівень, тому елемент належить до p -сімейства. Що до його властивостей, то насамперед треба визначити де знаходиться цей елемент у p -сімействі: вище діагоналі для p -елементів $B-At$, чи нижче. Якщо p -елемент знаходиться на діагоналі $B-At$ або лежить вище її, то йому притаманні неметалеві властивості. Якщо нижче – металеві. Цей елемент лежить вище діагоналі $B-At$, тому він неметал. Це – Сульфур.

Приклад 9. Визначити положення елемента в періодичній системі Д.І. Менделєєва за його електронною формулою $\dots 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^6$.

Розв'язання: Валентні електрони елемента: $\dots 5s^2 4d^6$. Цифра 5 вказує на зовнішній енергетичний рівень, тобто на номер періоду – 5. Кількість

валентних електронів: $2 + 6 = 8$ позначає номер групи – 8. Елемент належить до d -родини. Елементи s - і p -родин належать до головних підгруп, а елементи d - і f -родин – до побічних підгруп.

Відповідь: елемент, який має $\dots 5s^2 4d^6$ валентні електрони знаходиться у 5 періоді, 8 групі, побічній підгрупі періодичної системи Д.І. Менделєєва. Цей елемент - *Ru* - рутеній.

1.3 Хімічний зв'язок

1.3.1 Виникнення хімічного зв'язку

([2] С.118-160; [3] С.71-94; [5] С.98-112)

Хімічний зв'язок – це наслідок взаємодії електронів і ядер атомів, що приводить до зменшення енергії системи. Відомі кілька типів хімічного зв'язку. Основними є ковалентний та йонний.

1.3.2 Ковалентний зв'язок

([2] С.131-138; [3] С.78-88; [5] С.99-100)

Таблиця 2 – Найважливіші характеристики хімічного зв'язку в двохатомних молекулах простих речовин

<i>Формула речовини</i>	<i>Зв'язок</i>	<i>Енергія зв'язку, кДж/моль</i>	<i>Довжина зв'язку, нм</i>
H ₂	H — H	435,0	0,074
F ₂	F — F	159,0	0,142
O ₂	O = O	498,7	0,120
N ₂	N ≡ N	945,6	0,109
Cl ₂	Cl — Cl	242,3	0,198
S ₂	S = S	417,6	0,189
P ₂	P ≡ P	489,1	0,188

1.3.3 Метод валентних зв'язків

При утворенні хімічного зв'язку взаємодіють електрони зовнішніх електронних орбіталей – валентні електрони ([2] С.130-146; [3] С.79-83)

1.3.4 Гібридизація орбіталей та просторова конфігурація молекул

([2] С.138-142; [5] С.101-104)

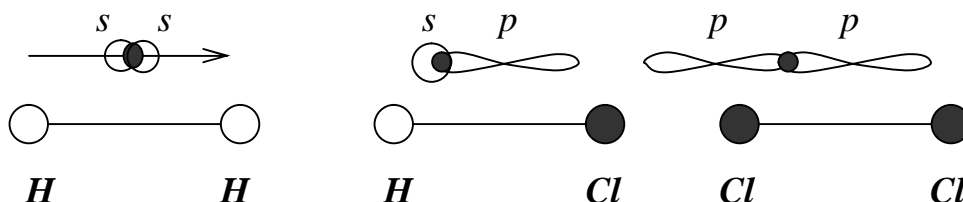
Електрони, що беруть участь в утворенні ковалентного зв'язку, перебувають у різних станах, тобто перебувають на різних атомних орбіталах. Здавалось б, що й зв'язки в молекулі за міцністю повинні бути нерівноцінними. Однак досвід показує, що вони рівноцінні.

Рівноцінність їх пояснює *теорія гібридизації атомних орбіталей*, згідно якої при утворенні молекул відбуваються зміни форм і енергій

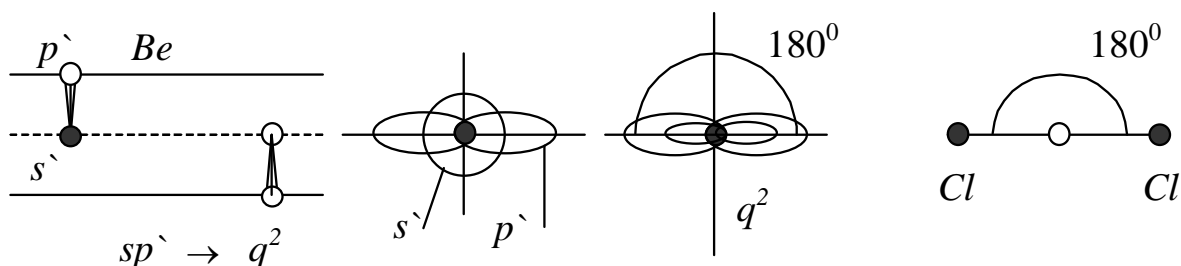
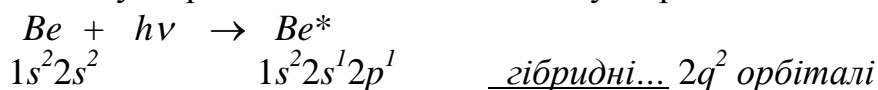
електронних хмар і утворюються рівноцінні гібридні хмари однакової форми, які мають симетричне положення у просторі.

Напрямок ковалентного зв'язку обумовлює просторову конфігурацію молекул, тобто їх геометричну форму.

Якщо у перекритті електронних хмар приймає участь s^1-s^1 – валентні електрони (наприклад, молекула H_2) або електрони s^1-p^1 підрівней (наприклад, молекула HCl) чи електрони p^1-p^1 підрівней (молекула Cl_2), то молекули мають лінійну форму.



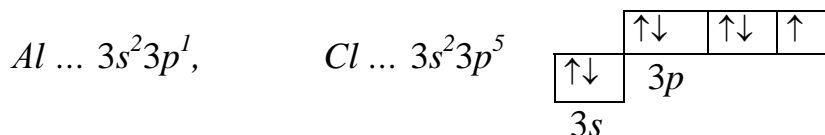
Тип гібридизації обумовлено характером електронів, які беруть участь в гібридизації. Розглянемо утворення молекули $BeCl_2$. Ступінь окиснення Берилію в молекулі +2, хлору –1. У стаціонарному стані берилію ($Be\ 1s^2 2s^2$) валентність атому дорівнює нулю, в молекулі Берилій – двовалентен. Тобто для утворення двох зв'язків атому Берилію необхідно збудження :



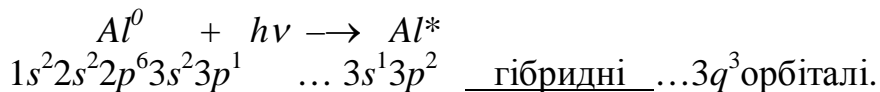
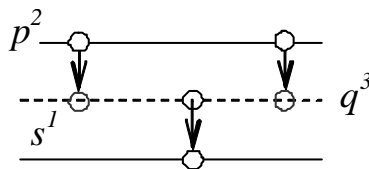
Внаслідок цього утворюються дві рівноцінні sp -гібридні орбіталі (q), які знаходяться в просторі під кутом 180° . Така sp -гібридизація характерна для елементів II групи, а їхні молекули мають лінійну форму.

Для елементів III групи характерна sp^2 -гібридизація. Молекули – плоскої трикутної форми, кут між напрямком зв'язку – 120° .

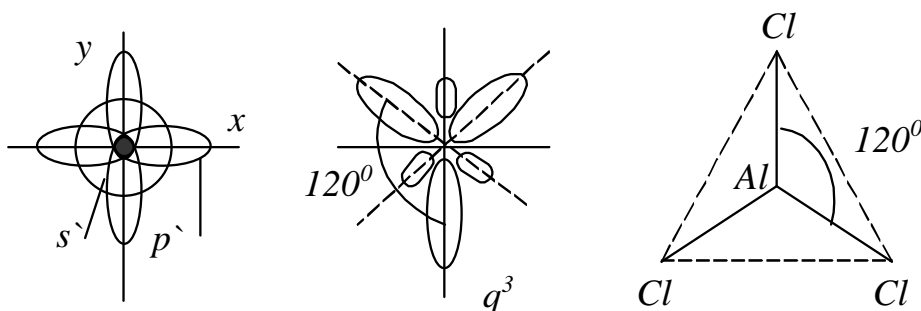
У молекулі хлориду алюмінію $AlCl_3$ у атома хлору один неспарений p -електрон



приймає участь в утворенні хімічного зв'язку. У атома Алюмінію в утворенні зв'язку приймають участь три електрони. Таким чином, з атомом Алюмінію взаємодіють три атоми Хлору. Якщо об'єднати ядра атомів, які утворюють зв'язки, то одержимо плоский трикутник.



Три sp^2 -гібридні орбіталі розташовані під кутом 120°

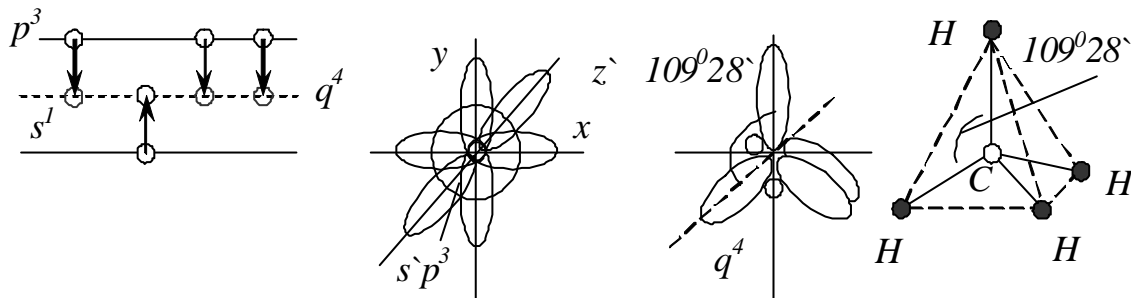


У молекулі метану CH_4 в утворенні зв'язку беруть участь чотири рівноцінних гібридних орбіталі атому Карбону – sp^3 -гібридизація.

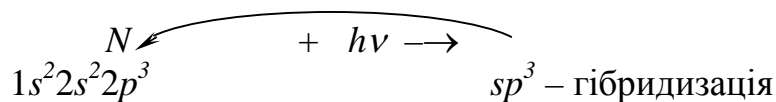
$$C + h\nu \rightarrow C^*$$

$$1s^2 2s^2 2p^2 \quad \dots \quad 1s^2 2s^1 2p^3 \quad \underline{\text{гібридні}} \quad \dots 2q^4 \text{ орбіталі}$$

4 зв'язка sp^3 -гібридних хмар утворюють неправильний тетраедр з кутом $109^\circ 28'$.



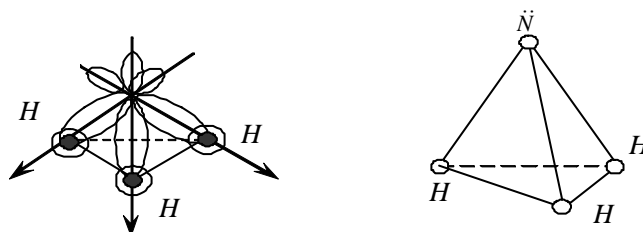
СПОЛУКИ АЗОТУ ТА КИСНЮ. У молекулі амоніаку NH_3 в утворенні зв'язку приймають участь 3 орбіталі із чотирьох. У атома Нітрогену нема збудженого стану, бо на другому рівні відсутні d -орбіталі



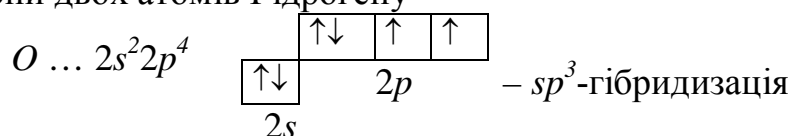
та $2s$ -орбіталь зайнята парою електронів.

Через слабке відштовхування, яке існує між орбітальми, які беруть участь в утворенні зв'язку, та зайнятою $2s$ -орбітальною, валентний кут змінюється до $107^\circ 18'$. При взаємодії трьох атомів утворюється пірамідальна молекула. Такі молекули характерні для елементів VA групи. У молекулі амоніаку три p -електронні хмари Нітрогену розподіляються по координатним вісям і перекриваються з s -електронами атомів Гідрогену.

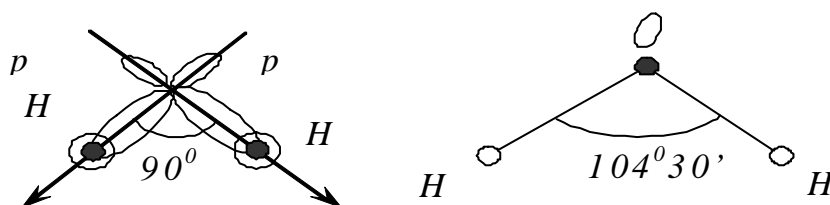
У вершині піраміди знаходиться атом азоту, а в кутах її трикутної основи – атоми Гідрогену.



При утворенні молекули води H_2O у перекритті електронних хмар приймають участь 2 електрони p -підрівня атома Оксигену $[1s^2 2s^2 2p^4]$ та s -електрони двох атомів Гідрогену



При перекритті p -електронів з s -електронами, завдяки взаємному відштовхуванню кут між напрямком зв'язку досягає $104^\circ 30'$. Таку форму молекул утворюють атоми елементів VIA групи.



1.3.5 Координаційна теорія Вернера і склад комплексних сполук ([2] С.598-622; [3] С.36-40)

Комплексні сполуки були одержані ще в середині XVIII ст.

Комплексні сполуки мають центричну будову, тобто всі групи, що входять до їх складу, певним чином розташовані навколо атома-комплексоутворювача, або центрального атома (йона).

Комплексоутворювач – у переважній більшості йон металу Me^{n+}



Центральним атомом можуть бути майже всі елементи періодичної системи, але найбільшу здатність до комплексоутворення виявляють

d-елементи. Лужні і лужноземельні метали є найменш активними комплексоутворювачами. Таки неметали, як *B*, *Si*, *P*, *As*, виконують роль центрального атома у комплексних сполуках (КС) типу $K[BH_4]$, $H_2[SiF_6]$, $K[PF_6]$ тощо ([2] С.601; [3] С.37).

Комплексоутворювач характеризується *координаційним числом* (к.ч.), тобто числом, яке показує, скільки простих лігандів координується навколо центрального атома. Інакше, к.ч. – це число зв'язків між ними. Утворення комплексу між йоном металу Me^{n+} і лігандом *L* виражають схемами:



Будову молекул деяких комплексних сполук у просторі вперше пояснив А. Вернер ([2] С.599; [3] С.36).

Сполуки з к.ч. 2 типу $[Ag(NH_3)_2]^+$, $[CuCl_2]^-$ характеризуються *sp*-гібридизацією атомних орбіталей (АО) центрального атома, отже комплексоутворювач і ліганд розміщуються на прямій лінії:
 $H_3N \rightarrow Ag^+ \leftarrow NH_3$

У сполуках з к.ч. 4 можливі три способи розміщення лігандів навколо комплексоутворювача: у формі тетраедра, піраміди або квадрата. У першому і другому випадках маємо просторові комплекси (тип гібридизації АО комплексоутворювача sp^3), а в останньому – ліганди і комплексоутворювач розміщені в одній площині (гібридизація dsp^2).

Комплекси з координаційним числом п'ять відомі менше. Вони мають будову тригональної біпіраміди або квадратної піраміди. Це пентакарбоніл Феруму $Fe(CO)_5$, йон $[MnCl_5]^{3-}$.

Для координаційних сполук з координаційним числом 6 теоретично можливі три геометричні моделі комплексних йонів: плоский правильний шестикутник, трикутна призма і октаедр. Проте переважна більшість комплексних йонів утворені d^2sp^3 або sp^3d^2 гібридними атомними орбіталями і тому мають октаедричну будову ([2] С.607-609).

Таблиця 3 – Типи гібридизації орбіталей центрального йона

К.ч.	Гібридні орбіталі центрального йона	Просторова конфігурація гібридних зв'язків	Приклади
2	sp	Пряма лінія	$[Ag(CN)_2]^-$, $[Ag(NH_3)_2]^+$
3	sp^2	Рівносторонній трикутник	NO_3^-
4	sp^3 , d^3s	Тетраедр	NH_4^+ , BF_4^- , CrO_4^{2-}
4	dsp^2	Квадрат	$[Ni(CN)_4]^{2-}$, $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$, $[Pt(NH_3)_4]^{2+}$
6	d^2sp^3 , sp^3d^2	Октаедр	$[Co(NH_3)_6]^{3+}$, $[Fe(CN)_6]^{3-}$, $[Cd(NH_3)_6]^{3+}$
5	dsp^3	Тригональна біпіраміда; квадратна піраміда	$Fe(CO)_5$, $[CuCl_5]^{3-}$, $[MnCl_5]^{3-}$

Назви комплексних сполук утворюються таким чином: спочатку в називному відмінку називають катіон (простий або комплексний), потім простий (чи комплексний) аніон. Назви катіонних комплексів не мають спеціальних закінчень, а аніонні мають суфікс **-ат**, що додається до кореня назви центрального атома.

Таблиця 4 – Назви комплексних сполук за систематичною номенклатурою

<i>КС з комплексним катіоном</i>	<i>КС з комплексним аніоном</i>	<i>Електронеутральний комплекс</i>
$[Cu(NH_3)_4]SO_4$ тетраамінкупрум (II) сульфат	$K_3[Fe(CN)_6]$ калій гексаціаноферат(III)	$Fe(CO)_5$ пентакарбоніл феруму
$[Fe(H_2O)_6]Cl_3$ гексаакваферум(III) хлорид	$Na_3[Al(OH)_6]$ натрій гексагідроксоалюмінат	$Pt(NH_3)_2Br_2$ діаміндібромплатина
$[Cr(OH)_2H_2O(NH_3)_3]Br$ акватриамінгідроксо- хром(III)бромід	$Cs_2[Pt(CN)_4F_2]$ цезій дифлуоротетра- ціаноплатинат(IV)	$Cr(NH_3)_3(NCS)_3$ триамінтритіоціанато хром

Ліганди, що входять до складу комплексу, перелічують за абеткою. Вказуючи їх число, а потім називають центральний атом і в дужках римськими числами зазначають ступінь його окиснення.

Усі координаційні сполуки, крім електронеутральних (карбонілів перехідних металів $(Me(CO)_n)$ або комплексів без зовнішньої координаційної сфери типу $Pt(NH_3)_2Cl_2$, у водних розчинах виявляють властивості сильних електролітів. Вони легко дисоціюють на комплексний йон та йони зовнішньої координаційної сфери ([2] С. 616 - 619, [3] С. 40).

У новій хімічній літературі частіше використовують величину, обернену до константи дисоціації комплексу (або константи нестійкості – K_n), яку називають *константою утворення комплексу*, або *константою стійкості*, і позначають β :

$$\beta = 1 / K_d = 1 / K_n$$

1.3.6 Приклади розв'язання завдань

Полярність хімічного зв'язку, геометрична форма молекул

Приклад 1. Визначити міру полярності хімічного зв'язку в молекулах $AlCl_3$, H_2S , AsH_3

Розв'язання: Міру полярності хімічного зв'язку визначають за різницею значень відносних електронегативностей атомів які утворюють зв'язок. Для цього скористаємось даними таблиці у **додатку 1**.

$AlCl_3$	$EN_{Al} = 1.6$	$EN_{Cl} = 3.0$	$\Delta EN = 1,4$
H_2S	$EN_H = 2.1$	$EN_S = 2.6$	$\Delta EN = 0,5$
AsH_3	$EN_H = 2.1$	$EN_{As} = 2$	$\Delta EN = 0,1$

Максимальне значення ΔEN у $AlCl_3 = 1,4$, з наведених це є найполярніший зв'язок, $\Delta EN (H_2S)$ та $\Delta EN (AsH_3)$ вказують на слабкополярний зв'язок.

Приклад 2. Визначити геометричну форму молекул $AlCl_3$, H_2S , AsH_3 та BCl_3 , CCl_4 .

Розв'язання: По-перше, необхідно встановити, до якого типу молекул належать молекули заданих речовин (типи: A_2 , AB , B_2 , A_2B , A_3B , AB_2 , AB_3 , AB_4 ; де **A** – атом менш електронегативного елемента, **B** – більш електронегативного елемента). Якщо це молекули A_2 , AB , B_2 , то вони двоатомні і мають лінійну форму. Якщо молекули складаються з більш ніж двох атомів, то необхідно:

❖ Знайти центральний атом та його валентність:

$AlCl_3$, центральний атом Al , валентність III;

H_2S центральний атом S , валентність II;

AsH_3 центральний атом As , валентність III;

BCl_3 центральний атом B , валентність III;

CCl_4 центральний атом C , валентність IV.

❖ Скласти електронну та електронно-графічну формули енергетичних рівнів центрального атома, електрони яких беруть участь в утворенні хімічних зв'язків. Оскільки центральні атоми – елементи головних підгруп, то їх валентні електрони розміщені тільки на зовнішньому енергетичному рівні: $_{13}Al \dots 3s^2 3p^1$, $_{16}S \dots 3s^2 3p^4$, $_{15}As \dots 4s^2 4p^3$, $_{4}Be \dots 2s^2$, $_{5}B \dots 2s^2 2p^1$, $_{6}C \dots 2s^2 2p^2$.

❖ Порівняти валентність центрального атома в молекулі з кількістю його неспарених електронів у незбудженому стані. Якщо є незбіжність, то спостерігається гібридизація валентних орбіталей, якщо ж збігається, - то гібридизація відсутня.

$AlCl_3$. Для атома Al кількість неспарених електронів у нормальному (незбудженому) стані дорівнює одиниці, а в сполуці його валентність – III. Тобто атом Al повинен перейти до збудженого стану: $3s^2 + hv \rightarrow 3s^1 3p^2$.

В утворенні зв'язку повинні брати участь один s - і два p -електрони, слід припустити гібридизацію одного s - і двох p -електронів, це sp^2 -гібридизація атомних орбіталей центрального атома Al . Утворює молекули плоскотрикутної форми з валентним кутом 120° .

H_2S . Для атома S кількість неспарених електронів у незбудженому стані дорівнює двом, збігається з його валентністю в H_2S . Оскільки обидва неспарених електрона орієнтовані по двох взаємно перпендикулярних осях, молекули сполуки матимуть кутову форму з валентним кутом $\approx 90^\circ$.

AsH_3 . Атом As в молекулі має три неспарених електрони, тому для нього не потрібно збудженого стану. Три ковалентні зв'язки розташовуються під кутом до атома As , який знаходиться у вершині тригональної піраміди.

BCl_3 . Для атома B кількість неспарених електронів у нормальному (незбудженому) стані дорівнює одиниці, а в сполуці його валентність – III. Тобто атом B повинен перейти до збудженого стану: $2s^2 2p^1 + hv \rightarrow 2s^1 2p^2$.

В утворенні зв'язку повинні брати участь один s - і два p -електрони, слід припустити гібридизацію одного s - і двох p -електронів, це sp^2 -гібридизація атомних орбіталей центрального атома B , утворює молекули плоскотрикутної форми з валентним кутом 120° .

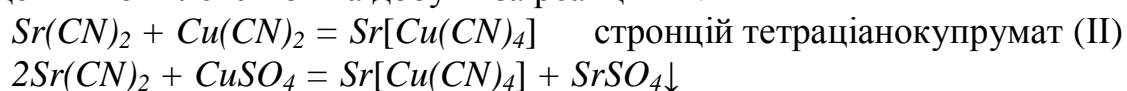
CCl_4 . Для атома C кількість неспарених електронів у нормальному (незбудженому) стані дорівнює двом, а в сполуці його валентність – IV. Тобто атом C повинен перейти до збудженого стану: $2s^2 2p^2 + hv \rightarrow 2s^1 2p^3$.

В утворенні зв'язку повинні брати участь один s - і три p -електрони, слід припустити гібридизацію одного s - і трьох p -електронів, це sp^3 -гібридизація атомних орбіталей центрального атома C . Утворює тетраedr, в якому кут дорівнює $109^\circ 28'$.

Комплексні сполуки

Приклад 1. З частинок Cu^{2+} , Sr^{2+} , CN^- скласти формулу комплексної сполуки та рівняння реакцій за якими можна добути ці сполуки. Дати назву сполуці.

Розв'язання. Треба визначити центральний атом – комплексоутворювач. Це може бути Cu^{2+} або Sr^{2+} , оскільки в більшості випадків центральний атом – це позитивно заряджений йон. Найчастіше це d -елемент, у даному випадку йон Cu^{2+} d -елемент, тобто він може бути комплексоутворювачем. К.ч., як правило, вдвічі більше за ступінь його окиснення, тобто дорівнює 4. Йони Sr^{2+} , s -елемента утворюватимуть зовнішню сферу комплексної сполуки, а ліганди – нейтральні молекули або негативні йони – це CN^- . Отже, отримана формула $Sr[Cu(CN)_4]$ Наведений комплекс можна добути за реакціями:



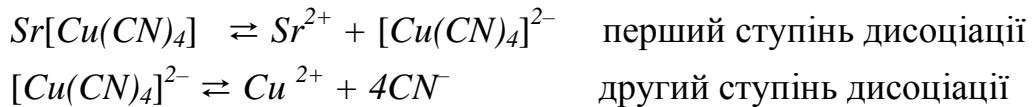
Приклад 2. Дати назву сполукам: $[Ni(NH_3)_4]Cl_2$, $[Pt(NH_3)_4Cl_2]SO_4$, $[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$, $[Cr(H_2O)_6]Br_3$, $[Cu(NH_3)_4](OH)_2$, $Ca[BeF_4]$

Розв'язання:

- $[Ni(NH_3)_4]Cl_2$ – тетраамінікеля(II) хлорид;
- $[Pt(NH_3)_4Cl_2]SO_4$ – тетрааміндихлороплатини(IV) сульфат;
- $[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$ – пентаамінхлорокобальта(III) хлорид;
- $[Cr(H_2O)_6]Br_3$ – гексааквахрома(III) бромід;
- $[Cu(NH_3)_4](OH)_2$ – тетраамінкупрума(II) гідроксид;
- $Ca[BeF_4]$ – кальцій тетрафлуороберилат(II).

Приклад 3. Записати рівняння процесу дисоціації комплексної сполуки $Sr[Cu(CN)_4]$.

Розв'язання:



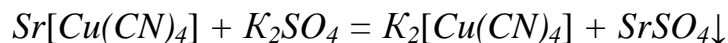
Приклад 3. Навести вираз для константи нестійкості комплексного йона $[Cu(CN)_4]^{2-}$.

Розв'язання: Другий ступінь дисоціації – процес зворотний, його можна охарактеризувати константою хімічної рівноваги або константою нестійкості що до наведеного випадку.

$$K_n([Cu(CN)_4]^{2-}) = \frac{[Cu^{2+}] \cdot [CN^-]^4}{([Cu(CN)_4]^{2-})} = 5 \cdot 10^{-28}.$$

Приклад 4. Скласти рівняння реакції обміну між комплексною сполукою $Sr[Cu(CN)_4]$ і сульфатом калію.

Розв'язання. Рівняння реакції має вигляд:



З наведеного рівняння витікає, що в даному випадку внутрішня сфера комплексної сполуки у хімічній реакції веде себе як єдине ціле з негативно зарядженим ступенем окиснення, це іон $[Cu(CN)_4]^{2-}$

1.4 Завдання до виконання контрольної роботи

1. Об'єм фосфіну (PH_3) за н.у. становить $0,085 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 296 \text{ К}$, та $P = 105050 \text{ Па}$; кількість молекул, що міститься в даному об'ємі; відносну густину газу за воднем та за повітрям.
2. Об'єм оксиду Нітрогену (IV) за н.у. становить $0,038 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 322 \text{ К}$, та $P = 101178 \text{ Па}$; масу цього газу, кількість молекул, що міститься в даному об'ємі.
3. Об'єм етену (C_2H_4) за н.у. становить $0,075 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 376 \text{ К}$, та $P = 101156 \text{ Па}$; кількість молекул, що міститься в даному об'ємі; відносну густину газу за воднем та за повітрям.
4. Об'єм оксиду Гідрогену (I) за н.у. становить $0,041 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 359 \text{ К}$, та $P = 100580 \text{ Па}$; масу цього газу, абсолютну масу його молекул; кількість речовини даного об'єму газу.
5. Об'єм пропану (C_3H_8) за н.у. становить $0,079 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 309 \text{ К}$, та $P = 96780 \text{ Па}$; масу цього газу, його молярний об'єм; абсолютну масу його молекул; кількість речовини даного об'єму газу.
6. Об'єм ацетилену (C_2H_2) за н.у. становить $0,030 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 339 \text{ К}$, та $P = 96989 \text{ Па}$; масу цього газу, його молярний об'єм; абсолютну масу його молекул; кількість речовини даного об'єму газу.
7. Об'єм бутену (C_4H_8) за н.у. становить $0,084 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 328 \text{ К}$, та $P = 101156 \text{ Па}$; кількість молекул, що міститься в даному об'ємі.

8. Об'єм оксиду Нітрогену (IV) за н.у. становить $0,038 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 392 \text{ К}$, та $P = 101078 \text{ Па}$; масу цього газу, кількість молекул, що міститься в даному об'ємі.
8. Об'єм оксиду Нітрогену (II) за н.у. становить $0,061 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 390 \text{ К}$, та $P = 101185 \text{ Па}$; масу цього газу, кількість речовини даного об'єму газу.
10. Об'єм оксиду Карбону (II) за н.у. становить $0,006 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 314 \text{ К}$, та $P = 101210 \text{ Па}$; масу цього газу двома способами, кількість речовини даного об'єму газу.
11. Об'єм сірководню (H_2S) за н.у. становить $0,055 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 296 \text{ К}$, та $P = 101150 \text{ Па}$; кількість молекул, що міститься в даному об'ємі; відносну густину газу за воднем та за повітрям.
12. Об'єм газоподібного кисню за н.у. становить $0,12 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 290 \text{ К}$, та $P = 101080 \text{ Па}$; масу цього газу, кількість молекул, що міститься в даному об'ємі.
13. Об'єм озону (O_3) за н.у. становить $0,085 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 396 \text{ К}$, та $P = 101256 \text{ Па}$; кількість молекул, що міститься в даному об'ємі; відносну густину газу за воднем та за повітрям.
14. Об'єм оксиду Нітрогену (I) за н.у. становить $0,041 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 319 \text{ К}$, та $P = 101580 \text{ Па}$; масу цього газу, абсолютну масу його молекул; кількість речовини даного об'єму газу.
15. Об'єм азоту за н.у. становить $0,049 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 389 \text{ К}$, та $P = 96780 \text{ Па}$; масу цього газу, його молярний об'єм; абсолютну масу його молекул; кількість речовини даного об'єму газу.
16. Об'єм фтору за н.у. становить $0,069 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 332 \text{ К}$, та $P = 96980 \text{ Па}$; масу цього газу, його молярний об'єм; абсолютну масу його молекул; кількість речовини даного об'єму газу.
17. Об'єм метану (CH_4) за н.у. становить $0,034 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 321 \text{ К}$, та $P = 103456 \text{ Па}$; кількість молекул, що міститься в даному об'ємі; відносну густину газу за воднем та за повітрям.
18. Об'єм газоподібного водню за н.у. становить $0,066 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 299 \text{ К}$, та $P = 103580 \text{ Па}$; масу цього газу двома способами, кількість молекул, що міститься в даному об'ємі.
19. Об'єм оксиду Нітрогену (II) за н.у. становить $0,064 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 395 \text{ К}$, та $P = 101180 \text{ Па}$; масу цього газу, молярний об'єм за умов, що задані; кількість речовини даного об'єму газу.
20. Об'єм оксиду Карбону (IV) за н.у. становить $0,016 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 364 \text{ К}$, та $P = 112210 \text{ Па}$; масу цього газу двома способами, кількість речовини даного об'єму газу.
21. Об'єм фосфіну (PH_3) за н.у. становить $0,035 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 396 \text{ К}$, та $P = 101050 \text{ Па}$; кількість молекул, що міститься в даному об'ємі; відносну густину газу за воднем та за повітрям.

22. Об'єм CH_2O за н.у. становить $0,019 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 289 \text{ К}$, та $P = 96799 \text{ Па}$; масу цього газу, його молярний об'єм; абсолютну масу його молекул; кількість речовини даного об'єму газу.
23. Об'єм етану (C_2H_6) за н.у. становить $0,060 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 352 \text{ К}$, та $P = 96990 \text{ Па}$; масу цього газу, його молярний об'єм; абсолютну масу його молекул; кількість речовини даного об'єму газу.
24. Об'єм амоніаку (NH_3) за н.у. становить $0,033 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 311 \text{ К}$, та $P = 104456 \text{ Па}$; кількість молекул, що міститься в даному об'ємі; відносну густину газу за воднем та за повітрям.
25. Об'єм газоподібного хлору за н.у. становить $0,044 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 329 \text{ К}$, та $P = 113580 \text{ Па}$; масу цього газу двома способами; кількість молекул, що міститься в даному об'ємі.
26. Об'єм оксиду Нітрогену (I) за н.у. становить $0,031 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 320 \text{ К}$, та $P = 101190 \text{ Па}$; масу цього газу, молярний об'єм за умов, що задані; кількість речовини даного об'єму газу.
27. Об'єм оксиду Карбону (II) за н.у. становить $0,046 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 354 \text{ К}$, та $P = 110070 \text{ Па}$; масу цього газу двома способами, кількість речовини даного об'єму газу.
28. Об'єм газоподібного Флуору за н.у. становить $0,036 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 289 \text{ К}$, та $P = 103580 \text{ Па}$; масу цього газу, двома способами, кількість молекул, що міститься в даному об'ємі.
29. Об'єм газоподібного CH_3Cl за н.у. становить $0,046 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 295 \text{ К}$, та $P = 10199 \text{ Па}$; масу цього газу, кількість молекул, що міститься в даному об'ємі.
30. Об'єм оксиду Сульфуру (IV) за н.у. становить $0,064 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 398 \text{ К}$, та $P = 101470 \text{ Па}$; масу цього газу, кількість речовини даного об'єму газу.
31. Об'єм оксиду Карбону (II) за н.у. становить $0,036 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 354 \text{ К}$, та $P = 101010 \text{ Па}$; масу цього газу двома способами, кількість речовини даного об'єму газу.
32. Об'єм сірководню (H_2S) за н.у. становить $0,015 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 396 \text{ К}$, та $P = 101050 \text{ Па}$; кількість молекул, що міститься в даному об'ємі; відносну густину газу за воднем та за повітрям.
33. Об'єм оксиду Нітрогену (II) за н.у. становить $0,059 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 347 \text{ К}$, та $P = 101500 \text{ Па}$; масу цього газу, молярний об'єм за умов, що задані; кількість речовини даного об'єму газу.
34. Об'єм оксиду Карбону (IV) за н.у. становить $0,046 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 386 \text{ К}$, та $P = 112010 \text{ Па}$; масу цього газу двома способами, кількість речовини даного об'єму газу.
35. Об'єм фосфіну (PH_3) за н.у. становить $0,015 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 390 \text{ К}$, та $P = 101055 \text{ Па}$; кількість молекул, що міститься в даному об'ємі; відносну густину газу за воднем та за повітрям.

36. Об'єм CH_2O за н.у. становить $0,178 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 299 \text{ К}$, та $P = 96855 \text{ Па}$; масу цього газу, його молярний об'єм; абсолютну масу його молекул; кількість речовини даного об'єму газу.
37. Об'єм етану (C_2H_6) за н.у. становить $0,041 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 352 \text{ К}$, та $P = 100990 \text{ Па}$; масу цього газу, його молярний об'єм; абсолютну масу його молекул; кількість речовини даного об'єму газу.
38. Об'єм амоніаку (NH_3) за н.у. становить $0,023 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 346 \text{ К}$, та $P = 104001 \text{ Па}$; кількість молекул, що міститься в даному об'ємі; відносну густину газу за воднем та за повітрям.
39. Об'єм газоподібного Флуору за н.у. становить $0,014 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 310 \text{ К}$, та $P = 100180 \text{ Па}$; масу цього газу двома способами, кількість молекул, що міститься в даному об'ємі.
40. Об'єм озону (O_3) за н.у. становить $0,015 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 336 \text{ К}$, та $P = 104456 \text{ Па}$; кількість молекул, що міститься в даному об'ємі; відносну густину газу за воднем та за повітрям.
41. Об'єм оксиду Нітрогену (I) за н.у. становить $0,011 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 319 \text{ К}$, та $P = 101080 \text{ Па}$; масу цього газу, абсолютну масу його молекул; кількість речовини даного об'єму газу.
42. Об'єм CH_3Cl за н.у. становить $0,041 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 366 \text{ К}$, та $P = 96789 \text{ Па}$; масу цього газу, його молярний об'єм; абсолютну масу його молекул; кількість речовини даного об'єму газу.
43. Об'єм неону за н.у. становить $0,069 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 332 \text{ К}$, та $P = 96980 \text{ Па}$; масу цього газу, його молярний об'єм; абсолютну масу його молекул; кількість речовини даного об'єму газу.
44. Об'єм бутану (C_4H_{10}) за н.у. становить $0,034 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 321 \text{ К}$, та $P = 103456 \text{ Па}$; кількість молекул, що міститься в даному об'ємі; відносну густину газу за воднем та за повітрям.
45. Об'єм газоподібного HI за н.у. становить $0,066 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 299 \text{ К}$, та $P = 106680 \text{ Па}$; масу цього газу двома способами, кількість молекул, що міститься в даному об'ємі.
46. Об'єм газоподібного H_2Se за н.у. становить $0,016 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 290 \text{ К}$, та $P = 101280 \text{ Па}$; масу цього газу, кількість молекул, що міститься в даному об'ємі.
47. Об'єм оксиду Нітрогену (II) за н.у. становить $0,058 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 390 \text{ К}$, та $P = 101180 \text{ Па}$; масу цього газу, кількість речовини даного об'єму газу.
48. Об'єм оксиду Карбону (II) за н.у. становить $0,056 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 319 \text{ К}$, та $P = 101201 \text{ Па}$; масу цього газу двома способами, кількість речовини даного об'єму газу.
49. Об'єм сірководню (H_2S) за н.у. становить $0,025 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 288 \text{ К}$, та $P = 101135 \text{ Па}$; кількість молекул, що міститься в даному об'ємі; відносну густину газу за воднем та за повітрям.

50. Об'єм газоподібного CH_3Br за н.у. становить $0,046 \text{ м}^3$. Розрахувати об'єм при $T = 295 \text{ К}$, та $P = 101099 \text{ Па}$; масу цього газу, кількість молекул, що міститься в даному об'ємі.
51. Обчислити фактори еквівалентності та молярні маси еквівалентів речовин: $Fe(OH)_2$; Na_2HPO_4 ; CuO .
52. З $1,35 \text{ г}$ оксиду металу отримали $3,15 \text{ г}$ його нітрату. Визначити молярну масу еквівалента металу.
53. Обчислити фактори еквівалентності та молярні маси еквівалентів речовин: $Ca(OH)_2$; $CaHPO_4$; H_2O .
54. Розрахувати молярну масу еквівалента металу, якщо при відновленні $1,017 \text{ г}$ його оксиду витрачено $0,28 \text{ дм}^3$ водню (н.у.).
55. На спалювання $1,5 \text{ г}$ двовалентного металу потрібно $0,69 \text{ дм}^3$ кисню (н.у). Чому дорівнює молярна маса еквівалента та атомна маса цього Me .
56. З $3,31 \text{ г}$ нітрату металу отримали $2,78 \text{ г}$ його хлориду. Визначити молярну масу еквівалента металу.
57. Обчислити фактори еквівалентності та молярні маси еквівалентів речовин: $Fe(OH)_2Cl$; NaH_2PO_4 ; $CuSO_4$.
58. Вміст хлору у $10,3 \text{ г}$ хлориду титана складає $7,1 \text{ г}$. Визначити молярну масу еквівалента та валентність титану. Складіть формулу сполуки.
59. Обчислити фактори еквівалентності та молярні маси еквівалентів реагуючих речовин: $Ca(OH)_2 + H_3PO_4 = CaHPO_4 + 2H_2O$.
60. Молярна маса фосфату тривалентного металу 342 г/моль . Яка формула солі, якщо молярна маса еквівалента фосфату металу 57 г/моль .
61. Обчислити фактори еквівалентності та молярні маси еквівалентів речовин: $Fe(OH)_3$; KH_2PO_4 ; $ZnSO_4$.
62. Обчислити фактори еквівалентності та молярні маси еквівалентів реагуючих речовин: $Ca(OH)_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 \downarrow + 2NaOH$.
63. Обчислити фактори еквівалентності та молярні маси еквівалентів реагуючих речовин: $NaOH + H_3PO_4 = NaH_2PO_4 + H_2O$
64. Чому дорівнюють молярні маси еквівалентів хрому у його оксидах, в яких є $78,47$; $68,42$ та $52,0\%$ хрому. Складіть відповідні формули.
65. Обчислити фактори еквівалентності та молярні маси еквівалентів речовин: $Al(OH)_3$; H_3PO_4 ; SO_3 .
66. При спалюванні $0,5 \text{ г}$ металу витрачено $0,23 \text{ дм}^3$ кисню (н.у). Визначити молярну масу еквівалента металу, його атомну масу (валентн. = 2), вказати який це метал?
67. Обчислити фактори еквівалентності та молярні маси еквівалентів реагуючих речовин: $2NaOH + Be + 2H_2O = Na_2[Be(OH)_4] + H_2$
68. Деякий елемент утворює водневу сполуку, де вміст Гідрогену = $8,9\%$. Визначити відносну атомну масу елемента (валентність = 3). Складіть формулу гідрида та вкажіть фактор його еквівалентності.
69. Обчислити фактори еквівалентності та молярні маси еквівалентів речовин: $Al(OH)Cl_2$; H_3PO_3 ; N_2O_3 .

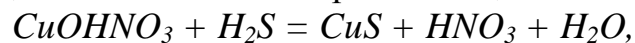
70. Який об'єм водню (н.у.) отримали при розчиненні у кислоті 0,45 г металу, молярна маса еквівалента якого дорівнює 20 г/моль.

71. Обчислити фактори еквівалентності та молярні маси еквівалентів реагуючих речовин: $3KOH + FeCl_3 = Fe(OH)_3 + 3KCl$.

72. Реакція нейтралізації 0,943 г H_3PO_3 потребує 1,291 г KOH . Визначити кількість речовини еквівалента та молярну масу еквівалента кислоти, напишіть рівняння взаємодії цих сполук.

73. Обчислити фактори еквівалентності та молярні маси еквівалентів речовин: $ZnCl_2$; K_3PO_3 ; N_2O_5 .

74. Визначити кількість речовини еквівалента та молярну масу еквівалента вихідних сполук, які взаємодіють за реакціями; дати назву сполукам:



75. Реакція нейтралізації 7,33 г H_3PO_4 потребує 4,444 г $NaOH$. Визначити кількість речовини еквівалента та молярну масу еквівалента кислоти, напишіть рівняння взаємодії цих сполук.

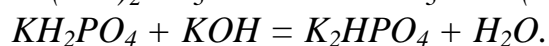
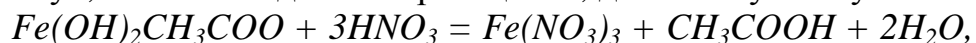
76. Обчислити фактори еквівалентності та молярні маси еквівалентів реагуючих речовин: $6HNO_3 + Fe_2O_3 = 2Fe(NO_3)_3 + 3H_2O$

77. Яка маса магнію потрібна для отримання однакового об'єму водню, що було здобуто при взаємодії 26,97 г алюмінію з кислотою.

$$M_{екв}(Mg) = 12,16 \text{ г/моль}, M_{екв}(Al) = 8,99 \text{ г/моль}.$$

78. Обчислити фактори еквівалентності та молярні маси еквівалентів речовин: $SnCl_2$; K_3PO_4 ; N_2O .

79. Визначити кількість речовини еквівалента та молярну масу еквівалента вихідних сполук, які взаємодіють за реакціями; дати назву сполукам:



80. При взаємодії 2,5 г карбонату металу з нітратною кислотою утворилось 4,1 г нітрату металу. Визначити молярну масу еквівалента металу.

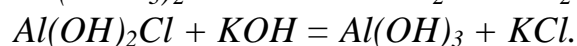
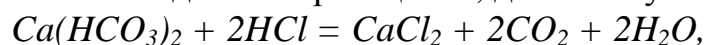
81. Реакція нейтралізації 9,797 г H_3PO_4 потребує 7,998 г $NaOH$. Визначити кількість речовини еквівалента та молярну масу еквівалента кислоти, напишіть рівняння взаємодії цих сполук.

82. Обчислити фактори еквівалентності та молярні маси еквівалентів речовин: $CaCl_2$; $Ca_3(PO_4)_2$; $CaHPO_4$; NO .

83. З 2,7 г оксиду металу можна отримати 6,3 г його нітрату. Визначити молярну масу еквівалента металу.

84. З 1,3 г гідроксиду металу можна отримати 2,85 г його сульфату. Визначити молярну масу еквівалента металу.

85. Визначити кількість речовини еквівалента та молярну масу еквівалента вихідних сполук, які взаємодіють за реакціями; дати назву сполукам:



- 86.** 10 г алюмінію, взаємодіючи з киснем, утворюють 18,88 г оксиду алюмінію. Знайти молярну масу еквівалента алюмінію та його валентність, записати хімічну формулу сполуки.
- 87.** Обчислити фактори еквівалентності та молярні маси еквівалентів речовин: $SrCl_2$; $Na_3(PO_4)$; N_2O_3 .
- 88.** При взаємодії 2,6 г металу з 1,75 г азоту, утворюється нітрид. Який це метал, якщо його валентність дорівнює I, а валентність азоту – (III)?
- 89.** Вміст Оксигену у оксиді елемента з валентністю (III) складає 31,58%. Визначити молярну масу еквівалента та атомну масу елемента.
- 90.** Обчислити фактори еквівалентності та молярні маси еквівалентів речовин: $Sr(OH)_2$; Na_2HPO_4 ; NO_2 .
- 91.** Вміст Оксигену у одному оксиді Мангану складає 22,56% у іншому – 50,5%. Визначити молярну масу еквівалента Мангану в оксидах.
- 92.** При згорянні Сульфуру утворилось 12,8 г оксиду (IV) SO_2 . Скільки кисню потребує цей процес, яка молярна маса еквівалентів Сульфуру та SO_2 .
- 93.** Напишіть рівняння взаємодії $Fe(OH)_3$ з хлороводневою кислотою де утворюються дігідроксохлорид, гідроксохлорид та трихлорид заліза. Визначити фактор еквівалентності $Fe(OH)_3$ у кожній реакції.
- 94.** Визначити молярну масу еквівалента води при її взаємодії:
а) з Натрієм, б) оксидом Натрію.
- 95.** На нейтралізацію 1,886 г H_3PO_3 необхідно 2,582 г KOH . Визначити молярну масу еквівалента кислоти та її основність.
- 96.** При взаємодії надлишку KOH та розчинів: а) дігідрофосфата калію, б) дігідроксонітрату бісмуту (III) відбулась хімічна реакція. Напишіть рівняння та визначить молярні маси еквівалентів продуктів реакції.
- 97.** Одна тай сама маса металу сполучається з 1,591 г галогену та з 70,2 см³ кисню (н.у.). Визначити молярну масу еквівалента галогену.
- 98.** Оксиди Нітрогену на два атома Нітрогену мають: а) п'ять, б) чотири, в) один атом Оксигену. Визначити фактори еквівалентності Нітрогену у оксидах та молярні маси еквівалентів цих оксидів.
- 99.** Сполука складається з Арсену та 39,0% Сульфуру, молярна маса еквівалента Сульфуру дорівнює 16 г/моль. Визначити молярну масу еквівалента Арсену, його валентність та запишіть формулу сполуки.
- 100.** Скільки металу, молярна маса еквівалента якого дорівнює 12,16 г/моль, взаємодіє з 310 см³ кисню (н.у.)?
- 101.** З наведених електронних формул визначити валентні електрони та дати їм характеристику за допомогою 4-х квантових чисел. Визначити місце елементів в періодичній системі (період, група, підгрупа, порядковий номер), вказати фізичний зміст номера періоду; $5p^6 6s^2 5d^8$, $4p^6 5s^2 4d^0$
- 102.** Записати електронні формули атомів, вказати валентні електрони та до якої родини належать елементи. Визначити місце елементів в періодичній системі (період, група, підгрупа, порядковий номер), вказати фізичний зміст номера групи: As , Ti .

103. Записати електронні формули атомів, вказати валентні електрони та до якої родини вони належать. Визначити місце елементів в періодичній системі (період, група, підгрупа, порядковий номер), вказати фізичний зміст порядкового номера елемента: *Al, O*.

104. Записати електронні формули атомів, згідно правилам Клечковського підтвердити порядок заповнення енергетичних рівнів та підрівнів, вказати валентні електрони. Визначити місце елементів в періодичній системі (період, група, підгрупа, порядковий номер), вказати фізичний зміст порядкового номера елемента: *Cl, Be*.

105. З наведених електронних формул визначити валентні електрони та дати їм характеристику за допомогою 4-х квантових чисел. Визначити місце елементів в періодичній системі (період, група, підгрупа, порядковий номер), чи відрізняються елементи головних та побічних підгруп: $3p^6 4s^2 3d^3$; $5s^2 4d^{10} 5p^3$.

106. Записати електронні формули атомів, вказати валентні електрони та записати формули атомів у збудженому стані, вказати їх валентність. Визначити місце елементів в періодичній системі (період, група, підгрупа, порядковий номер), вказати фізичний зміст номера групи: *N, Mo*.

107. З наведених електронних формул визначити валентні електрони та визначити місце елементів в періодичній системі (період, група, підгрупа, порядковий номер), чим відрізняються елементи головних та побічних підгруп: $3p^6 4s^2 3d^2$, $5s^2 4d^{10} 5p^1$.

108. Записати електронні формули атомів, вказати валентні електрони та записати формули атомів у збудженому стані, вказати їх валентність. Визначити місце елементів в періодичній системі (період, група, підгрупа, порядковий номер), вказати фізичний зміст номера періоду: *Na, I*.

109. Дивитися умову завдання **104**: *Br, Ba*.

110. Дивитися умову завдання **101**: $4p^6 5s^2 4d^{10}$, $5p^6 6s^2 5d^3$

111. Дивитися умову завдання **104**: *Co, B*.

112. Дивитися умову завдання **105**: $3p^6 4s^2 3d^2$; $5s^2 4d^{10} 5p^5$.

113. Дивитися умову завдання **106**: *Nb, La*.

114. Дивитися умову завдання **107**: $6s^2 4f^{14} 5d^5$, $4s^2 3d^{10} 4p^3$.

115. Дивитися умову завдання **108**: *Ge, Ca*.

116. Дивитися умову завдання **104**: *Si, Cu*.

117. Дивитися умову завдання **101**: $5p^6 6s^2 5d^1$, $4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^4$

118. З наведених електронних формул визначити валентні електрони та визначити місце елементів в періодичній системі (період, група, підгрупа, порядковий номер), вказати фізичний зміст номера періоду та номеру групи: $5p^6 6s^2 5d^2$, $3p^6 4s^2 3d^{10}$

119. Дивитися умову завдання **102**: *P, Mn*.

120. Дивитися умову завдання **103**: *Ga, Cr*.

121. Записати електронні формули атомів, згідно правилам Клечковського підтвердити порядок заповнення енергетичних рівнів та підрівнів, вказати

валентні електрони елементів. Записати електронні формули йонів цих атомів. Визначити місце елементів в періодичній системі, що об'єднує елементи головних та побічних підгруп: *Ge, Ti*.

122. Записати електронні формули атомів, вказати валентні електрони та до якої родини належать елементи. Записати формули атомів у збудженому стані, вказати їх валентність. Визначити місце елементів в періодичній системі (період, група, підгрупа, порядковий номер), вказати фізичний зміст номера групи: *Mg, V*.

123. Дивитися умову завдання **107**: $6s^2 4f^{14} 5d^3, 5s^2 4d^{10} 5p^1$.

124. Дивитися умову завдання **108**: *Sb, Zr*.

125. Дивитися умову завдання **104**: *S, Cd*.

126. Дивитися умову завдання **101**: $4p^6 5s^2 4d^1, 5s^2 4d^{10} 5p^2$

127. Дивитися умову завдання **118**: $2p^6 3s^2 3p^2, 3p^6 4s^2 3d^8$

128. Записати електронні формули атомів, вказати валентні електрони та до якої родини належать елементи. Визначити місце елементів в періодичній системі (період, група, підгрупа, порядковий номер), вказати фізичний зміст номера періоду та групи: *Be, Tc*.

129. Дивитися умову завдання **103**: *Co, Br*.

130. Дивитися умову завдання **121**: *Cr, K*.

131. Дивитися умову завдання **101**: $4p^6 5s^2 4d^3, 3p^6 4s^2 3d^{10}$

132. Дивитися умову завдання **128**: *W, Li*.

133. Дивитися умову завдання **103**: *Ar, Ta*.

134. Дивитися умову завдання **104**: *Re, B*.

135. Дивитися умову завдання **105**: $3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^2, 5s^2 4d^{10} 5p^6$.

136. Дивитися умову завдання **106**: *P, Zn*.

137. Дивитися умову завдання **107**: $3p^6 4s^2 3d^4, 5s^2 4d^{10} 5p^5$.

138. Дивитися умову завдання **108**: *Ge, Te*.

139. Дивитися умову завдання **104**: *Hf, Y*.

140. Дивитися умову завдання **101**: $5p^6 6s^2 5d^5, 4p^6 5s^2 4d^{10}$

141. Дивитися умову завдання **104**: *Sn, Br*.

142. Дивитися умову завдання **105**: $3p^6 4s^2 3d^4; 5s^2 4d^{10} 5p^1$.

143. Дивитися умову завдання **106**: *Zr, O*.

144. Дивитися умову завдання **107**: $6s^2 4f^{14} 5d^4, 4s^2 3d^{10} 3p^4$.

145. Дивитися умову завдання **106**: *Pb, In*.

146. Дивитися умову завдання **107**: $2p^6 3s^2 3p^5, 4s^2 4p^6 5s^2$.

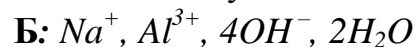
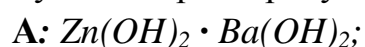
147. Дивитися умову завдання **108**: *Cd, Sc*.

148. Дивитися умову завдання **104**: *Si, Mo*.

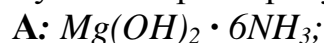
149. Дивитися умову завдання **101**: $6s^2 4f^{14} 5d^2, 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^3$

150. Дивитися умову завдання **104**: *Cr, Mg*.

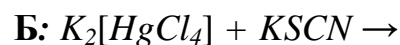
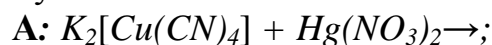
151. Скласти формули комплексних сполук А і Б з їх частинок та записати можливі рівняння реакції їх утворення, дати назви. Вказати назви та заряди усіх складових частин комплексної сполуки. Вказати хімічні зв'язки в сполуках та просторову будову цих комплексних сполук:



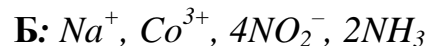
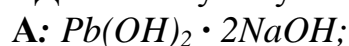
152. Скласти формули комплексних сполук А і Б з їх частинок та дати назви. Записати рівняння дисоціації комплексних сполук та вирази константи нестійкості комплексних йонів. Вказати хімічні зв'язки в сполуках та просторову будову цих комплексних сполук:



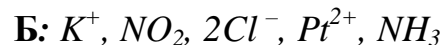
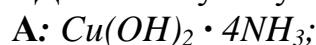
153. Дати назву комплексним сполукам А і Б, написати рівняння дисоціації А і Б, молекулярні та йонні рівняння реакцій обміну між комплексом та сіллю. Вказати хімічні зв'язки в сполуках та просторову будову цих сполук.



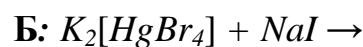
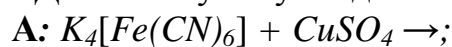
154. Дивитися умову завдання **151.**



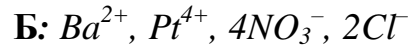
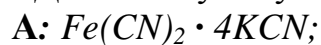
155. Дивитися умову завдання **152.**



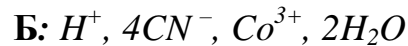
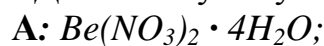
156. Дивитися умову завдання **153.**



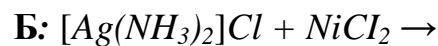
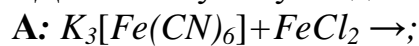
157. Дивитися умову завдання **151.**



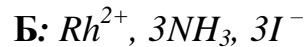
158. Дивитися умову завдання **152.**



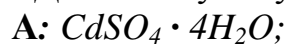
159. Дивитися умову завдання **153.**



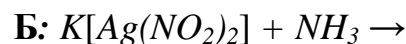
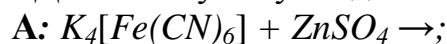
160. Дивитися умову завдання **151.**



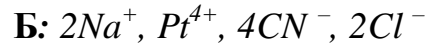
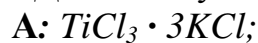
161. Дивитися умову завдання **152.**



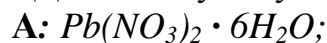
162. Дивитися умову завдання **153.**



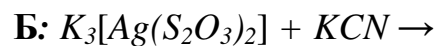
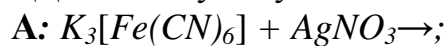
163. Дивитися умову завдання **151.**



164. Дивитися умову завдання **152.**



165. Дивитися умову завдання **153.**



166. Дивитися умову завдання 151.
 А: $Ni(CN)_2 \cdot 3RbCN$;
 Б: $4NH_3, Cr^{3+}, CNS^-, Cl^-, 2NO_3^-$
167. Дивитися умову завдання 152.
 А: $AlCl_3 \cdot 6H_2O$;
 Б: $Cu^{2+}, 2CNS^-, 2NH_3$
168. Дивитися умову завдання 153.
 А: $K_2[Zn(CN)_4] + NH_3 \rightarrow$;
 Б: $K_2[Hg(SCN)_4] + (NH_4)_2S \rightarrow$
169. Дивитися умову завдання 151.
 А: $Zn(CNS)_2 \cdot 2RbCNS$;
 Б: $2NH_3, Cr^{3+}, 4H_2O, 3NO_3^-$
170. Дивитися умову завдання 152.
 А: $AgOH \cdot 2NH_3$;
 Б: $Cs^+, 2CN^-, 2Ag^+$
171. Дивитися умову завдання 153.
 А: $Na_3[Co(CN)_6] + FeSO_4 \rightarrow$;
 Б: $K_2[Cd(NH_3)_6]Cl_2 + CoCl_3 \rightarrow$
172. Дивитися умову завдання 151.
 А: $Mn(CNS)_2 \cdot 2Ba(CNS)_2$;
 Б: $2NH_3, Pt^{2+}, H_2O, OH^-, NO_3^-$
173. Дивитися умову завдання 152.
 А: $NiI_2 \cdot 4NH_3$;
 Б: $Pt^{2+}, 2Cl^-, 2NH_3$
174. Дивитися умову завдання 153.
 А: $[Cu(NH_3)_4]Cl_2 + KCN \rightarrow$;
 Б: $K_2[HgBr_4] + KI \rightarrow$
175. Дивитися умову завдання 151.
 А: Mg^{2+}, Ag^+, NO_2^- ;
 Б: Cu^{2+}, NH_3, I^-
176. Дивитися умову завдання 152.
 А: Cd^{2+}, NH_3, Br^- ;
 Б: $Cr^{3+}, 3Cl^-, 5H_2O$
177. Дивитися умову завдання 153.
 А: $Na[Ag(NO_2)_2] + KCN \rightarrow$;
 Б: $(NH_4)_2[CdCl_4] + NH_3 \rightarrow$
178. Дивитися умову завдання 151.
 А: Fe^{3+}, CN^-, Ba^{2+} ;
 Б: $4NH_3, Cr^{3+}, CNS^-, Cl^-, 2NO_3^-$
179. Дивитися умову завдання 152.
 А: Ni^{2+}, SO_4^{2-}, NH_3 ;
 Б: $Cu^{2+}, 2CNS^-, 2NH_3$
180. Дивитися умову завдання 153.
 А: $K[Ag(NH_3)_2] + KCN \rightarrow$;
 Б: $K_2[Hg(SCN)_4] + (NH_4)_2S \rightarrow$
181. Дивитися умову завдання 151.
 А: Pb^{2+}, Cl^-, H^+ ;
 Б: $Cr^{3+}, 4H_2O, 3NO_3^-, 2NH_3$
182. Дивитися умову завдання 152.
 А: Co^{2+}, F^-, NH_3 ;
 Б: $Pd^{2+}, 2CN^-, 2NH_3$
183. Дивитися умову завдання 153.
 А: $Na_2[Ni(NH_3)_6] + KCN \rightarrow$;
 Б: $K_2[Cd(NH_3)_6]Cl_2 + CoCl_3 \rightarrow$

184. Дивитися умову завдання 151.
А: Be^{2+} , OH^- , Ba^{2+} ;
Б: Pt^{4+} , Na , $6OH^-$
185. Дивитися умову завдання 152.
А: Cd^{2+} , NH_3 , CrO_4^{2-} ;
Б: K^+ , $6I^-$, Pt^{4+}
186. Дивитися умову завдання 153.
А: $[Cu(NH_3)_4]Cl_2 + KCN \rightarrow$;
Б: $K_2[HgBr_4] + NaI \rightarrow$
187. Дивитися умову завдання 152.
А: Mg^{2+} , Ag^+ , NO_2^- ;
Б: Cu^{2+} , NH_3 , I^-
188. Дивитися умову завдання 152.
А: Ni^{2+} , CNS^- , Mg^{2+} ;
Б: Cu^{2+} , $2CNS^-$, $2NH_3$
189. Дивитися умову завдання 153.
А: $K_3[Fe(CN)_6] + AgNO_3 \rightarrow$;
Б: $K_2[Hg(SCN)_4] + (NH_4)_2S \rightarrow$
190. Дивитися умову завдання 151.
А: H^+ , Co^{3+} , $4CN^-$; $2H_2O$
Б: Cr^{3+} , $4H_2O$, $3NO_3^-$, $2NH_3$
191. Дивитися умову завдання 152.
А: Cr^{3+} , OH^- , NH_3 ;
Б: Fe^{3+} , K^+ , $6F^-$
192. Дивитися умову завдання 153.
А: $Na_2[Ni(NH_3)_6] + KCN \rightarrow$;
Б: $K_2[Cd(NH_3)_6]Cl_2 + CoCl_3 \rightarrow$
193. Дивитися умову завдання 151.
А: Al^{3+} , OH^- , Sr^{2+} ;
Б: Mo^{4+} , $6F^-$, Na^+
194. Дивитися умову завдання 152.
А: Cd^{2+} , NH_3 , CrO_4^{2-} ;
Б: Au^{3+} , Cs^+ , $4Cl^-$
195. Дивитися умову завдання 153.
А: $NiSO_4 + KCN \rightarrow$;
Б: $K_2[HgI_4] + NaI \rightarrow$
196. Дивитися умову завдання 152.
А: Co^{3+} , Cl^- , NH_3 ;
Б: $2K^+$, $4Br^-$, Pd^{2+}
197. Дивитися умову завдання 153.
А: $K[Ag(NH_3)_2] + KCN \rightarrow$;
Б: $K_2[Hg(SCN)_4] + (NH_4)_2S \rightarrow$
198. Дивитися умову завдання 151.
А: Cu^{2+} , K^+ , $4Cl^-$;
Б: Cr^{3+} , $4H_2O$, $3NO_3^-$, $2NH_3$
199. Дивитися умову завдання 152.
А: V^{5+} , K^+ , $6F^-$;
Б: Zn^{2+} , $2Cl^-$, $4NH_3$
200. Дивитися умову завдання 153.
А: $Na_2[Ni(NH_3)_6] + KCN \rightarrow$;
Б: $K_2[Cd(NH_3)_6]Cl_2 + CoCl_3$

2 ЗАКОНОМІРНОСТІ ПЕРЕБІГУ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ

Після вивчення матеріалу цього розділу *необхідно знати* такі поняття «фаза», «система», «тепловий ефект»; параметри системи та функції стану системи, екзотермічний та ендотермічний процеси. *Вміти* розраховувати тепловий ефект хімічній реакції, ентропійний фактор системи та можливість самовільного перебігу реакції. *Мати* уявлення про основні поняття хімічної кінетики, про залежність швидкості хімічної реакції від різних чинників. *Вміти* записати вираз для швидкості та константи рівноваги реакції згідно із законом діючих мас, визначати напрям зміщення рівноваги при зміні в системі одного з факторів; характер зміни параметрів у системі з метою зсуву рівноваги в бажаному напрямку; придбати практичні навички розрахунків з хімічної кінетики.

2.1 Термохімія

2.1.1 Енергетика хімічних процесів ([2] С.169-208; [3] С.95-121)

Хімічна термодинаміка використовує поняття: *термодинамічна система*. Системи можуть бути *гомогенними* та *гетерогенними*.

2.1.2 Теплові ефекти реакцій ([2] С.170-173; [3] С.98-101; [5] С.152-159)

За тепловим ефектом хімічної реакції поділяються на 2 групи: *екзотермічні* та *ендотермічні*.

2.1.3 Внутрішня енергія

Кожна система має певний запас енергії, яку називають *внутрішньою енергією* (U). ([2] С.199-201; [3] С.97-98; [5] С.151, 152-159)

Ентропія ([2] С.202; [3] С.102, [5] С.157) $\Delta S = \frac{Q}{T}$.

Термодинамічна функція стану системи ([2] С.203; [3] С.103, [5] С.158-160)

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S; \quad G = f(p, T)$$

-енергія Гібса або ізобарно-ізотермічний потенціал.

2.1.4 Термохімічні закони ([2] С.172; [3] С.101; [5] С.154-156)

Наслідки закону Гесса $\Delta H_{298}^{\circ} \text{ утв} = -\Delta H_{298}^{\circ} \text{ розкл}$
 $\Delta H_{x.p.} = \sum n \Delta H_{\text{утв}} (\text{кінц.}) - \sum n \Delta H_{\text{утв}} (\text{вихідн.})$

Для термохімічних обчислень використовують наслідки із закону Гесса (стандартні термодинамічні константи наведено у додатках МВ).

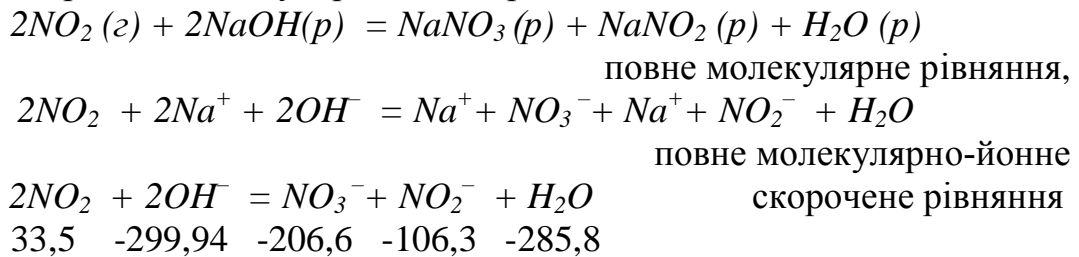
2.1.5 Приклади розв'язання завдань

Приклад 1. Розрахувати ентальпію хімічного процесу



та визначить який це тепловий процес.

Розв'язання: Якщо в рівнянні є сполуки які дисоціюють, то доцільно записати скорочене молекулярно-йонне рівняння:



Вказуємо ΔH_{298}^0 табличні в кДж/моль під формулами скороченого рівняння.

Правило Гесса у загальному вигляді:

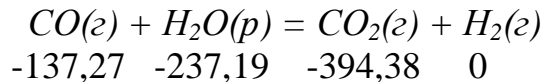
$$\Delta H_{x.p.} = \sum n\Delta H_{298}^0 \text{ (кінц.)} - \sum n\Delta H_{298}^0 \text{ (вихідн.)}$$

Для даного рівняння має вигляд:

$$\Delta H_{x.p.} = [\Delta H_{298}^0(NO_3^-) + \Delta H_{298}^0(NO_2^-) + \Delta H_{298}^0(H_2O)] - [2\Delta H_{298}^0(NO_2) + 2\Delta H_{298}^0(OH^-)] = [-206,6 + (-106,3) + (-285,8)] - [2 \cdot 33,5 + 2(-229,94)] = 498,7 - (-392,88) = -498,7 + 392,88 = -105,82 \text{ кДж}$$

Відповідь: $\Delta H_{x.p.} < 0$ (-105,82 кДж), процес екзотермічний, тепло виділяється.

Приклад 2. Визначити можливість самовільного перебігу реакції за стандартних умов:



Розв'язання: Відомо, що ΔG є функцією стану, ΔG_{298}^0 – табличні данні (додаток 4), маємо:

$$\Delta G_{x.p.} = \sum n\Delta G_{298}^0 \text{ прод. (кінц.)} - \sum n\Delta G_{298}^0 \text{ поч. реч. (вихідн.)}$$

$$\Delta G_{x.p.} = -394,38 - (-137,27 - 237,19) = -19,28 \text{ кДж}$$

Відповідь: пряма реакція можлива за стандартних умов, оскільки $\Delta G < 0$.

Приклад 3. Реакція відбувається за рівнянням: $NH_4Cl(к) = NH_3(z) + HCl(z)$. Визначте можливість самовільного перебігу реакції за стандартних умов. При якій температурі почнеться розклад NH_4Cl ?

Розв'язання: Обчислимо ΔG за рівнянням: $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$.

Функції стану визначаємо:

$$\Delta H_{x.p.} = \sum n\Delta H_{298}^0 \text{ утв (кінц.)} - \sum n\Delta H_{298}^0 \text{ утв (вихідн.)}$$

$$\Delta S_{x.p.} = \sum nS_{298}^0 \text{ утв. (кінц.)} - \sum nS_{298}^0 \text{ утв. (вихідн.)}$$

$$\text{Тому: } \Delta H_{x.p.} = (\Delta H_{298}^0(NH_3) + \Delta H_{298}^0(HCl)) - \Delta H_{298}^0(NH_4Cl) = (-46,19 - 32,30) - (-313,39) = 176,9 \text{ кДж/моль,}$$

де ΔH_{298}^0 табличні значення.

$$\Delta S_{x.p.} = (S_{298}^0(NH_3) + S_{298}^0(HCl)) - S_{298}^0(NH_4Cl) = (192,5 + 186,7) - 94,56 = 284,6 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)} = 0,2846 \text{ кДж/(моль}\cdot\text{К)}$$

$$\Delta G_{x.p.} = 176,9 - 0,2846 \cdot 298 = 176,9 - 84,8 = 92,1 \text{ кДж/моль}$$

Оскільки $\Delta G_{x.p} > 0$, то за стандартних умов реакція неможлива, відбувається зворотня реакція. Обчислюємо температуру, при якій $\Delta G_{x.p} = 0$, тобто $\Delta H = T\Delta S$:

$$T = \frac{\Delta H}{\Delta S} = \frac{176,9}{0,2846} = 621,5 \text{ К}$$

Відповідь: реакція можлива при температурі 621,6 К (621,5–273 = 348,8°C)

Приклад 4. Визначте зміну ентропії ΔS процесу плавлення 90 г льоду, тобто фазового переходу $H_2O(k) - H_2O(p)$, за стандартних умовам.

Розв'язання: Функція стану ΔS може бути обчислена:

$$\Delta S_{\text{плав.}} = S^{\circ}_{298} H_2O(p) - S^{\circ}_{298} H_2O(k) = 70,1 - 39,3 = 30,8 \text{ Дж/(моль К)}$$

Обчислюємо число моль льоду ν :

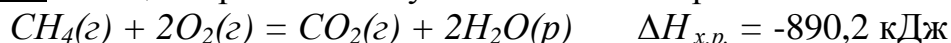
$$\nu = \frac{m}{M} = \frac{90 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 5 \text{ моль}$$

Зміна ентропії при плавленні 90 г льоду дорівнює:

$$\Delta S_{\text{плав}} = 30,8 \text{ Дж/(моль К)} \cdot 5 \text{ моль} = 154 \text{ Дж/К}$$

Відповідь: $\Delta S_{\text{плав}} = 154 \text{ Дж/К} = 0,154 \text{ кДж/К}$.

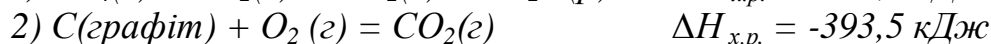
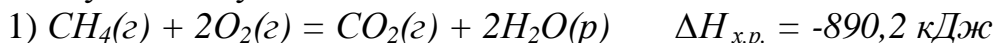
Приклад 5. Реакція горіння метану визначається за рівнянням:



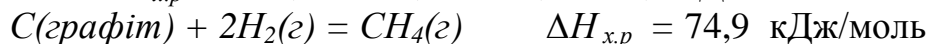
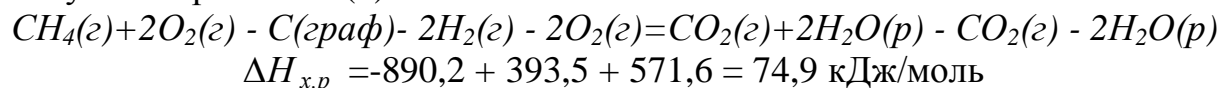
Визначити теплоту утворення метану, якщо відомі значення теплот утворення CO_2 та H_2O (табличні данні).

Розв'язання: Треба визначити тепловий ефект реакції, термохімічне рівняння якої має вигляд: $C(\text{графіт}) + 2H_2(g) = CH_4(g) \quad \Delta H_{x.p.} = ?$

Використовуємо наступні данні:



Із термохімічними рівняннями можна поводитися як з алгебраїчними: рівняння (3) помножити на 2, а потім суму (2) і (3) рівнянь вилучити з рівняння (1):



Оскільки теплота утворення дорівнює теплоті розкладу з протилежним знаком, то $\Delta H_{\text{утв.}} = -\Delta H_{\text{розкл.}}$; $\Delta H_{\text{утв.}}(CH_4) = -74,9 \text{ кДж/моль}$

Такий самий результат можна отримати відповідно до правила Геса:

$$\Delta H_{x.p.} = \Delta H(CO_2) + 2\Delta H(H_2O) - \Delta H(CH_4) - 2\Delta H(O_2)$$

$$\Delta H(CH_4) = \Delta H_{x.p.} - \Delta H(CO_2) - 2\Delta H(H_2O) = -890,0 + 393,5 + 2 \cdot 285,6 = -74,9 \text{ кДж}$$

Відповідь: $\Delta H_{\text{утв.}}(CH_4) = -74,9 \text{ кДж}$.

2.2 Хімічна кінетика. Швидкість хімічних реакцій

Хімічна кінетика – це наука, що вивчає швидкість хімічних реакцій та їх механізм. ([2] С.174-198; [3] С.110-121; [5] С.175, 176)

2.2.1 Закон діючих мас ([2] С.176; [3] С.111; [5] С.176, 177, 179)

Вплив температури на швидкість хімічної реакції [2] С.179, [3] С.113.

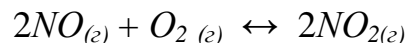
2.2.2 Хімічна рівновага ([2] С.188-109; [3] С.117-119; [5] С.182-185)

2.2.3 Порушення хімічної рівноваги . Принцип Ле-Шательє ([2] С.190-199; [3] С.119-121; [5] С.185-187)

2.2.4 Приклади розв'язання завдань

Приклад 1. В гомогенній системі $2NO_{(г)} + O_{2(г)} \leftrightarrow 2NO_{2(г)}$ рівноважні концентрації реагуючих речовин при сталій температурі становить $[NO] = 0,4$ моль/дм³, $[O_2] = 0,2$ моль/дм³, $[NO_2] = 1,2$ моль/дм³. Визначити константу рівноваги та концентрації вихідних речовин.

Розв'язання: Для наведеної системи:



вираз для константи рівноваги має вигляд:

$$K_p = \frac{[NO_2]^2}{[NO]^2 \cdot [O_2]} = \frac{1,2^2}{0,4^2 \cdot 0,2} = \frac{1,44}{0,16 \cdot 0,2} = 45.$$

За рівнянням 2 моль NO реагує з 1 моль O_2 та утворюється 2 моль NO_2 . На утворення 1,2 моль NO_2 витрачено 1,2 моль NO та 0,6 моль O_2 тоді

$$C_{\text{вих}}(NO) = [NO] + 1,2 = 0,4 + 1,2 = 1,6 \text{ моль/дм}^3$$
$$C_{\text{вих}}(O_2) = [O_2] + 0,6 = 0,2 + 0,6 = 0,8 \text{ моль/дм}^3$$

Приклад 2. Визначити як зміниться швидкість прямої та зворотної реакції в системі, якщо тиск зменшиться у 4 рази: $CO_{2(г)} + C(m) = 2CO_{(г)}$

Розв'язання: Згідно з законом діючих мас швидкості реакцій в гетерогенній системі становлять:

$$v_{\text{пр}} = \bar{K} [CO_2] \text{ const} = K' [CO_2] \quad v_{\text{зв}} = \bar{K} [CO]^2$$

Якщо тиск зменшиться у 4 рази (використовуємо тиск (P) замість концентрації (C)), а вирази для швидкостей будуть мати вигляд:

$$v'_{\text{пр}} = \bar{K}' [1/4 CO_2] = 1/4 \bar{K}' [CO_2] \quad v'_{\text{зв}} = \bar{K} [1/4 CO]^2 = 1/16 \bar{K} [CO]^2$$

Співвідношення $v'_{\text{пр}}/v_{\text{пр}} = 1/4 K' [CO_2] / K' [CO_2] = 1/4$, вказує, що швидкість прямої реакції зменшиться у 4 рази.

Співвідношення $v'_{\text{зв}}/v_{\text{зв}} = 1/16 K [CO_2]^2 / K [CO_2]^2 = 1/16$, вказує, що швидкість зворотної реакції зменшиться у 16 раз.

Приклад 3. Визначити як зміниться швидкість реакції в гомогенній системі при зниженні температури з 90 до 60⁰С, якщо $\gamma = 3$.

Розв'язання: Згідно з правилом Вант-Гоффа :

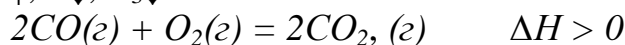
$$v_2 = v_1 \cdot \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}},$$

де v_2, v_1 – швидкості реакцій за температурах T_1 та T_2 , ΔT – зміна температури.

$$v_2 = v_1 \cdot 3^{\frac{60-90}{10}}, \quad v_2 = v_1 \cdot 3^{\frac{-30}{10}}, \quad v_2 = v_1 \cdot 3^{-3} = 1/9 v_1$$

Відповідь: швидкість реакції зменшиться у 9 разів.

Приклад 4. Як зміниться напрямок хімічної рівноваги в системі якщо: $P \downarrow, T \uparrow, C_3 \uparrow$; або $P \uparrow, T \downarrow, C_3 \downarrow$.



Розв'язання: Для виявлення впливу температури на зсув рівноваги в системі визначаємо за ΔH , що прямий процес – ендотермічний, а зворотній – екзотермічний.

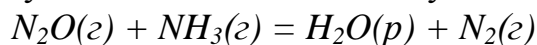
При підвищенні температури за принципом Ле-Шательє рівновага зрушується в напрямку зворотного процесу, тобто $T \uparrow \rightarrow$, а при $T \downarrow \leftarrow$.

Для визначення дії тиску на рівновагу рахуємо кількість моль газоподібних речовин до та після реакції: 3 та 2 відповідно. При зміні тиску рівновага в системі зрушується : $P \uparrow \rightarrow$ (в напрямку меншої кількості моль газів), $P \downarrow \leftarrow$ (в напрямку більшої кількості газоподібних сполук)

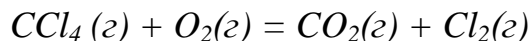
Якщо змінюється кількість третьої речовини – CO_2 , то зсув рівноваги відбудеться в протилежному напрямку: $[CO_2] \uparrow \leftarrow, [CO_2] \downarrow \rightarrow$.

2.3 Завдання до виконання контрольної роботи

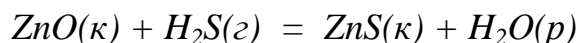
201. Складіть рівняння хімічної реакції та визначте тепловий ефект за стандартних умов, враховуючи, що отримано 0,18 кг H_2O . Який це процес за напрямком обміну теплотою? При якій температурі відбудеться зворотня реакція; чи буде система знаходитися у стані рівноваги?



202. Складіть рівняння хімічної реакції та визначте тепловий ефект за стандартних умов, який це процес за напрямком обміну теплотою? Визначити зміну ентропії реакції за стандартних умов, враховуючи, що отримано 0,485 кг Cl_2 . Визначити можливість самовільного перебігу реакції.



203. Складіть рівняння хімічної реакції та визначить тепловий ефект за стандартних умов, враховуючи, що отримано 0,485кг ZnS . Який це процес за напрямком обміну теплотою? При $t = 30^\circ C$ може відбутися: а) пряма реакція; б) зворотня реакція; в) система буде знаходитися у стані рівноваги?

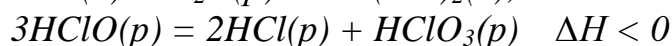
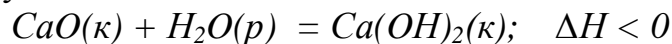


- 204.** Дивитися умови завдання **201**: 1,36 кг CaC_2 ;
 $CaO(\kappa) + C(\text{граф.}) = CaC_2(\kappa) + CO(\text{г})$
- 205.** Дивитися умови завдання **202**: 4,48 м³ Cl_2 .
 $HCl(\text{г}) + O_2(\text{г}) = H_2O(\text{г}) + Cl_2(\text{г})$
- 206.** Дивитися умови завдання **203**: 1,008 м³ C_2H_2 , t = 20°C
 $CaC_2(\kappa) + H_2O(p) = C_2H_2(\text{г}) + Ca(OH)_2(\kappa)$
- 207.** Дивитися умови завдання **201**: 1,344 м³ CO_2 ;
 $C_2H_4(\text{г}) + O_2(\text{г}) = H_2O(\text{г}) + CO_2(\text{г})$
- 208.** Дивитися умови завдання **202**: 1,32 кг $(NH_4)_2SO_4$.
 $NH_3(\text{г}) + H_2SO_4(p) = (NH_4)_2SO_4(\kappa)$
- 209.** Дивитися умови завдання **203**: 0,34 кг NH_3 , t = 25°C
 $NO_2(\text{г}) + H_2(\text{г}) = NH_3(\text{г}) + H_2O(\text{г})$
- 210.** Дивитися умови завдання **201**: 1,12 м³ SO_2 .
 $ZnS(\kappa) + O_2(\text{г}) = ZnO(\kappa) + SO_2(\text{г})$
- 211.** Дивитися умови завдання **202**: 1,06 кг речовини Na_2CO_3 .
 $Na_2O(\kappa) + CO_2(\text{г}) = Na_2CO_3(\kappa)$
- 212.** Дивитися умови завдання **203**: 2,016 м³ CO_2 , t = 15°C.
 $C_2H_6(\text{г}) + O_2(\text{г}) = CO_2(\text{г}) + H_2O(\text{г})$
- 213.** Дивитися умови завдання **201**: 0,315 кг HNO_3 .
 $NaNO_3(\kappa) + H_2SO_4(p) = HNO_3(p) + Na_2SO_4(\kappa)$
- 214.** Дивитися умови завдання **202**: 1,71 кг $Al_2(SO_4)_3$.
 $Al_2O_3(\kappa) + SO_3(\text{г}) = Al_2(SO_4)_3(\kappa)$
- 215.** Дивитися умови завдання **203**: 0,112 кг CO_2 , t = 21°C.
 $H_2O(\text{г}) + CH_4(\text{г}) = CO_2(\text{г}) + H_2(\text{г})$
- 216.** Дивитися умови завдання **201**: 5,55 кг $CaCl_2$.
 $CaO(\kappa) + HCl(\text{г}) = CaCl_2(\kappa) + H_2O(p)$
- 217.** Дивитися умови завдання **202**: 4,48 м³ CO_2 .
 $Fe_2O_3(\kappa) + CO(\text{г}) = FeO(\kappa) + CO_2(\text{г})$
- 218.** Дивитися умови завдання **203**: 1,008 м³ C_2H_2 , t = 22°C
 $SiO_2(\kappa) + NaOH(\kappa) = H_2O(p) + Na_2SiO_3(\kappa)$
- 219.** Дивитися умови завдання **201**: 0,64 м³ SO_2 .
 $H_2S(\text{г}) + O_2(\text{г}) = H_2O(\text{г}) + SO_2(\text{г})$
- 220.** Дивитися умови завдання **202**: 0,8 кг $CaCO_3$.
 $Na_2CO_3(\kappa) + Ca(OH)_2(\kappa) = NaOH(\kappa) + CaCO_3(\kappa)$
- 221.** Дивитися умови завдання **203**: 1,34 кг CO_2 , t = 25°C
 $CaCO_3(\kappa) = CaO(\kappa) + CO_2(\text{г})$
- 222.** Дивитися умови завдання **201**: 4,032 м³ SO_2 .
 $FeS_2(\kappa) + O_2(\text{г}) = Fe_2O_3(\kappa) + SO_2(\text{г})$

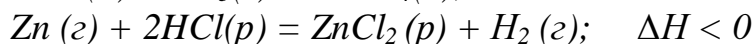
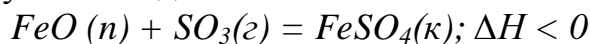
223. Дивитися умови завдання **202**: 1,06 кг речовини *Al*.
 $Fe(\kappa) + Al_2O_3(\kappa) = Fe_2O_3(\kappa) + Al(\kappa)$
224. Дивитися умови завдання **203**: 2,016 м³ *CO*₂, t = 5°C.
 $NaCl(\kappa) + CaCO_3(\kappa) = Na_2CO_3(\kappa) + CaCl_2(\kappa)$
225. Дивитися умови завдання **201**: 0,344 м³ *NO*.
 $NO_2(\varepsilon) + H_2O(\varepsilon) = HNO_3(\varepsilon) + NO(\varepsilon)$
226. Дивитися умови завдання **202**: 0,32 кг *CS*₂.
 $H_2S(\varepsilon) + CO_2(\varepsilon) = H_2O(\varepsilon) + CS_2(\varepsilon)$
227. Дивитися умови завдання **203**: 0,54 кг *N*₂, t = 25°C
 $N_2O(\varepsilon) + NH_3(\varepsilon) = N_2(\varepsilon) + H_2O(\varepsilon)$
228. Дивитися умови завдання **201**: 0,12 кг *SO*₂.
 $ZnS(\kappa) + O_2(\varepsilon) = ZnO(\kappa) + SO_2(\varepsilon)$
229. Дивитися умови завдання **202**: 2,06 кг речовини *Na*₂*CO*₃.
 $Na_2O(\kappa) + CO_2(\varepsilon) = Na_2CO_3(\kappa)$
230. Дивитися умови завдання **203**: 4,016 м³ *CO*₂, t = 15°C
 $C_3H_8(\varepsilon) + O_2(\varepsilon) = CO_2(\varepsilon) + H_2O(\varepsilon)$
231. Дивитися умови завдання **201**: 5,315 кг *Na*₂*SO*₄.
 $NaNO_3(\kappa) + H_2SO_4(p) = HNO_3(p) + Na_2SO_4(p)$
232. Дивитися умови завдання **202**: 1,1 м³ *SO*₃.
 $Al_2O_3(\kappa) + SO_3(\varepsilon) = Al_2(SO_4)_3(\kappa)$
233. Дивитися умови завдання **203**: 0,224 м³ *H*₂, t = 21°C
 $H_2O(\varepsilon) + CH_4(\varepsilon) = CO_2(\varepsilon) + H_2(\varepsilon)$
234. Дивитися умови завдання **201**: 1,36 кг *CO*.
 $CaO(\kappa) + C(\text{граф.}) = CaC_2(\kappa) + CO(\varepsilon)$
235. Дивитися умови завдання **202**: 0,48 кг *Cl*₂.
 $HCl(\varepsilon) + O_2(\varepsilon) = H_2O(\varepsilon) + Cl_2(\varepsilon)$
236. Дивитися умови завдання **203**: 10,008 м³ *C*₂*H*₂, t = 20°C
 $CaC_2(\kappa) + H_2O(p) = C_2H_2(\varepsilon) + Ca(OH)_2(\kappa)$
237. Дивитися умови завдання **201**: 1,044 м³ *CO*₂.
 $C_4H_{10}(\varepsilon) + O_2(\varepsilon) = H_2O(\varepsilon) + CO_2(\varepsilon)$
238. Дивитися умови завдання **202**: 0,32 кг *(NH*₄)₂*SO*₄.
 $NH_3(\varepsilon) + H_2SO_4(p) = (NH_4)_2SO_4(\kappa)$
239. Дивитися умови завдання **203**: 10,34 м³ *NH*₃, t = 25°C
 $NO_2(\varepsilon) + H_2(\varepsilon) = NH_3(\varepsilon) + H_2O(\varepsilon)$
240. Дивитися умови завдання **201**: 12,12 м³ *SO*₂.
 $CuS(\kappa) + O_2(\varepsilon) = CuO(\kappa) + SO_2(\varepsilon)$
241. Дивитися умови завдання **202**: 1,6 кг речовини *PCl*₅.
 $PCl_3(\varepsilon) + Cl_2(\varepsilon) = PCl_5(\varepsilon)$

- 242.** Дивитися умови завдання **203**: $2,016 \text{ м}^3 \text{ CO}_2$, $t = 15^\circ\text{C}$
 $\text{C}_2\text{H}_6(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = \text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г})$
- 243.** Дивитися умови завдання **202**: $1,0 \text{ кг}$ речовини Al .
 $\text{Fe}(\text{к}) + \text{Al}_2\text{O}_3(\text{к}) = \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{к}) + \text{Al}(\text{к})$
- 244.** Дивитися умови завдання **203**: $2,44 \text{ м}^3 \text{ CO}_2$, $t = 5^\circ\text{C}$
 $\text{TiO}_2(\text{к}) + \text{C}(\text{к}) = \text{CO}_2(\text{к}) + \text{Ti}(\text{к})$
- 245.** Дивитися умови завдання **201**: $0,744 \text{ м}^3 \text{ NO}_2$.
 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2(\text{к}) = \text{CuO}(\text{к}) + \text{O}_2(\text{г}) + \text{NO}_2(\text{г})$
- 246.** Дивитися умови завдання **202**: $2,32 \text{ м}^3 \text{ CS}_2$.
 $\text{H}_2\text{S}(\text{г}) + \text{CO}_2(\text{г}) = \text{H}_2\text{O}(\text{г}) + \text{CS}_2(\text{г})$
- 247.** Дивитися умови завдання **203**: $0,44 \text{ кг HNO}_2$, $t = 25^\circ\text{C}$
 $\text{NO}_2(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{р}) = \text{HNO}_2(\text{р}) + \text{HNO}_3(\text{р})$
- 248.** Дивитися умови завдання **201**: $0,72 \text{ кг ZnO}$.
 $\text{ZnS}(\text{к}) + \text{O}_2(\text{г}) = \text{ZnO}(\text{к}) + \text{SO}_2(\text{г})$
- 249.** Дивитися умови завдання **202**: $2,06 \text{ кг}$ речовини.
 $\text{H}_2\text{O}(\text{р}) + \text{SO}_3(\text{г}) = \text{H}_2\text{SO}_4(\text{р})$
- 250.** Дивитися умови завдання **203**: $4,6 \text{ кг CO}_2$, $t = 15^\circ\text{C}$
 $\text{C}_2\text{H}_4(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = \text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г})$
- 251.** Визначить швидкість прямої та зворотної реакцій та записати вирази для константи рівноваги цих процесів. Як зміниться рівновага якщо $\text{C}\uparrow$, $\text{T}\uparrow$, $\text{P}\uparrow$. Які умови потрібні для збільшення виходу продуктів реакцій:
 $\text{FeCl}_3(\text{р}) + \text{NH}_4\text{OH}(\text{р}) = \text{FeOHCl}_2(\text{р}) + \text{NH}_4\text{Cl}(\text{р}); \quad \Delta H < 0$
 $\text{CO}(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г}) = \text{COCl}_2(\text{г}); \quad \Delta H < 0$
- 252.** Визначить швидкість прямої та зворотної реакцій та записати вирази для константи рівноваги цих процесів. Як зміниться рівновага якщо $\text{C}\downarrow$, $\text{T}\downarrow$, $\text{P}\downarrow$. Які умови потрібні для збільшення виходу продуктів реакцій:
 $\text{MgO}(\text{к}) + \text{Al}_2\text{O}_3(\text{к}) = \text{MgAl}_2\text{O}_4(\text{к}); \quad \Delta H < 0$
 $2\text{SO}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{SO}_3(\text{г}) \quad \Delta H < 0$
- 253.** Визначить швидкість прямої та зворотної реакцій та записати вирази для константи рівноваги цих процесів. Як зміниться рівновага якщо $\text{C}\uparrow$, $\text{T}\uparrow$, $\text{P}\downarrow$. Які умови зменшать вихід продуктів реакцій:
 $4\text{FeO}(\text{к}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{к}); \quad \Delta H < 0$
 $\text{CO}(\text{г}) + 2\text{H}_2(\text{г}) = \text{CH}_3\text{OH}(\text{г}); \quad \Delta H < 0$
- 254.** Визначить швидкість прямої та зворотної реакцій та записати вирази для константи рівноваги цих процесів. Як зміниться рівновага якщо $\text{C}\downarrow$, $\text{T}\downarrow$, $\text{P}\uparrow$. Які умови зменшать вихід продуктів реакцій:
 $\text{SO}_2(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г}) = \text{SO}_2\text{Cl}_2(\text{г}); \quad \Delta H < 0$
 $\text{CO}(\text{г}) + \text{C}(\text{к}) = 2\text{CO}_2(\text{г}); \quad \Delta H > 0$
- 255.** Дивитися умови завдання **251**:
 $4\text{Fe}(\text{к}) + 3\text{O}_2(\text{г}) = 2\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{к}); \quad \Delta H < 0$
 $2\text{CO}(\text{г}) = 2\text{C}(\text{к}) + \text{O}_2(\text{г}); \quad \Delta H > 0$

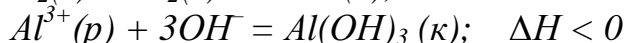
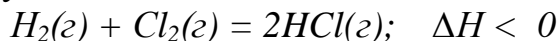
256. Дивитися умови завдання 252:



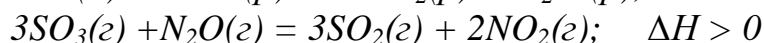
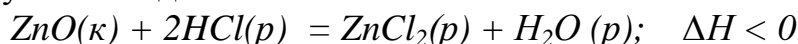
257. Дивитися умови завдання 253:



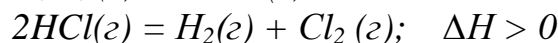
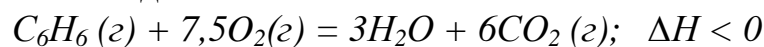
258. Дивитися умови завдання 254:



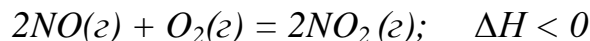
259. Дивитися умови завдання 252:



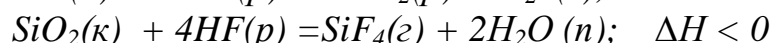
260. Дивитися умови завдання 253:



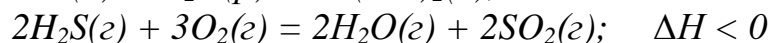
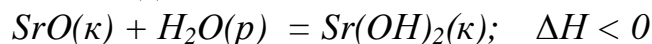
261. Дивитися умови завдання 254:



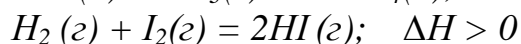
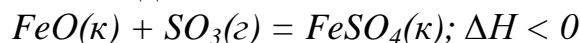
262. Дивитися умови завдання 251:



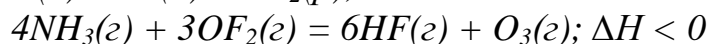
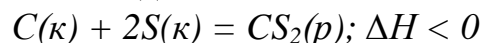
263. Дивитися умови завдання 252:



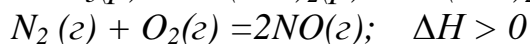
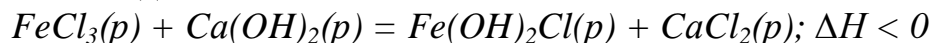
264. Дивитися умови завдання 253:



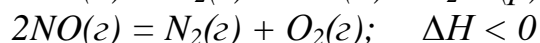
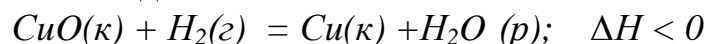
265. Дивитися умови завдання 254:



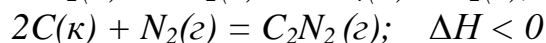
266. Дивитися умови завдання 251:



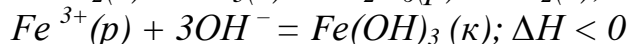
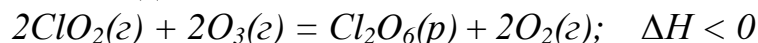
267. Дивитися умови завдання 252:



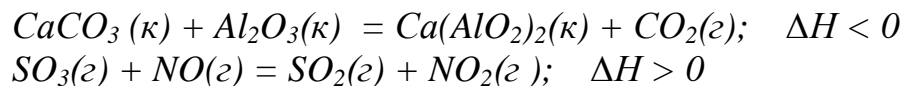
268. Дивитися умови завдання 253:



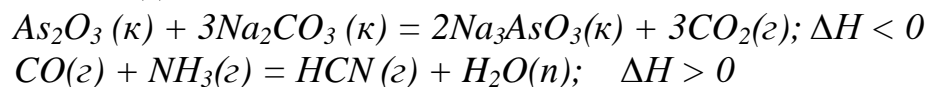
269. Дивитися умови завдання 254:



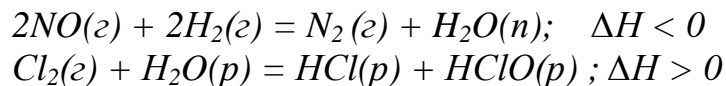
270. Дивитися умови завдання 252:



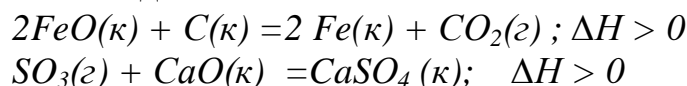
271. Дивитися умови завдання 253:



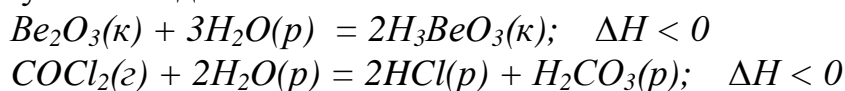
272. Дивитися умови завдання 254:



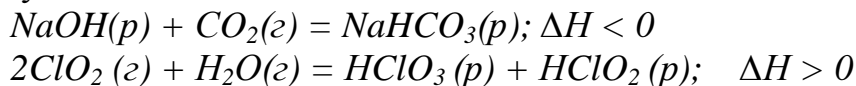
273. Дивитися умови завдання 251:



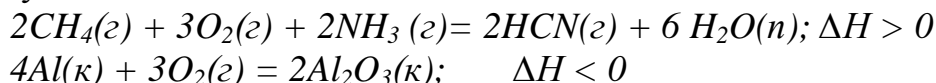
274. Дивитися умови завдання 252:



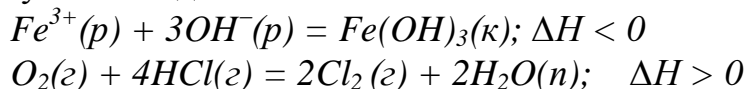
275. Дивитися умови завдання 253:



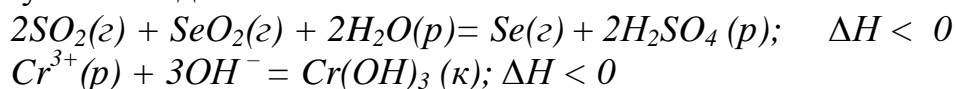
276. Дивитися умови завдання 254:



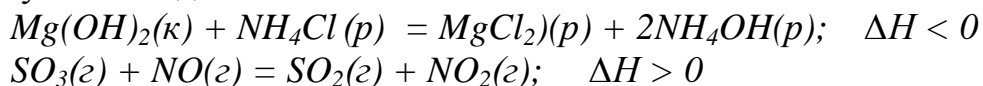
277. Дивитися умови завдання 251:



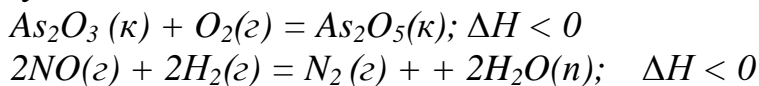
278. Дивитися умови завдання 254:



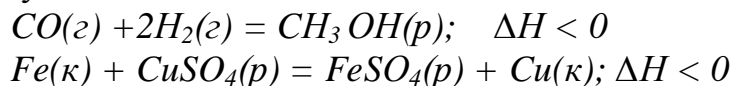
279. Дивитися умови завдання 252:



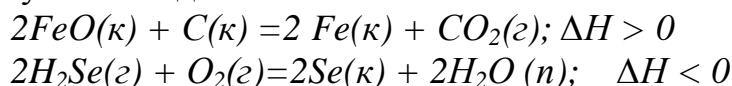
280. Дивитися умови завдання 253:



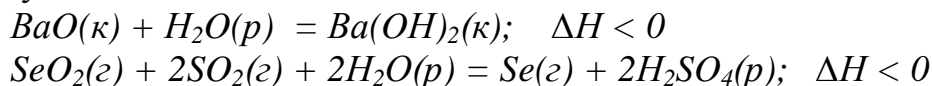
281. Дивитися умови завдання 254:



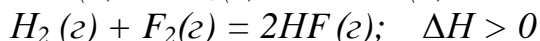
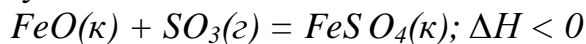
282. Дивитися умови завдання 251:



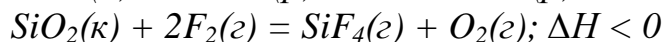
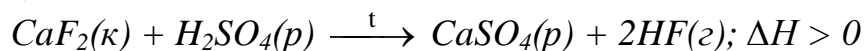
283. Дивитися умови завдання 252:



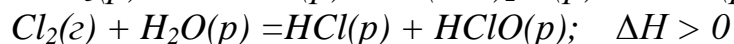
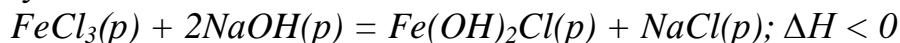
284. Дивитися умови завдання 253:



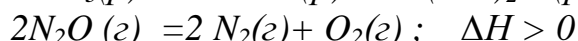
285. Дивитися умови завдання 254:



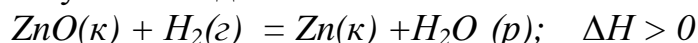
286. Дивитися умови завдання 251:



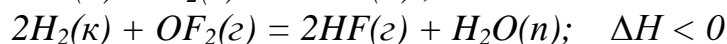
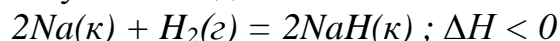
287. Дивитися умови завдання 251:



288. Дивитися умови завдання 252:



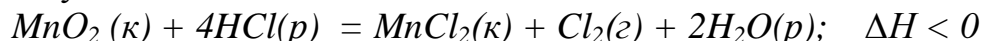
289. Дивитися умови завдання 253:



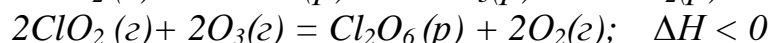
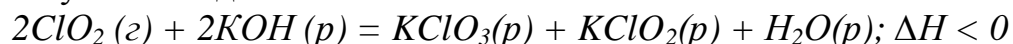
290. Дивитися умови завдання 254:



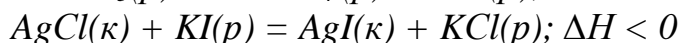
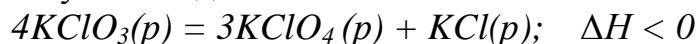
291. Дивитися умови завдання 252:



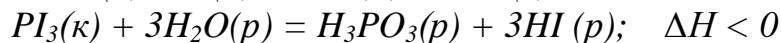
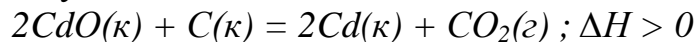
292. Дивитися умови завдання 253:



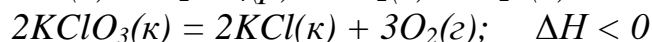
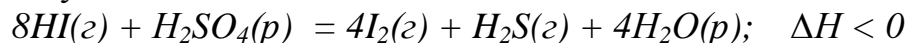
293. Дивитися умов завдання 254:



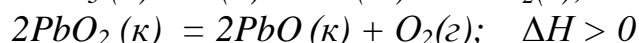
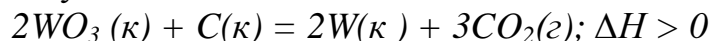
294. Дивитися умови завдання 251:



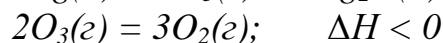
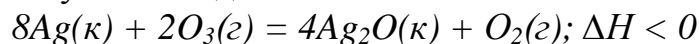
295. Дивитися умови завдання 252:



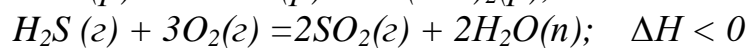
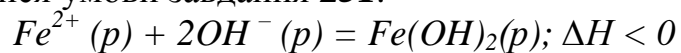
296. Дивитися умови завдання 253:



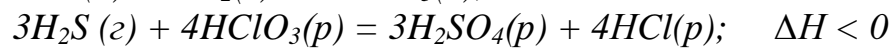
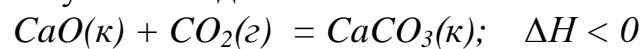
297. Дивитися умови завдання 254:



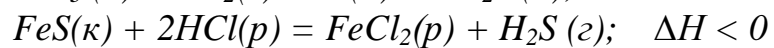
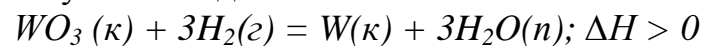
298. Дивитися умови завдання **251**:



299. Дивитися умови завдання **252**:



300. Дивитися умови завдання **253**:



3 РОЗЧИНИ

Після вивчення матеріалу цього розділу студенти *повинні знати*: які системи називаються розчинами, що є основою якісних та кількісних методів визначення складу розчинів, основні положення сольватної теорії Д.І. Менделєєва; класифікацію розчинів за способом їх складу та фізико-хімічні величини, які необхідно при цьому використовувати; *уміти* визначати способи виразу концентрації розчинів, а також робити перерахунки з одної концентрації в іншу. Мати уявлення про сильні та слабкі електроліти, дисоціацію, константи та ступені дисоціації; уявляти собі що таке кислоти, основи та солі за теорією електролітичної дисоціації; що таке водневий показник, вміти писати рівняння гідролізу солей. ([2] С. 217-270; [3] С.123-177; [5] С.193-235).

3.1 Способи визначення складу розчинів ([2] С.219-220; [3] С.147-149; [5] С. 193-196).

3.2 Колігативні властивості розведених розчинів ([2] С.228-237; [3] С.149-156; [5] С. 211-213).

3.3 Водні розчини електролітів ([2] С.237-258; [3] С.158–171; [5] С.213-219).

3.3.1 Сильні електроліти ([2] С.246-255; [3] С.160-161; [5] С.219).

3.3.2 Йонний добуток води. Водневий показник ([2] С.259; [3] С.164-161; [5] С.220-221).

3.3.3 Гідроліз солей ([2] С.264-270; [3] С.171-173; [5] С.224-229).

3.3.4 Добуток розчинності ([2] С.256-258; [3] С.175-176; [5] С.221-223).

3.3.5 Приклади розв'язання завдань

Приклад 1. Розчин виготовлено з 32 г $AlCl_3$ та 168 г (розчинника) води. Густина розчину $1,15 \text{ г/см}^3$. Визначити масові та об'ємні концентрації.

Розв'язання: Масові концентрації – це масова частка (ω) та молярна концентрація (C_m). Визначити ω можливо за формулою:

$$\omega = \frac{m_{p\text{-ни}}}{m_{p\text{-ну}}} = \frac{m_{p\text{-ни}}}{m_{p\text{-ни}} + m_{p\text{-ка}}}; \quad \omega = \frac{m_{p\text{-ни}}}{\rho \cdot V}$$

де ω – масова частка розчиненої речовини; m_p – маса розчиненої речовини; $m_{p\text{-ну}}$ – загальна маса розчину; $m_{p\text{-ка}} (m_s)$ – маса розчинника; ρ – густина розчину, г/см^3 ; V – об'єм розчину.

$$\omega = \frac{m_{p-ни}}{m_{p-ни} + m_{p-ка}} = \frac{32}{32 + 168} = \frac{32}{200} = 0,16 \text{ або } 16\%$$

бо $C\% = \omega \cdot 100\%$

Молярна концентрація дорівнює:

$$C_m = \frac{v_p}{m_s}; \quad C_m = \frac{m_p \cdot 1000}{M \cdot m_s},$$

де m_p і m_s – маса розчиненої речовини і розчинника; M – молярна маса розчиненої речовини. Одиниця виміру молярності – **моль/кг**.

$$M(\text{AlCl}_3) = 27 + 3 \cdot 35,5 = 133,5 \text{ г/моль}$$

$$C_m = \frac{32 \cdot 1000}{133,5 \cdot 168} = 1,427 \text{ моль/кг.}$$

Об'ємні концентрації – це молярна (C_M), молярна еквівалента (стара назва – нормальна концентрація, C_H) ($C_{екв}$) та титр (T) розчину.

$$C_M = \frac{v_p}{V_{p-ну}}; \quad C_M = \frac{m_p}{M_p \cdot V_{p-ну}}$$

$$C_H = C_{екв} = \frac{v_{екв p}}{V_{p-ну}}; \quad C_{екв} = \frac{m_p}{M_{екв p} \cdot V_{p-ну}}$$

$$T^* = \frac{m_p}{V_{p-ну}}; \quad T = \frac{C_{екв} \cdot M_{екв}}{1000}; \quad T = \frac{C_M \cdot M}{1000}$$

T^* - титр розраховується до четвертого знаку.

Треба визначити об'єм розчину, який дорівнює:

$$V = \frac{m_p}{\rho}.$$

Тоді:

$$C_M = \frac{m_p \cdot \rho}{M_p \cdot m_{p-на}} = \frac{32 \cdot 1,15 \cdot 10^3}{133,5 \cdot 200} = 1,38 \text{ моль/дм}^3$$

$$C_{екв} = \frac{m_p \cdot \rho}{f_{екв} \cdot M_p \cdot m_s} = \frac{32 \cdot 1,15 \cdot 10^3}{\frac{1}{3} \cdot 133,5 \cdot 200} = 4,14 \text{ моль/дм}^3$$

або

$$C_{екв} = \frac{1}{f_{екв} \cdot C_M} = 3 \cdot C_M = 3 \cdot 1,38 = 4,14 \text{ моль/дм}^3$$

$$T = \frac{C_M \cdot M}{1000} = \frac{1,38 \cdot 133,5}{1000} = 0,1842 \text{ г/см}^3$$

Відповідь. Масові концентрації: $\omega = 0,16$; $C_m = 1,427$ моль/кг;
об'ємні: $C_M = 1,38$ моль/дм³; $C_{Мекв} = 4,14$ моль/дм³; $T = 0,1842$ г/см³.

Приклад 2. Яку масу соди Na_2CO_3 треба взяти для приготування 250 см³ 0,25 М розчину?

Розв'язання: Визначаємо кількість речовини Na_2CO_3 , яка міститься у 250 см³ або 0,25 дм³:

$$\nu(Na_2CO_3) = C_M \cdot V = 0,25 \text{ моль/дм}^3 \cdot 0,25 \text{ дм}^3 = 0,0625 \text{ моль}$$

Масу Na_2CO_3 , необхідну для приготування розчину обчислимо:

$$m(Na_2CO_3) = \nu \cdot M = 0,0625 \text{ моль} \cdot 106 \text{ г/моль} = 6,625 \text{ г};$$

де $M(Na_2CO_3) = 106 \text{ г/моль}$.

Відповідь. Для виготовлення 250 см³ 0,25 М розчину треба взяти наважку соди (карбоната натрію) масою 6,625 г.

Приклад 3. Сірководень об'ємом 14 см³ розчинили у воді масою 500 г (н.у.). Обчислить масову частку сірководню в розчині.

Розв'язання. Визначаємо кількість речовини сірководню, розчиненого у воді:

$$\nu(H_2S) = \frac{V(H_2S)}{V_m} = \frac{0,014 \text{ дм}^3}{22,4 \text{ дм}^3 / \text{моль}} = 0,000625 \text{ моль}.$$

Маса розчиненого сірководню дорівнює:

$$m(H_2S) = \nu(H_2S) \cdot M(H_2S) = 0,000625 \cdot 34 = 0,02125 \text{ г},$$

де $M(H_2S) = 34 \text{ г/моль}$

Маса розчину дорівнює:

$$m_{p-ny} = m(H_2O) + m(H_2S) = 500 + 0,02125 \approx 500,02 \text{ г}$$

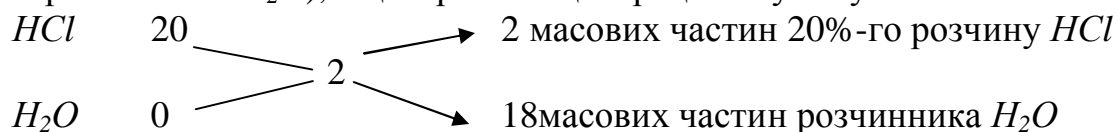
Масова частка сірководню в цьому розчині дорівнює:

$$\omega = \frac{m_{p-ny}}{m_{p-ny}} = \frac{0,02125}{500,02} = 0,424 \cdot 10^{-4} \text{ або } 0,424 \cdot 10^{-2}\% = 4,24 \cdot 10^{-3}\%$$

Відповідь. Масова частка H_2S у розчині $0,424 \cdot 10^{-4}$.

Приклад 4. Який об'єм води та розчину хлоридної кислоти з масовою часткою 20 % та густиною 1,1 г/см³ треба взяти, щоб приготувати 250 г розчину з масовою часткою HCl 2%.

Розв'язання: Вирішити це завдання можна скориставшись діагональною схемою або «правилом хреста». В лівий верхній кут треба помістити вищу концентрацію (20), у нижній лівий – меншу концентрацію (0 для розчинника H_2O), в центрі – концентрацію яку готують:



Числа **2, 18** отримано при відніманні по діагоналі від більшого числа менше ($20 - 2 = 18$; $2 - 0 = 2$) і вказують у якому масовому співвідношенні слід змішувати початковий розчин кислоти і воду: $2 : 18 = 1 : 9$.

Для отримання 250 г 2% розчину треба змішати:

$$m(\text{HCl}) = 250 \cdot \frac{1}{1+9} = 25 \text{ г}; \quad V(\text{HCl}) = \frac{m}{\rho} = \frac{25}{1,1} = 22,7 \text{ см}^3;$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 250 \cdot \frac{9}{1+9} = 225 \text{ г}; \quad V(\text{H}_2\text{O}) = \frac{225}{1,0} = 225 \text{ см}^3.$$

Відповідь. Для приготування 250 г 2% розчину HCl треба 22,7 см³ HCl та 225 см³ води (H_2O).

Приклад 5. Приготувати 200 см³ 0,1 М розчину сульфату міді з кристалогідрату $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Розв'язання. Визначаємо масу безводної солі відповідно за формулою:

$$C_M = \frac{m}{M \cdot V}$$

$$m(\text{CuSO}_4) = M(\text{CuSO}_4) \cdot C_M \cdot V = 159,5 \cdot 0,1 \cdot 0,2 = 3,19 \text{ г}.$$

Знаходимо масу кристалогідрату $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ відповідну безводної солі:

$$\begin{array}{rcl} 1 \text{ моль } \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} & \text{містить} & 1 \text{ моль } \text{CuSO}_4 \\ 249,5 \text{ г } \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} & - & 159,5 \text{ г } \text{CuSO}_4 \\ m \text{ г } \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} & - & 3,19 \text{ г } \text{CuSO}_4 \end{array}$$

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = (249,5 \cdot 3,19) / 159,5 = 4,98 \text{ г}.$$

Відповідь. Для приготування 200 см³ 0,1 М розчину сульфату міді треба 4,98 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Розчини сильних електролітів

Приклад 1. Осмотичний тиск 0,1 н ZnSO_4 при 0°C дорівнює $1,59 \cdot 10^5$ Па. Визначить ізотонічний коефіцієнт цього розчину.

Розв'язання. Осмотичний тиск розчинів електролітів дорівнює:

$$p_{\text{осм}} = i \cdot C_M \cdot RT$$

Ізотонічний коефіцієнт:

$$i = \frac{p_{\text{осм}}}{C_M \cdot R \cdot T} = \frac{1,59 \cdot 10^2 \text{ кПа}}{\frac{1}{2} \cdot 0,1 \cdot 8,314 \cdot 273} = 1,4$$

де $C_M(\text{ZnSO}_4) = \frac{1}{2} C_H$

Відповідь: Ізотонічний коефіцієнт дорівнює 1,4.

Приклад 2. Тиск водяної пари над розчином 24,8 г KCl у 100 г води при $100^\circ C$ дорівнює $9,14 \cdot 10^4$ Па. Обчисліть ізотонічний коефіцієнт, якщо тиск водяної пари при цій температурі дорівнює $1,0133 \cdot 10^5$ Па.

Розв'язання: Перший закон Рауля для електролітів:

$$\frac{p_0 - p}{p_0} = N_B; \quad \frac{\Delta p}{p_0} = i \cdot \frac{v_B}{v_A + v_B}$$

Кількість речовини KCl та води визначаємо:

$$v_B = \frac{m}{M}$$

$$v(KCl) = \frac{24,8}{74,5} = 0,33 \text{ моль,}$$

де $M(KCl) = 39 + 35,5 = 74,5$ г/моль

$$v(H_2O) = \frac{100}{18} = 5,55 \text{ моль,}$$

де $M(H_2O) = 2 + 16 = 18$ г/моль

Ізотонічний коефіцієнт дорівнює:

$$i = \frac{(p_0 - p) \cdot (v_A + v_B)}{p_0 \cdot v_B} = \frac{(1,0133 \cdot 10^5 - 0,914 \cdot 10^5) \cdot (0,33 + 5,55)}{1,0133 \cdot 10^5 \cdot 0,33} = 1,75.$$

Відповідь Ізотонічний коефіцієнт дорівнює 1,75.

Приклад 3. Розчин, який містить 8 г $NaOH$ у 1000 г води, кипить при $100,184^\circ C$. Обчисліть ізотонічний коефіцієнт (для H_2O $E = 0,516$)

Розв'язання. Другий закон Рауля для електролітів має вигляд:

$$\Delta T_{\text{кип}} = i \cdot E \cdot C_m; \quad \Delta T_{\text{зам}} = i \cdot K \cdot C_m;$$

де C_m – моляльна концентрація;

$$C_m = \frac{v_p}{m_s} = \frac{m_p \cdot 1000}{M \cdot m_s},$$

$$\Delta T_{\text{кип}} = \frac{i \cdot E \cdot m_p \cdot 10^3}{M \cdot m_s};$$

звідси:

$$i = \frac{\Delta T_{\text{кип}} \cdot M \cdot m_s}{E \cdot m_p \cdot 10^3} = \frac{0,184 \cdot 40 \cdot 1000}{0,516 \cdot 8 \cdot 10^3} = 1,78.$$

Відповідь Ізотонічний коефіцієнт дорівнює 1,78.

Приклад 4. Тиск пари 8%-ого водного розчину $NaNO_3$ дорівнює 2268,8 Па при $20^\circ C$. Тиск парів води при цій температурі – 2337,8 Па. Обчисліть уявний ступінь дисоціації $NaNO_3$ у цьому розчині.

Розв'язання. Ізотонічний коефіцієнт за I законом Рауля для $NaNO_3$:

$$i = \frac{(p_0 - p) \cdot (v_A + v_B)}{p_0 \cdot v_B}$$

де $v(NaNO_3) = \frac{8}{85} = 0,094$ моль; де $M(NaNO_3) = 85$ г/моль

$v(H_2O) = \frac{(100 - 8)}{18} = 5,105$ моль, де $M(H_2O) = 18$ г/моль

$$i = \frac{(2337,7 - 2268,8) \cdot (5,1054 + 0,094)}{2337,7 \cdot 0,094} = 1,63.$$

Уявний ступінь дисоціації $NaNO_3$ у цьому розчині:

$$\alpha = \frac{i - 1}{n - 1},$$

n – кількість утворених йонів, для $NaNO_3$ це два йона.

$$\alpha = \frac{1,63 - 1}{2 - 1} = 0,63 \text{ або } 63\%$$

Відповідь: Ізотонічний коефіцієнт = 1,63, ступінь дисоціації = 63%

Приклад 5. Температура замерзання розчину, що має 0,25 моль HNO_3 у $2,5 \text{ дм}^3 H_2O$ становить $-0,35^\circ\text{C}$. Обчисліть уявний ступінь дисоціації кислоти в цьому розчині (K для води дорівнює $1,86^0$).

Розв'язання: $M(HNO_3) = 63$ г/моль

За II-м законом Рауля ізотонічний коефіцієнт для розчину HNO_3 :

$$i = \frac{\Delta T_{зам} \cdot M \cdot m_s}{K \cdot m_p \cdot 10^3} = \frac{0,35 \cdot 63 \cdot 2500}{1,86 \cdot 63 \cdot 0,25 \cdot 1000} = 1,88$$

Уявний ступінь дисоціації HNO_3 у цьому розчині:

$$\alpha = \frac{1,88 - 1}{2 - 1} = 0,88 \text{ або } 88\%$$

Відповідь: Ізотонічний коефіцієнт = 1,88, ступінь дисоціації = 88%.

Приклад 6. Обчисліть йонну силу розчину K_2SO_4 , що має концентрацію 0,02 моль на 1000 г H_2O .

Розв'язання: Йонна сила розчину дорівнює:

$$I = \frac{1}{2} \cdot (C_1 Z_1^2 + C_2 Z_2^2 + \dots + C_i Z_i^2)$$
$$I(K_2SO_4) = \frac{1}{2} [C_K^+ (Z_K^+)^2 + C_{SO_4}^{2-} (Z_{SO_4}^{2-})^2] = \frac{1}{2} [0,02 \cdot 2 \cdot 1^2 + 0,02 \cdot 1 \cdot |-2|^2] = 0,06$$

Відповідь: Йонна сила розчину дорівнює 0,06.

Приклад 7. Обчисліть активну концентрацію $CaCl_2$ у розчині, що містить 0,925 г $CaCl_2$ у 500 г води.

Розв'язання: Визначаємо молярну концентрацію:

$$C_m = \frac{v_{p-ни}}{m_{p-ка}} = \frac{m_{p-ни} \cdot 1000}{M \cdot m_{p-ка}} = \frac{0,925}{111 \cdot 0,5} = 0,017 \text{ моль/кг.}$$

де $M(CaCl_2) = 111$ г/моль, 500 г = $0,5$ кг

Обчислимо йонну силу розчину:

$$I = 1/2 (0,017 \cdot 2^2 + 0,017 \cdot 2 \cdot |-1|^2) = \frac{0,068 + 0,034}{2} = 0,051$$

За додатком 6 знаходимо коефіцієнт активності залежно від йонної сили розчину:

$$f_{Ca^{2+}} = 0,50; \quad f_{Cl^-} = 0,84.$$

Активність йонів дорівнює:

$$a_{Ca^{2+}} = f_{Ca^{2+}} \cdot C_{Ca^{2+}} = 0,50 \cdot 0,017 = 0,0097$$
$$a_{Cl^-} = f_{Cl^-} \cdot C_{Cl^-} = 0,84 \cdot 0,034 = 0,0289$$

Активна концентрація дорівнює:

$$a_{CaCl_2} = a_{Ca^{2+}} \cdot (a_{Cl^-})^2 = 0,0097 \cdot (0,0289)^2 = 8 \cdot 10^{-6}.$$

Відповідь: Активна концентрація $CaCl_2$ у розчині дорівнює $8 \cdot 10^{-6}$.

Приклад 8. Обчисліть середній коефіцієнт активності йонів $AgNO_3$ у розчині, що містить 0,01 моль речовини $AgNO_3$ у 1000 г води.

Розв'язання. Йонна сила розчину $AgNO_3$:

$$I = 1/2(0,01 \cdot 1^2 + 0,01 \cdot 1^2) = \frac{0,01 + 0,01}{2} = 0,01$$

Середній коефіцієнт активності йонів $AgNO_3$:

$$\lg f = -0,5117 Z_1 Z_2 \sqrt{I}$$

$$\lg f = -0,5117 \cdot 1 \cdot 1 \sqrt{0,01} = -0,05117; \quad f_{\pm} = 0,89$$

Розчини слабких електролітів

Приклад 1. Обчисліть ступінь дисоціації $HCOOH$ у 0,01 н розчині, якщо у 10^{-3} дм³ розчину міститься $6,82 \cdot 10^{18}$ розчинених частинок (йони та недисоційовані частинки).

Розв'язання. Мурашина кислота дисоціює за рівнянням:



У 10^{-3} дм^3 0,01н розчину міститься $6,02 \cdot 10^{18}$ частинок (1 моль - $6,02 \cdot 10^{23}$). На йони дисоціювало n молекул. Кожна молекула кислоти при дисоціації дає 2 йони (H^+ , НСОО^-), а n молекул кислоти дадуть $2n$ йонів. Недисоційованих молекул у розчині міститься $(6,02 \cdot 10^{18} - n)$. Взагалі розчин має $6,82 \cdot 10^{18}$ (за умовою) частинок, тобто:

$$6,82 \cdot 10^{18} = (6,02 \cdot 10^{18} - n) + 2n = 6,02 \cdot 10^{18} + n$$
$$n = 6,82 \cdot 10^{18} - 6,02 \cdot 10^{18} = 0,8 \cdot 10^{18}$$

Звідки:

$$\alpha = \frac{n}{N} = \frac{0,8 \cdot 10^{18}}{6,02 \cdot 10^{18}} = 0,133 = 13,3\%$$

Приклад 2. Обчислити ступінь дисоціації сірководневої кислоти за першим ступенем у 0,1М розчині, якщо константа дисоціації $K_d = 1,1 \cdot 10^{-7}$.

Розв'язання. H_2S дуже слабка кислота, тому використовуємо спрощене рівняння закону розведення Оствальда:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_{\text{дис}}}{C_M}} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 10^{-7}}{0,1}} = 1,05 \cdot 10^{-3}$$

Відповідь: ступінь дисоціації H_2S за 1 ступенем дорівнює 0,105 %.

Приклад 3. Обчисліть концентрацію йонів OH^- в 0,01 М розчині NH_4OH , якщо $K_{\text{дис}} = 1,77 \cdot 10^{-5}$.

Розв'язання. Концентрація йонів у розчині електроліту залежить від молярної концентрації електроліту, його ступені дисоціації та кількості йонів даного типу, що утворюються, тобто:

$$C_{\text{іон}} = C \cdot \alpha \cdot n.$$

Для визначення концентрації йонів OH^- у розчині NH_4OH знаходимо ступінь дисоціації NH_4OH :

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_{\text{дис}}}{C_M}} = \sqrt{\frac{1,77 \cdot 10^{-5}}{0,01}} = 0,42 \cdot 10^{-1} = 0,042$$

Концентрація йонів OH^- дорівнює:

$$C(\text{OH}^-) = 0,01 \cdot 0,042 \cdot 1 = 0,42 \cdot 10^{-3} \text{ моль/дм}^3.$$

Приклад 4. Добуток розчинності BaF_2 при $18^\circ C$ дорівнює $1,7 \cdot 10^{-6}$. Обчисліть концентрацію йонів Ba^{2+} та F^- у насиченому розчині BaF_2 .

Розв'язання. Дисоціація солі протікає за рівнянням:



Йонів F^- утворюється у 2 рази більше ніж йонів Ba^{2+} , тому

$$C(F^-) = 2C(Ba^{2+})$$

Добуток розчинності солі $DP(BaF_2) = C(Ba^{2+}) \cdot C(F^-)$.

Якщо концентрацію F^- виразити через концентрацію Ba^{2+} , тоді:

$$DP(BaF_2) = C(Ba^{2+}) \cdot (2C(Ba^{2+}))^2 = 4C^3(Ba^{2+}) = 1,7 \cdot 10^{-6}$$

Концентрація йонів Ba^{2+} дорівнює:

$$C(Ba^{2+}) = \sqrt[3]{\frac{1,7 \cdot 10^{-6}}{4}} = 0,75 \cdot 10^{-2} \text{ моль/дм}^3$$

$$C(F^-) = 0,75 \cdot 10^{-2} \cdot 2 = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ моль/дм}^3$$

Відповідь: За заданих умов концентрації йонів у розчині складають: $C(Ba^{2+}) = 0,75 \cdot 10^{-2} \text{ моль/дм}^3$ та $C(F^-) = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ моль/дм}^3$.

Приклад 5. Розчинність $Mg(OH)_2$ дорівнює $1,7 \cdot 10^{-4} \text{ моль/дм}^3$ при $18^\circ C$. Обчисліть добуток розчинності $Mg(OH)_2$ за цих умов.

Розв'язання При розчиненні кожного моль $Mg(OH)_2$ у розчин переходить 1 моль йонів Mg^{2+} та вдвічі більше йонів OH^- . Отже у насиченому розчині $Mg(OH)_2$:

$$C(Mg^{2+}) = 1,7 \cdot 10^{-4} \text{ моль/дм}^3;$$

$$C(OH^-) = 1,7 \cdot 10^{-4} \cdot 2 = 3,4 \cdot 10^{-4} \text{ моль/дм}^3;$$

$$DP(Mg(OH)_2) = C(Mg^{2+}) C(OH^-) = 1,7 \cdot 10^{-4} \cdot (3,4 \cdot 10^{-4})^2 = 1,96 \cdot 10^{-11}.$$

Відповідь: За заданих умов добуток розчинності $Mg(OH)_2 = 1,96 \cdot 10^{-11}$.

Приклад 6. $DP(PbI_2)$ при $20^\circ C$ дорівнює $8 \cdot 10^{-9}$. Обчисліть розчинність (моль/дм³) при заданих умовах.

Розв'язання. Визначаємо розчинність солі через S (моль/дм³), тоді:

$$DP(PbI_2) = C(Pb^{2+}) \cdot (C(I^-))^2 = S \cdot (2S)^2 = 4S^3, \text{ звідси}$$

$$S = \sqrt[3]{\frac{DP_{PbI_2}}{4}} = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot 10^{-9}}{4}} = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ моль/дм}^3.$$

Відповідь: Розчинність за заданих умов солі $PbI_2 = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ моль/дм}^3$.

3.4 Завдання до виконання контрольної роботи

- 301.** Визначити $C_{екв}$ та C_M концентрації 25%-ого розчину Кальцію хлориду, густина якого $\rho = 1,2284 \text{ г/см}^3$.
- 302.** Чому дорівнює $C_{екв}$ 30%-ого розчину гідроксиду натрію, густина якого $\rho = 1,328 \text{ г/см}^3$. До 1 дм^3 цього розчину додали 5 дм^3 води. Визначити масову частку отриманого розчину.
- 303.** До 3 дм^3 10%-ого розчину нітратної кислоти, густина якого $\rho = 1,054 \text{ г/см}^3$, додали 5 дм^3 2%-ого розчину цієї кислоти з $\rho = 1,01 \text{ г/см}^3$. Визначити масову частку та C_M отриманого розчину об'ємом 8 дм^3 .
- 304.** Визначити $C_{екв}$ та C_M концентрації 20,8%-ого розчину нітратної кислоти, густина якого $\rho = 1,12 \text{ г/см}^3$. Яка маса кислоти міститься у 4 дм^3 цього розчину?
- 305.** Визначити $C_{екв}$, C_M та C_m концентрації 16%-ого розчину Алюміній хлориду, густина якого $\rho = 1,149 \text{ г/см}^3$.
- 306.** Скільки та якої речовини залишиться у надлишку, коли до 75 см^3 0,3 н розчину сульфатної кислоти додати 125 см^3 0,2 н розчину KOH ?
- 307.** Для розчинення наважки $CaCO_3$ потрібно 35 см^3 1,025 н розчину HCl . Визначити масу карбонату кальцію, яка потрібна для цього.
- 308.** Визначити $C_{екв}$, C_m та титр 10%-ого розчину гідроксиду натрію $NaOH$ ($\rho = 1,110 \text{ г/см}^3$).
- 309.** До 1 дм^3 10% KOH ($\rho = 1,092 \text{ г/см}^3$) додали $0,5 \text{ дм}^3$ 5%-ого розчину ($\rho = 1,045 \text{ г/см}^3$). До суміші додали воду до загального об'єму 3 дм^3 . Визначити C_M цього розчину.
- 310.** Який об'єм 96%-ої сульфатної кислоти ($\rho = 1,84 \text{ г/см}^3$) потрібен для приготування 3 дм^3 0,4 н розчину?
- 311.** До 100 см^3 96% розчину сульфатної кислоти ($\rho = 1,84 \text{ г/см}^3$) додали 400 см^3 води. Отримали розчин з $\rho = 1,225 \text{ г/см}^3$. Чому дорівнює масова частка та $C_{екв}$ цього розчину?
- 312.** Скільки води треба додати до 200 см^3 28,5%-ого розчину нітратної кислоти ($\rho = 1,170 \text{ г/см}^3$), щоб отримати 20% розчин?
- 313.** Яка масова частка розчину нітратної кислоти, якщо до 200 см^3 її 30%-ого розчину ($\rho = 1,180 \text{ г/см}^3$) додали $0,5 \text{ дм}^3$ води?
- 314.** Отримали суміш 200 см^3 50%-ого розчину ($\rho = 1,4 \text{ г/см}^3$) та 200 см^3 20%-ого розчину ($\rho = 1,14 \text{ г/см}^3$) сульфатної кислоти. До суміші додали 1 дм^3 води. Визначити $C_{екв}$ цього розчину.
- 315.** До 100 см^3 40% розчину нітратної кислоти ($\rho = 1,25 \text{ г/см}^3$) додали 200 см^3 води, розчин має $\rho = 1,08 \text{ г/см}^3$. Визначити масову частку та $C_{екв}$ цього розчину.
- 316.** Яка масова частка розчину сульфатної кислоти, яку одержали додаванням до 400 см^3 її 70%-ого розчину ($\rho = 1,61 \text{ г/см}^3$) 500 см^3 води.
- 317.** Для осадження усього срібла у вигляді $AgCl$, яке міститься у 100 см^3 розчину $AgNO_3$, потрібно 50 см^3 0,2 н розчину HCl . Яка $C_{екв}$ розчину $AgNO_3$? Яка маса осаду?

- 318.** Який об'єм 20,01%-ого розчину HCl ($\rho = 1,10 \text{ г/см}^3$) потрібен для приготування 1,5 дм^3 10,17%-ого розчину ($\rho = 1,05 \text{ г/см}^3$)?
- 319.** Змішали 10 см^3 10%-ого розчину нітратної кислоти ($\rho = 1,056 \text{ г/см}^3$) та 100 см^3 30%-ого розчину ($\rho = 1,184 \text{ г/см}^3$) цієї ж кислоти. Визначити масову частку розчину, який було отримано.
- 320.** Який об'єм 50%-ого розчину KOH ($\rho = 1,538 \text{ г/см}^3$) потрібен для приготування 3 дм^3 6 %-ого розчину ($\rho = 1,048 \text{ г/см}^3$)?
- 321.** Який об'єм 10%-ого розчину карбоната натрію ($\rho = 1,105 \text{ г/см}^3$) потрібен для приготування 5 дм^3 2 %-ого розчину ($\rho = 1,02 \text{ г/см}^3$)?
- 322.** Для нейтралізації 31 см^3 0,16 н розчину лугу потрібно 217 см^3 розчину сульфатної кислоти. Чому дорівнює $C_{екв}$ та титр кислоти?
- 323.** Який об'єм 0,3 н розчину кислоти потрібен для нейтралізації розчину, який містить 0,32 г $NaOH$ у 40 см^3 ?
- 324.** Для нейтралізації 200 см^3 розчину лугу з масою 1,2 г KOH , потрібно 25 см^3 розчину кислоти. Чому дорівнює $C_{екв}$ кислоти?
- 325.** Яка маса нітратної кислоти є у розчині, якщо для нейтралізації його потрібно 25 см^3 0,3 н розчину лугу $NaOH$? Який титр розчину лугу?
- 326.** Яка маса $NaNO_3$ потрібна для розчинення у 200 г води, щоб одержати 25% -й розчин? Яка C_m цього розчину?
- 327.** При змішуванні 300 г 20%-ого та 500 г 40%-ого розчинів хлориду натрію, отримали новий розчин. Яка його масова частка, C_m ?
- 328.** При змішуванні 240 г 32%-ого та 140 г 20% -ого розчинів сульфату натрію, отримали новий розчин. Яка його масова частка та C_m ?
- 329.** З 700 г 60%-ого розчину сульфатної кислоти випарували 200 г води. Яка масова частка отриманого розчину?
- 330.** З 10 кг 20%-ого розчину при охолодженні виділили 400 г солі. Яка масова частка охолодженого розчину?
- 331.** Визначить C_M та C_m розчину хлориду кальцію ($\rho = 1,178 \text{ г/см}^3$), якщо масова частка $CaCl_2$ у розчині дорівнює 20%.
- 332.** До 1 дм^3 10%-ого розчину нітратної кислоти, густина якого $\rho = 1,054 \text{ г/см}^3$, додали 2 дм^3 2%-ого розчину цієї кислоти з $\rho = 1,01 \text{ г/см}^3$. Визначити масову частку та C_m отриманого розчину ($V = 3 \text{ дм}^3$).
- 333.** Яка масова частка та C_M розчину нітратної кислоти, якщо до 100 см^3 її 32%-ого розчину ($\rho = 1,2 \text{ г/см}^3$), додали 1 дм^3 води?
- 334.** Отримали суміш 30 см^3 50%-ого розчину ($\rho = 1,4 \text{ г/см}^3$) та 120 см^3 10%-ого розчину ($\rho = 1,07 \text{ г/см}^3$) сульфатної кислоти. До суміші додали 2 дм^3 води. Визначити $C_{екв}$ цього розчину.
- 335.** До 200 см^3 80% розчину нітратної кислоти ($\rho = 1,46 \text{ г/см}^3$) додали 800 см^3 води, розчин має $\rho = 1,128 \text{ г/см}^3$. Визначити масову частку та $C_{екв}$ цього розчину.
- 336.** Яка масова частка та C_m розчину сульфатної кислоти, яку отримали додаванням до 100 см^3 її 70%-ого розчину ($\rho = 1,61 \text{ г/см}^3$) 600 см^3 води.

- 337.** Для розчинення наважки CaCO_3 потрібно 25 см^3 1,25 н розчину HCl . Визначити масу карбонату кальцію яка потрібна для цього.
- 338.** Визначити $C_{\text{екв}}$, C_M та титр 18%-ого розчину гідроксиду натрію ($\rho = 1,203 \text{ г/см}^3$).
- 339.** До $2,5 \text{ дм}^3$ 10% KOH ($\rho = 1,092 \text{ г/см}^3$) додали $0,5 \text{ дм}^3$ 5%-ого розчину ($\rho = 1,045 \text{ г/см}^3$). До суміші додали воду до загального об'єму 4 дм^3 . Визначити C_M цього розчину
- 340.** Який об'єм 96%-ої сульфатної кислоти ($\rho = 1,84 \text{ г/см}^3$) потрібен для приготування $1,5 \text{ дм}^3$ 0,5 н розчину?
- 341.** Визначить $C_{\text{екв}}$, C_M концентрації та титр 20%-ого розчину хлориду кальцію, густина якого $\rho = 1,178 \text{ г/см}^3$.
- 342.** Для нейтралізації 25 см^3 0,16 н розчину лугу потрібно 201 см^3 розчину сульфатної кислоти. Чому дорівнює $C_{\text{екв}}$ та титр кислоти?
- 343.** Який об'єм 0,35 н розчину кислоти потрібен для нейтралізації розчину, який містить $0,42 \text{ г NaOH}$ у 60 см^3 ?
- 344.** Для нейтралізації 100 см^3 розчину лугу з масою $1,4 \text{ г KOH}$, потрібно 50 см^3 розчину кислоти. Чому дорівнює $C_{\text{екв}}$ кислоти?
- 345.** Яка маса нітратної кислоти є у розчині, якщо для нейтралізації його потрібно 35 см^3 0,4 н розчину лугу NaOH ? Який титр розчину лугу?
- 346.** Яка маса NaNO_3 потрібна для розчинення у 400 г води, щоб одержати 30% -й розчин? Яка C_m цього розчину?
- 347.** При змішуванні 200 г 25%-ого та 200 г 40%-ого розчинів хлориду натрію, отримали новий розчин. Яка його масова частка та C_m ?
- 348.** При змішуванні 247 г 12%-ого та 145 г 18%-ого розчинів сульфату натрію, отримали новий розчин. Яка його масова частка та C_m ?
- 349.** З 500 г 70%-ого розчину сульфатної кислоти випарили 100 г води. Яка масова частка отриманого розчину?
- 350.** Визначити C_m та C_M розчину ортофосфатної кислоти з масовою часткою 55,85%, якщо $\rho = 1,85 \text{ г/см}^3$.
- 351.** Визначити температури кристалізації та кипіння 2%-ого водного розчину глюкози $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$.
- 352.** Розчин, який містить $1,22 \text{ г}$ бензойної кислоти $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ у 100 г сірковуглецю CS_2 , кипить при $46,53^\circ\text{C}$. Температура кипіння $\text{CS}_2 = 46,3^\circ\text{C}$. Визначити ебуліоскопічну константу CS_2 .
- 353.** Температура кристалізації розчину, який містить $11,04 \text{ г}$ гліцерину у 800 г води дорівнює $-0,279^\circ\text{C}$. Визначити молекулярну масу гліцерину.
- 354.** Розчин, який містить $0,512 \text{ г}$ неелектроліту у 100 г бензену (C_6H_6), має $t_{\text{зам}} = 5,296^\circ\text{C}$. Для бензену вона дорівнює $5,5^\circ\text{C}$. Кріоскопічна константа дорівнює $5,1^\circ$. Визначити молярну масу розчиненої речовини.
- 355.** Визначити масову частку водного розчину сахарози $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$, якщо $t_{\text{зам}}$ розчину = $-0,93^\circ\text{C}$. Кріоскопічна константа води = $1,86^\circ$.
- 356.** Визначити температуру кристалізації водного розчину карбаміду $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, якщо вміст речовини складає 5 г у 150 г води. $K(\text{H}_2\text{O}) = 1,86^\circ$.

- 357.** Розчин, який містить 3,04 г камфори $C_{10}H_{16}O$ у 100 г бензену, кипить при $80,714^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{кип}}(C_6H_6) = 80,2^{\circ}\text{C}$. Визначити $E(C_6H_6)$.
- 358.** Визначити масову частку водного розчину гліцерину $C_3H_5(OH)_3$, якщо цей розчин кипить при $100,39^{\circ}\text{C}$. $E(H_2O) = 0,52^{\circ}$.
- 359.** Визначити молекулярну масу неелектроліту, якщо розчин, що містить 2,25 г речовини у 250 г води, має кристалізацію при $-0,270^{\circ}\text{C}$; $K(H_2O) = 1,86^{\circ}$.
- 360.** Визначити температуру кипіння 5%-ого розчину нафталіну $C_{10}H_8$ у бензені, $t_{\text{кипіння}}(C_6H_6) = 80,2^{\circ}\text{C}$, а $E(C_6H_6) = 2,57^{\circ}$.
- 361.** Розчин, який містить 24,65 г неелектроліту у 300 г води, кристалізується при $t_{\text{зам}} = -0,465^{\circ}\text{C}$. Визначити молярну масу розчиненої речовини; $K(H_2O) = 1,86^{\circ}$.
- 362.** Визначити криоскопічну константу ацетатної кислоти, якщо розчин що містить 3,56 г антрацену $C_{14}H_{10}$ у 100 г ацетатної кислоти, має $t_{\text{зам}} = 15,718^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{зам}}$ ацетатної кислоти = $16,65^{\circ}\text{C}$.
- 363.** Однакові масові частки камфори $C_{10}H_{16}O$ та нафталіну $C_{10}H_8$ розчинені в однакових кількостях бензену. Який розчин має більш високу температуру кипіння?
- 364.** $t_{\text{зам}}$ розчину, який містить 66,3 г неелектроліту у 500 г води дорівнює $-0,558^{\circ}\text{C}$. Визначити молекулярну масу розчиненої речовини. $K(H_2O) = 1,86^{\circ}$.
- 365.** Яку масу аніліну $C_6H_5NH_2$ слід розчинити у 50 г етилового естеру, щоб $t_{\text{кип}}$ розчину стала більшою за $t_{\text{кип}}$ етилового естеру на $0,53^{\circ}$? $E_{\text{естеру}} = 2,12^{\circ}$.
- 366.** Визначити $t_{\text{зам}}$ 2%-ого розчину етанолу C_2H_5OH , якщо $K(H_2O) = 1,86^{\circ}$.
- 367.** Яку масу карбаміду $CO(NH_2)_2$, слід розчинити у воді щоб $t_{\text{зам}}$ зменшилась на $0,465^{\circ}$. $K(H_2O) = 1,86^{\circ}$.
- 368.** Визначити масову частку водного розчину глюкози $C_6H_{12}O_6$, якщо цей розчин кипить при $100,26^{\circ}\text{C}$. $E(H_2O) = 0,52^{\circ}$.
- 369.** Яку масу фенолу C_6H_5OH слід розчинити у 125 г бензену, щоб $t_{\text{зам}}$ розчину стала меншою за $t_{\text{зам}} C_6H_6$ на $1,7^{\circ}$. $K(C_6H_6) = 5,1^{\circ}$.
- 370.** Яку масу карбаміду $CO(NH_2)_2$ слід розчинити у 250 г води, щоб $t_{\text{зам}}$ розчину стала більшою на $0,26^{\circ}$. $E(H_2O) = 0,52^{\circ}$.
- 371.** Після розчинення 2,3 г неелектроліту у 125 г води $t_{\text{зам}}$ зменшилась на $0,372^{\circ}$. Визначити молекулярну масу розчиненої речовини, $K(H_2O) = 1,86^{\circ}$.
- 372.** Визначити $t_{\text{зам}}$ 15% водного розчину пропілового спирту C_3H_7OH якщо $E(H_2O) = 0,52^{\circ}$.
- 373.** Визначити масову частку водного розчину метанолу CH_3OH якщо його $t_{\text{зам}} = -2,79^{\circ}\text{C}$, $K(H_2O) = 1,86^{\circ}$.
- 374.** При якій температурі буде кристалізуватися водний розчин метанолу з масовою часткою спирту 45%.

- 375.** При якій температурі буде кипіти водний розчин сахарози $C_{12}H_{22}O_{11}$ з масовою часткою речовини 50%, $E(H_2O) = 0,52^\circ$.
- 376.** Тиск пари води при 100°C дорівнює $1,01325 \cdot 10^5$ Па. Визначити тиск над 4%-им розчином карбаміду $CO(NH_2)_2$ за даних умов.
- 377.** Однакові об'єми розчинів формаліну $HCHO$ та глюкози $C_6H_{12}O_6$ за даних умов мають однаковий осмотичний тиск. Які масові співвідношення речовин?
- 378.** Що таке осмотичний тиск? Який з розчинів за однакових об'ємів з однаковою масою розчиненої речовини та за однакових умов має більший осмотичний тиск: нафталін $C_{10}H_8$ або антрацен $C_{14}H_{10}$?
- 379.** Визначити осмотичний тиск розчину який містить 270 г глюкози $C_6H_{12}O_6$ у 3 дм^3 води при 0°C .
- 380.** За якої температури осмотичний тиск розчину який містить 45 г глюкози $C_6H_{12}O_6$ у 1 дм^3 буде дорівнювати 607,8 кПа?
- 381.** У 400 см^3 розчину міститься 2 г розчиненої речовини при 27°C . Осмотичний тиск розчину $1,216 \cdot 10^5$ Па. Визначити молярну масу розчиненої речовини.
- 382.** У 1 дм^3 0,01 н розчину ацетатної кислоти міститься $6,26 \cdot 10^{21}$ її молекул та йонів. Визначити ізотонічний коефіцієнт та ступінь йонізації CH_3COOH у розчині.
- 383.** Константа йонізації хлорноватистої кислоти дорівнює $3 \cdot 10^{-8}$. Чому дорівнює ступінь йонізації $HClO$ у 0,1 н розчині? Визначити концентрацію йонів H^+ у даному розчині.
- 384.** При якій концентрації ступінь йонізації нітритної кислоти буде 20%, якщо її константа йонізації дорівнює $5,1 \cdot 10^{-4}$? Визначити концентрацію йонів H^+ у даному розчині.
- 385.** Визначити ступінь йонізації гідроксиду амонію у 0,01 н розчині, якщо константа йонізації NH_4OH дорівнює $2 \cdot 10^{-5}$.
- 386.** Чому дорівнює ізотонічний коефіцієнт та ступінь йонізації 0,2 М розчину хлоридної кислоти, якщо у 1 дм^3 розчину міститься $2,19 \cdot 10^{28}$ її молекул та йонів?
- 387.** Тиск пари розчину, який містить 0,05 моль Na_2SO_4 у 450 г води, дорівнює $1,00818 \cdot 10^5$ Па при 100°C . Визначити уявну ступінь йонізації сульфату натрію у розчині.
- 388.** Температура кипіння розчину, який містить 9,09 г KNO_3 у 100 г розчину, дорівнює $100,8^\circ\text{C}$. Визначити уявну ступінь йонізації нітрату калію у розчині.
- 389.** Розчин, який містить 0,53 г Na_2CO_3 у 200 г води, кристалізується при $0,13^\circ\text{C}$. Визначити уявну ступінь йонізації карбонату натрію у розчині.
- 390.** Який буде тиск пари розчину при 100°C , якщо у ньому міститься 2,5 г гідроксиду натрію у 90 г води, якщо уявна ступінь йонізації $NaOH$ дорівнює 80%?

391. Скільки йонів та молекул міститься у 1 дм³ 0,01 М розчину ацетатної кислоти, якщо ступінь дисоціації дорівнює 0,2? Чому дорівнює ізотонічний коефіцієнт?

392. Температура кипіння 3,2% розчину $BaCl_2$ 100,32°C. Визначити ізотонічний коефіцієнт та уявну ступінь йонізації солі у даному розчині. $E(H_2O) = 0,52^\circ$.

393. Визначити ізотонічний коефіцієнт та уявну ступінь йонізації $CaCl_2$ у розчині який містить 0,398 моль цієї солі у 2 дм³ води. Температура кристалізації розчину -0,74°C. $K(H_2O) = 1,86^\circ$.

394. Визначити ступінь йонізації та концентрацію H^+ у 0,3 М розчині ацетатної кислоти CH_3COOH , $K_{CH_3COOH} = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

395. Розчин, який містить 1,7 г $ZnCl_2$ у 250 г води кристалізується при -0,23°C. Визначити ізотонічний коефіцієнт та уявну ступінь йонізації цієї солі. $K(H_2O) = 1,86^\circ$.

396. Температура кристалізації водного розчину, який містить 0,25 моль нітратної кислоти у 2,5 дм³ води, дорівнює -0,35°C. Визначити ізотонічний коефіцієнт та уявну ступінь дисоціації кислоти в її розчині. $K(H_2O) = 1,86^\circ$.

397. Визначити масову частку водного розчину глюкози $C_6H_{12}O_6$, якщо цей розчин кипить при 100,21°C. $E(H_2O) = 0,52^\circ$.

398. Визначити молекулярну масу неелектроліту, якщо розчин що містить 2,25 г речовини у 250 г води, має кристалізацію при -0,270°C. $K(H_2O) = 1,86^\circ$.

399. За якої температури осмотичний тиск розчину який містить 55 г глюкози $C_6H_{12}O_6$ у 1 дм³ буде дорівнювати 607,8 кПа?

400. Визначити осмотичний тиск розчину, який містить 170 г глюкози $C_6H_{12}O_6$ у 2 дм³ води при 0°C.

401. Що називають йонним добутком води? Визначити pH та pOH 0,01 н розчину ацетатної кислоти CH_3COOH зі ступенем йонізації 4,2%.

Відповідь: 3,38; 10,62.

402. 2 см³ 96%-ої сульфатної кислоти ($\rho = 1,84$ г/см³) розчинили до 3 дм³. Визначити pH отриманого розчину, якщо $\alpha = 1$.

Відповідь: 1,62.

403. Чому дорівнює pH розчину у 1 дм³ якого міститься 0,0051 г гідроксильних йонів?

Відповідь: 10,48.

404. Визначити pH 3,12%-ого розчину хлоридної кислоти HCl ($\rho = 1,015$ г/см³), $\alpha = 1$.

Відповідь: 0,06.

405. 1 г 72%-ого розчину нітратної кислоти розбавили до 3,3 дм³. Чому дорівнює pH розчину при $\alpha = 1$?

Відповідь: 2,47.

406. 2 см³ 72%-ого розчину нітратної кислоти розбавили до 2 дм³. Визначити pH розчину при $\alpha = 1$?

Відповідь: 1,79.

407. Чи може pH та pOH бути = 0? Бути < 0? Чому дорівнює pH та pOH розчину, де концентрація H^+ дорівнює 10^{-4} моль/дм³?

408. Що таке водневий показник? Визначить pH та pOH 0,1 н розчину HCN , константа іонізації якої дорівнює $7,2 \cdot 10^{-10}$. *Відповідь:* 5,08; 8,92.
409. 5 г розчину 98%-ої сульфатної кислоти розбавили до 5 дм³. Чому дорівнює pH розчину при $\alpha = 1$? *Відповідь:* 1,70.
410. У 10 дм³ розчину міститься 1 г $NaOH$. Визначить pH та pOH цього розчину при $\alpha = 1$. *Відповідь:* 11,40; 2,60.
411. Змішали рівні об'єми розчинів сильних кислот з $pH = 1$ та $pH = 2$. Визначити pH отриманого розчину. *Відповідь:* 1,36.
412. Визначити pH розчину який отримали при змішуванні рівних об'ємів розчинів лугів з $pH = 12$ та $pH = 11$. *Відповідь:* 11,74.
413. При змішуванні рівних об'ємів сильної кислоти з $pH = 2$ та лугу з $pH = 11$ отримали новий розчин. Визначити його pH . *Відповідь:* 2,35.
414. Визначити C_M та $C_{екв}$ розчину сульфатної кислоти за $pH = 2,2$.
Відповідь: $3,15 \cdot 10^{-3}$ М; $6,31 \cdot 10^{-3}$ н.
415. Визначити концентрацію йонів H^+ та OH^- у розчині, pH якого 4,3.
Відповідь: $5 \cdot 10^{-5}$ моль/дм³, $2 \cdot 10^{-10}$ моль/дм³.
416. Добуток розчинності сульфату кальцію дорівнює $6,26 \cdot 10^{-5}$. Чи утворюється осад, якщо змішати рівні об'єми 0,04 н розчинів $CaCl_2$ та Na_2SO_4 .
417. Визначити добуток розчинності карбонату стронцію, якщо у 5 дм³ його насиченого розчину міститься 0,05 г цієї солі. *Відповідь:* $4,58 \cdot 10^{-9}$.
418. Добуток розчинності сульфату стронцію $SrSO_4$ дорівнює $3,6 \cdot 10^{-7}$. Визначити розчинність солі у моль/дм³ та у г/дм³. *Відповідь:* $6 \cdot 10^{-4}$; 0,11.
419. Визначити добуток розчинності $Fe(OH)_2$, якщо у 100 см³ його насиченого розчину міститься $9,6 \cdot 10^{-5}$ цієї речовини.
Відповідь: $4,76 \cdot 10^{-15}$.
420. Добуток розчинності MgF_2 дорівнює $7 \cdot 10^{-9}$. Визначити розчинність цієї солі у моль/дм³ та у г/дм³. *Відповідь:* $1,2 \cdot 10^{-3}$, 0,075.
421. Добуток розчинності Ag_2SO_4 дорівнює $7 \cdot 10^{-5}$. Чи можна отримати осад, якщо до 0,02 н розчину $AgNO_3$ додати рівний об'єм 1 н розчину сульфатної кислоти?
422. Скільки води потрібно для розчинення 1 г $BaCO_3$ добуток розчинності якого $1,9 \cdot 10^{-9}$? *Відповідь:* ≈ 117 дм³.
423. У 100 см³ насиченого розчину PbI_2 міститься йонів плумбуму 0,0268 г. Визначити добуток розчинності цієї солі. *Відповідь:* $8,79 \cdot 10^{-9}$.
424. Концентрація йонів магнію у насиченому розчині $Mg(OH)_2$ складає $2,6 \cdot 10^{-3}$ г/дм³. Визначити добуток розчинності гідроксиду.
Відповідь: $4,77 \cdot 10^{-12}$.
425. Добуток розчинності AgI дорівнює $8,5 \cdot 10^{-17}$. Чи можна отримати осад, якщо змішати рівні об'єми 0,002 н розчинів $AgClO_4$ та NaI ?
426. Добуток розчинності $PbSO_4$ дорівнює $1,3 \cdot 10^{-8}$. Визначити розчинність цієї солі у моль/дм³ та г/дм³. *Відповідь:* $1,1 \cdot 10^{-4}$; 0,033.

427. Добутки розчинності $CdCO_3$ та Ag_2CO_3 складають $5,2 \cdot 10^{-12}$ та $8,2 \cdot 10^{-12}$. Визначити молярні розчинності цих солей. Чому при досить рівних значеннях ДР, розчинність відрізняється приблизно у 100 разів?

Відповідь: $2,3 \cdot 10^{-6}$; $1,3 \cdot 10^{-4}$.

428. Розчинність $AgCl$ у воді при $25^\circ C$ дорівнює $1,3 \cdot 10^{-5}$ моль/дм³. Визначити добуток розчинності хлориду срібла за заданих умов та його розчинність у г/дм³.

Відповідь: $1,7 \cdot 10^{-10}$; 0,0019.

429. Добуток розчинності $CaCO_3$ дорівнює $4,8 \cdot 10^{-9}$. Визначити розчинність цієї солі у моль/дм³ та у г/дм³.

Відповідь: $6,9 \cdot 10^{-5}$; $6,9 \cdot 10^{-3}$.

430. Розчинність Ag_3PO_4 у воді при $20^\circ C$ дорівнює $0,0065$ г/дм³. Визначити добуток розчинності фосфату срібла за даних умов.

Відповідь: $1,77 \cdot 10^{-18}$.

431. Чому дорівнює концентрація йонів H^+ та йонів OH^- у розчині з $pH = 4,4$?

432. Чому дорівнює pH розчину кислоти, якщо її молярна концентрація $0,01$ М, та вона дисоційована повністю.

433. Визначити концентрацію йонів H^+ та pH у розчині одноосновної слабкої кислоти, якщо її $C_M = 0,01$ моль/дм³ та ступінь дисоціації $0,001\%$.

434. Визначити концентрацію йонів H^+ у розчині CH_3COOH з концентрацією $0,01$ М, $K(CH_3COOH) = 1,7 \cdot 10^{-5}$.

435. Визначити концентрацію йонів H^+ у розчині NH_4OH з концентрацією $0,005$ моль/дм³, $K(NH_4OH) = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

436. Визначити концентрацію йонів OH^- у розчині NH_4OH з концентрацією $0,02$ моль/дм³, якщо ступінь дисоціації $= 10\%$.

437. Чому дорівнює концентрація розчину ацетатної кислоти pH якого $5,2$. $K(CH_3COOH) = 1,7 \cdot 10^{-5}$.

438. Ступінь дисоціації слабкої одноосновної кислоти у розчині з $C_M = 0,1$ моль/дм³ дорівнює $0,01$. Визначити pH цього розчину.

439. Визначити pH розчину у 1 дм³ якого міститься $0,04$ г $NaOH$. Ступінь дисоціації луку 100% .

440. Визначити pH розчину у 1 дм³ якого міститься $0,49$ г сульфатної кислоти. Ступінь дисоціації сильної кислоти 100% .

441. Визначити розчинність $AgBr$ (моль/дм³ та г/дм³), якщо добуток розчинності дорівнює $5,3 \cdot 10^{-13}$.

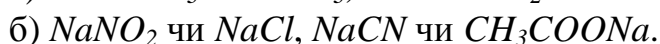
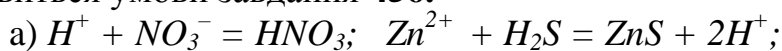
442. Розчинність $CaCO_3$ при $25^\circ C$ дорівнює $6,9 \cdot 10^{-5}$ моль/дм³. Визначити добуток розчинності цієї солі.

443. Визначити розчинність фосфату срібла у воді, якщо $ДР(Ag_3PO_4) = 1,3 \cdot 10^{-20}$.

444. Добуток розчинності Ag_2CrO_4 дорівнює $1,1 \cdot 10^{-12}$, $AgCl = 1,8 \cdot 10^{-10}$. Яка з солей більш розчинна у воді? Визначить концентрацію Ag^+ у насичених розчинах солей.

- 445.** Чи можна отримати осад $SrSO_4$ при змішуванні рівних об'ємів розчинів $SrCl_2$ з $C_M = 1 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³ та K_2SO_4 з $C_M = 5 \cdot 10^{-5}$ моль/дм³. $DP(SrSO_4) = 3,2 \cdot 10^{-7}$.
- 446.** Чи можна отримати осад Ag_2CrO_4 при змішуванні 0,5 дм³ розчину Ag^+ з $C_M = 0,1$ моль/дм³ та 500 см³ розчину CrO_4^{2-} з $C_M = 0,1$ моль/дм³. $DP(Ag_2CrO_4) = 1,1 \cdot 10^{-12}$.
- 447.** Який об'єм води потрібен для розчинення при 25°C 10 г $CaCO_3$ ($DP(CaCO_3) = 4,8 \cdot 10^{-9}$).
- 448.** Який об'єм насиченого розчину CdS містить $5 \cdot 10^{-3}$ г розчиненої солі. ($DP(CdS) = 7,9 \cdot 10^{-27}$).
- 449.** Визначити добуток розчинності $Fe(OH)_2$, якщо у 100 см³ насиченого розчину міститься $9,6 \cdot 10^{-5}$ г гідроксиду заліза (II).
- 450.** Чи можна отримати осад карбонату кальція при змішуванні рівних об'ємів розчинів Na_2CO_3 та $CaCl_2$ з $C_M = 3 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³. $DP(CaCO_3) = 4,8 \cdot 10^{-9}$.
- 451.*** а) Скласти молекулярні, йонно-молекулярні та скорочені йонні рівняння між речовинами: $MgSO_4 + Ba(OH)_2$; $CaCl_2 + MgSO_4$
 б) Скласти молекулярні, йонно-молекулярні та скорочені йонні рівняння гідролізу солей вказати реакцію середовища розчинів та $pH (>7, <7)$: $CuSO_4$, K_2CO_3 , CaS .
- 452.*** Дивиться умови завдання **451**: а) $SnCl_2 + (NH_4)_2S$; $SnCl_2 + H_3PO_4$;
 б) $FeCl_3$, $ZnSO_4$, Na_2CO_3 .
- 453.*** Дивиться умови завдання **451**: а) $CuSO_4 + NaOH$; $CuSO_4 + H_3PO_4$;
 б) K_2S , KCN , $AlCl_3$.
- 454.*** Дивиться умови завдання **451**: а) $Pb(NO_3)_2 + NaI$; $Pb(NO_3)_2 + NaOH$;
 б) Na_2SiO_3 , $CrCl_3$, Na_2S .
- 455.*** Дивиться умови завдання **451**: а) $Ba(NO_3)_2 + Na_2S$; $Ba(NO_3)_2 + H_2SO_4$;
 б) $CdSO_4$, $Al(NO_3)_3$, $MnCl_2$.
- 456.*** а) Скласти молекулярні рівняння за йонними рівняннями:
 $Cu^{2+} + S^{2-} = CuS$; $Pb(OH)_2 + 2OH^- = PbO_2^{2-} + 2H_2O$;
 б) Яка з двох солей за однакових умов у більшому ступені підлягає гідролізу, чому? Відповідь підтвердити молекулярними, йонно-молекулярними та скороченими рівняннями: $FeCl_2$ чи $FeCl_3$; $MgCl_2$ чи $ZnCl_2$ (див. K_d у додатку 7).
- 457.*** Дивиться умови завдання **456**:
 а) $SiO_3^{2-} + 2H^+ = H_2SiO_3$; $CaCO_3 + 2H^+ = Ca^{2+} + H_2O + CO_2$;
 б) $NaCN$ чи CH_3COONa ; Na_2CO_3 чи Na_2SO_3 .
- 458.*** Дивиться умови завдання **456**:
 а) $Al(OH)_3 + 2H^+ = AlO_2^- + 2H_2O$; $Pb^{2+} + 2I^- = PbI_2$;
 б) $TlCl$ чи $ThCl_4$, $CdCl_2$ чи $CoCl_2$.
- 459.*** Дивиться умови завдання **456**.
 а) $Fe(OH)_3 + 3H^+ = Fe^{3+} + 3H_2O$; $Cd^{2+} + 2OH^- = Cd(OH)_2$;
 б) CH_3COONa чи $HCOONa$; K_2S чи K_2Te .

460.* Дивиться умови завдання **456**.

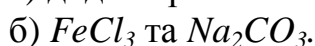
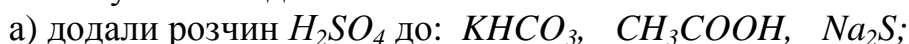


461.* До кожної речовини додали розчин KOH . Чи завжди йде реакція? Складіть молекулярні, йонно-молекулярні та скорочені йонні рівняння

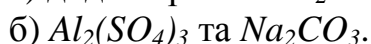


б) складіть молекулярні, йонно-молекулярні та скорочені йонні рівняння сумісного гідролізу солей: K_2S та $CrCl_3$.

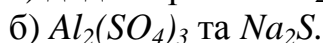
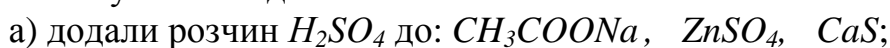
462.* Дивиться умови завдання **461**.



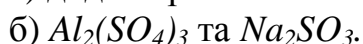
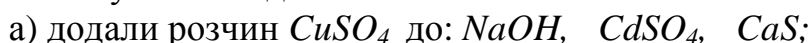
463.* Дивиться умови завдання **461**.



464.* Дивиться умови завдання **461**.



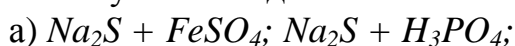
465.* Дивиться умови завдання **461**.



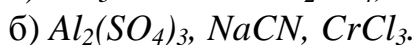
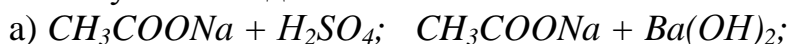
466.* а) Скласти молекулярні, йонно-молекулярні та скорочені йонні рівняння між речовинами: $CaSO_4 + Ba(OH)_2$; $Ca(OH)_2 + MgSO_4$;

б) Скласти молекулярні, йонно-молекулярні та скорочені йонні рівняння гідролізу солей вказати реакцію середовища та pH розчинів: $CaSO_4$, K_2CO_3 , CaS .

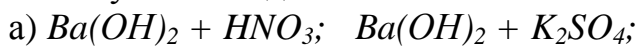
467.* Дивиться умови завдання **466**.



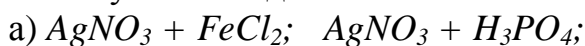
468.* Дивиться умови завдання **466**.



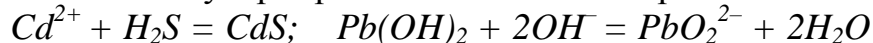
469.* Дивиться умови завдання **466**.



470.* Дивиться умови завдання **466**.



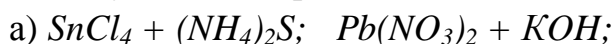
471.* а) Скласти молекулярні рівняння за йонними рівняннями:



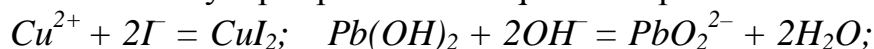
б) Яка з солей за однакових умов у більшому ступені підлягає гідролізу, чому? Відповідь підтвердити молекулярними, йонно-молекулярними та скороченими рівняннями: $MnCl_2$; $MgCl_2$ чи $ZnCl_2$ (див. К_д у додатку 7).

- 472.*** Дивиться умови завдання **471**.
 а) $Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4$; $Zn^{2+} + 2OH^- = Zn(OH)_2$;
 б) $FeCl_3$, $FeCl_2$, Na_2SO_3 .
- 473.*** Дивиться умови завдання **471**.
 а) $CH_3COO^- + H^+ = CH_3COOH$; $S^{2-} + Fe^{2+} = FeS$;
 б) $(NH_4)_2S$, $CrCl_3$, K_2SiO_3 .
- 474.*** Дивиться умови завдання **471**.
 а) $H^+ + NO_3^- = HNO_3$; $Ni^{2+} + H_2S = NiS + 2H^+$;
 б) $Ni(NO_3)_2$, $FeCl_3$, CH_3COONa .
- 475.*** Дивиться умови завдання **471**.
 а) $Be(OH)_2 + 2OH^- = BeO_2^{2-} + 2H_2O$;
 б) $(NH_4)_2SO_4$, Na_2SO_3 , Na_2S .
- 476.*** До кожної речовини додали розчин Na_2CO_3 . Чи завжди йде реакція?
 Складіть молекулярні, йонно-молекулярні та скорочені йонні рівняння:
 а) $Al(OH)_3$, H_2SO_4 , $CrCl_3$.
 б) Складіть молекулярні, йонно-молекулярні та скорочені йонні рівняння сумісного гідролізу солей: Na_2CO_3 та $CrCl_3$.
- 477.*** Дивиться умови завдання **476**.
 а) Додали розчин Na_2CO_3 до: Na_2SO_4 , $MgCl_2$, $Fe(NO_3)_3$;
 б) Na_2CrO_4 та $AlCl_3$;
- 478.*** Дивиться умови завдання **476**.
 а) Додали розчин Na_2CO_3 до: $Al_2(SO_4)_3$, $Fe(NO_3)_2$, K_2SO_4 ;
 б) Na_2CrO_4 та $CrCl_3$.
- 479.*** Дивиться умови завдання **476**.
 а) Додали розчин $FeCl_3$ до: $Al_2(SO_4)_3$, $Ca(OH)_2$, Na_2CO_3 ;
 б) $Cr(NO_3)_3$ та CaS .
- 480.*** Дивиться умови завдання **476**.
 а) Додали розчин H_2CO_3 до: $Fe_2(SO_4)_3$, $Cd(NO_3)_2$, K_2SO_4 ;
 б) $Cr_2(SO_4)_3$ та $Hg(NO_3)_2$.
- 481.*** а) Скласти молекулярні, йонно-молекулярні та скорочені йонні рівняння між речовинами: $Ag_2SO_4 + Ba(OH)_2$; $Ca(NO_3)_2 + MgSO_4$;
 б) Скласти молекулярні, йонно-молекулярні та скорочені йонні рівняння гідролізу солей вказати реакцію середовища та pH розчинів: $CaSO_4$, K_2CO_3 , CaS .
- 482.*** Дивиться умови попереднього завдання **481**.
 а) $SnCl_2 + (NH_4)_2S$; $SnCl_4 + H_3PO_4$;
 б) $FeCl_2$, $ZnSO_4$, Na_2CO_3 .
- 483.*** Дивиться умови попереднього завдання **481**.
 а) $CuSO_4 + KOH$; $CuSO_4 + H_3PO_3$;
 б) K_2S , KCN , $AlCl_3$.
- 484.*** Дивиться умови попереднього завдання **481**.
 а) $Pb(NO_3)_2 + KI$; $Pb(NO_3)_2 + Al(OH)_3$;
 б) K_2SiO_3 , $CrCl_3$, K_2S .

485.* Дивиться умови попереднього завдання **481**.



486.* а) Скласти молекулярні рівняння за іонними рівняннями:

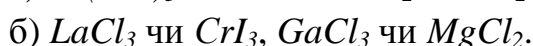
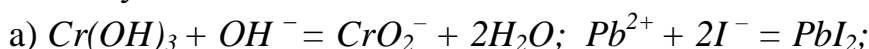


б) Яка з двох солей за однакових умов у більшому ступені підлягає гідролізу, чому? Відповідь підтвердити молекулярними, йонно-молекулярними та скороченими рівняннями: FeBr_2 чи FeBr_3 ; MgCl_2 чи CuCl_2 (див. К_д у додатку 7).

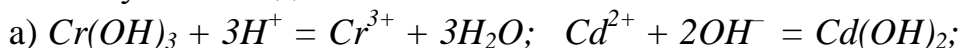
487.* Дивиться умови завдання **486**.



488.* Дивиться умови завдання **486**.



489.* Дивиться умови завдання **486**.



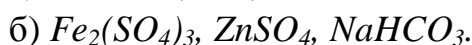
490.* Дивиться умови завдання **486**.



491.* а) Скласти молекулярні, йонно-молекулярні та скорочені йонні рівняння між речовинами: $\text{CuSO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2$; $\text{BaCl}_2 + \text{MgSO}_4$;

б) Скласти молекулярні, йонно-молекулярні та скорочені йонні рівняння гідролізу солей вказати реакцію середовища та розчинів та pH (>7 , <7): CuSO_4 , K_2CO_3 , CaS .

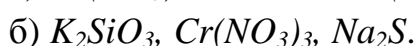
492.* Дивиться умови завдання **491**.



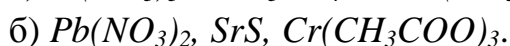
493.* Дивиться умови завдання **491**.



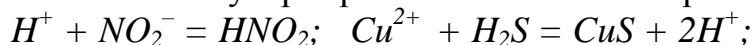
494.* Дивиться умови завдання **491**.



495.* Дивиться умови завдання **491**.

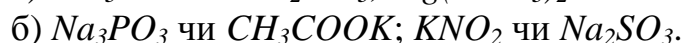
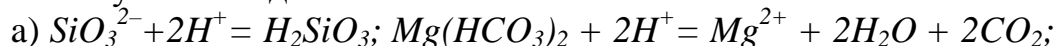


496.* а) Скласти молекулярні рівняння за йонними рівняннями:

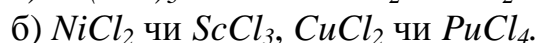
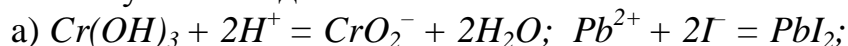


б) Яка з двох солей у більшому ступені підлягає гідролізу, чому? (умови однакові). Відповідь підтвердити молекулярними, йонно-молекулярними та скороченими рівняннями: $AsCl_3$ чи $NiCl_2$, $CuCl_2$ чи $Pb(NO_3)_2$ (див. К_д у додатку 7).

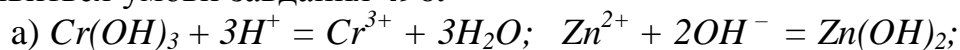
497.* Дивиться умови завдання **496**.



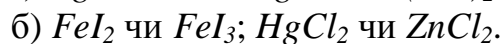
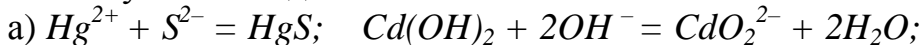
498.* Дивиться умови завдання **496**.



499.* Дивиться умови завдання **496**.



500.* Дивиться умови завдання **496**.



ДОДАТКИ

Додаток 1 – Електронегативність елементів (за Полінгом)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			
1	H 2.1										He -
2	Li 1.0	Be 1.5	B 2.0	C 2.5	N 3.0	O 3.5	F 4.0				Ne -
3	Na 0.9	Mg 1.2	Al 1.5	Si 1.8	P 2.1	S 2.6	Cl 3.0				Ar -
4	K 0.8	Ca 1.0	Sc 1.3	Ti 1.5	V 1.6	Cr 1.6	Mn 1.5	Fe 1.8	Co 1.9	Ni 1.9	
	Cu 1.9	Zn 1.6	Ga 1.6	Ge 1.8	As 2.0	Se 2.4	Br 2.8				Kr -
5	Rb 0.8	Sr 1.0	Y 1.2	Zr 1.4	Nb 1.6	Mo 1.8	Tc 1.9	Ru 2.2	Rh 2.2	Pd 2.2	
	Ag 1.9	Cd 1.7	In 1.7	Sn 1.8	Sb 1.9	Te 2.1	I 2.5				Xe -
6	Cs 0.7	Ba 0.9	La* 1.08	Hf 1.3	Ta 1.5	W 1.7	Re 1.9	Os 2.2	Ir 2.2	Pt 2.2	
	Au 2.4	Hg 1.9	Tl 1.8	Pb 1.9	Bi 2.0	Po 2.0	At 2.2				Rn -
7	Fr 0.7	Ra 0.9	Ac** 1.1	*Лантаноїди 1.08-1.14 **Актиноїди 1.11-1.2							

Додаток 2 – Деякі константи комплексних йонів

Комплекс. йон	K_n	β	Комплекс. йон	K_n	β
$[\text{Ag}(\text{CN})_2]^{2-}$	$1 \cdot 10^{-21}$		$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$	$1 \cdot 10^{-37}$	$1 \cdot 10^{24}$
$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$	$7 \cdot 10^{-8}$		$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$	$1 \cdot 10^{-44}$	$1 \cdot 10^{31}$
$[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$	$1 \cdot 10^{-14}$		$[\text{Fe}(\text{CNS})]^{2+}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{24}$
$[\text{Ag}(\text{NO}_2)_2]^-$	$1,3 \cdot 10^{-3}$		$[\text{Fe}(\text{CNS})_4]^-$		$7,1 \cdot 10^{24}$
$[\text{CdCl}_4]^{2-}$	$9 \cdot 10^{-33}$		$[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$	$3 \cdot 10^{-16}$	$1 \cdot 10^{30}$
$[\text{CdI}_4]^{2-}$	$8 \cdot 10^{-7}$		$[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$	$2 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{22}$
$[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-}$	$1 \cdot 10^{-17}$		$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$4 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{22}$
$[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$8 \cdot 10^{-8}$		$[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-}$	$2 \cdot 10^{-17}$	$1,2 \cdot 10^{16}$
$[\text{Cd}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$	$8 \cdot 10^{-68}$		$[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$		$1,4 \cdot 10^{15}$
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$8 \cdot 10^{-6}$	$1,17 \cdot 10^7$	$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$5 \cdot 10^{-34}$	
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$	$6 \cdot 10^{-36}$	$3,2 \cdot 10^{32}$	$[\text{HgS}_2]^{2-}$	$1 \cdot 10^{-53}$	
$[\text{Co}(\text{CN})_4]^{2-}$	$8 \cdot 10^{-20}$		$[\text{Hg}(\text{CN})_4]^{2-}$	$4 \cdot 10^{-42}$	
$[\text{Co}(\text{NCS})_3]^-$		63,1	$[\text{Hg}(\text{CNS})_4]^{2-}$	$1 \cdot 10^{-22}$	
$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$2 \cdot 10^{-13}$	$4,8 \cdot 10^{12}$	$[\text{HgCl}_4]^{2-}$	$8 \cdot 10^{-16}$	
$[\text{Cu}(\text{CN})_2]^{2-}$		$1,1 \cdot 10^{24}$	$[\text{HgI}_4]^{2-}$	$1 \cdot 10^{-30}$	
$[\text{Cu}(\text{CNS})_4]^{2-}$		$3,31 \cdot 10^6$	$[\text{HgBr}_4]^{2-}$	$1 \cdot 10^{-21}$	

Додаток 3 – Напрямок перебігу реакцій

Знак функції			Можливість процесу
ΔH	ΔS	ΔG	
–	+	–	Можливо при будь-яких температурах
+	–	+	Неможливо при будь-яких температурах
–	–	±	Можливо при досить низьких температурах
+	+	±	Можливо при досить високих температурах

Додаток 4 – Стандартні ентальпії утворення ΔH°_{298} , ентропії S°_{298} та вільна енергія утворення ΔG°_{298} деяких речовин та йонів при 298 К (25°C)

Речовина	ΔH°_{298} кДж/моль	S°_{298} Дж/(моль·К)	ΔG°_{298} кДж/моль	Речовина	ΔH°_{298} кДж/моль	S°_{298} Дж/(моль·К)	ΔG°_{298} кДж/моль
Al ₂ O ₃ (к.)	-1676,0	50,9	-1582,0	TiO ₂ (к.)	-943,9	50,3	-888,6
CH ₄ (г.)	-74,9	186,2	-50,8	SO ₂ (г.)	-296,9	248,1	-300,2
C ₂ H ₄ (г.)	52,3	219,4	68,1	SO ₃ (г.)	-394,8	256,0	-370,0
C ₂ H ₂ (г.)	+226,8	200,8	+209,2	PCl ₅ (г.)	-369,45	362,9	-324,55
C ₂ H ₆ (г.)	-89,7	229,5	-167,9	PCl ₃ (г.)	-277,0	311,7	-286,27
C ₆ H ₆ (р.)	82,9	269,2	129,7	ZnO (к.)	-350,6	43,6	-320,7
C ₃ H ₈ (г.)	-103,85	269,87	-	ZnS (к.)	-205,4	57,74	-200,7
C ₄ H ₁₀ (г.)	-30,15	296,12	-4,10	Na ₂ O (к.)	-416,0	75,21	-377,1
CCl ₄ (г.)	-102,93	309,74	-60,63	Na ₂ SiO ₃ (к.)	-1525,4	113,8	-1427,7
CS ₂	88,7	151,0	64,4	SiO ₂ (к.)	-908,2	42,7	-854,2
CO (г.)	-110,5	197,5	-137,1	N ₂	0	-84,4	0
CO ₂ (г.)	-393,5	213,7	-394,4	O ₂	0	205,04	0
CaCO ₃ (к.)	-1207,0	88,7	-1127,7	Cl ₂	0	222,0	0
CaC ₂ (к.)	-62,8	70,3	-67,8	C(графіт)	0	5,74	0
CaO (к.)	-635,5	39,7	-604,2	Fe	0	27,15	0
Ca(OH) ₂ (к.)	-986,6	76,1	-896,8	Al	0	28,35	0
CaCl ₂ (к.)	-785,8	113,8	-750,2	Al ³⁺	-524,7	-313,4	-481,2
CuO (к.)	-162,0	42,6	29,9	CO ₃ ²⁻	-676,3	-53,1	-528,1
CuS (к.)	-53,1	66,5	-53,6	Ca ²⁺	-542,9	-55,2	-553,1
FeO (к.)	-264,8	60,8	-244,3	Cl ⁻	-167,46	55,1	-131,2
Fe ₂ O ₃ (к.)	-322,2	87,4	-740,3	Cu ²⁺	64,4	-98,7	64,98
Fe ₃ O ₄ (к.)	-1117,1	146,2	-1014,2	Fe ²⁺	-87,9	-113,4	-84,94
FeS (к.)	-100,4	60,29	-100,8	Fe ³⁺	-47,7	-293,3	-10,5
HCl (г.)	-92,3	186,8	-95,2	H ⁺	0	0	0
H ₂ O (г, п.)	-241,8	188,7	-228,6	NH ₄ ⁺	-132,4	114,4	-79,5
H ₂ O (р)	-285,8	70,1	-237,3	K ⁺	-251,2	102,5	-282,3
H ₂ S (г.)	-21,0	205,7	-33,8	Li ⁺	-278,4	14,2	-293,8
NH ₃ (г.)	-46,2	192,6	-16,7	NO ₂ ⁻	-106,3	125,1	-35,3
NH ₄ NO (к.)	-365,4	151,0	-183,8	NO ₃ ⁻	-206,6	146,4	-110,5
NH ₄ Cl (к.)	-314,2	95,8	-203,2	Na ⁺	-239,66	60,2	-261,87
N ₂ O (г.)	82,0	219,9	104,1	OH ⁻	-229,94	-10,54	-157,3
NO (г.)	90,3	210,6	86,6	SO ₄ ²⁻	-907,5	17,2	-743,0
NO ₂ (г.)	33,5	240,2	51,5	Zn ²⁺	-153,74	-110,67	-127,3

Додаток 5 – Добуток розчинності малорозчинних електролітів

<i>Електроліт</i>	<i>ДР</i>	<i>Електроліт</i>	<i>ДР</i>
<i>AgBr</i>	$5,3 \cdot 10^{-13}$	<i>CuS</i>	$6 \cdot 10^{-36}$
<i>AgCl</i>	$1,8 \cdot 10^{-10}$	<i>Fe(OH)₂</i>	$1 \cdot 10^{-15}$
<i>AgI</i>	$1,1 \cdot 10^{-16}$	<i>Fe(OH)₃</i>	$3,7 \cdot 10^{-40}$
<i>Ag₂S</i>	$6 \cdot 10^{-50}$	<i>FePO₄</i>	$1,3 \cdot 10^{-22}$
<i>Ag₂SO₄</i>	$2 \cdot 10^{-5}$	<i>FeS</i>	$5 \cdot 10^{-18}$
<i>BaCO₃</i>	$5,1 \cdot 10^{-9}$	<i>HgS</i>	$1,6 \cdot 10^{-52}$
<i>BaCrO₄</i>	$1,6 \cdot 10^{-10}$	<i>MgCO₃</i>	$2,1 \cdot 10^{-5}$
<i>BaSO₄</i>	$1,1 \cdot 10^{-10}$	<i>Mg(OH)₂</i>	$1,3 \cdot 10^{-11}$
<i>Ba₃(PO₄)₂</i>	$6 \cdot 10^{-39}$	<i>Mg₃(PO₄)₂</i>	$1,0 \cdot 10^{-13}$
<i>CaCO₃</i>	$5,1 \cdot 10^{-9}$	<i>MnCO₃</i>	$5,0 \cdot 10^{-10}$
<i>CaC₂O₄</i>	$2 \cdot 10^{-9}$	<i>MnS</i>	$2,5 \cdot 10^{-10}$
<i>CaF₂</i>	$4 \cdot 10^{-11}$	<i>PbCO₃</i>	$7,5 \cdot 10^{-14}$
<i>CaSO₄</i>	$6,3 \cdot 10^{-5}$	<i>PbI₂</i>	$8,0 \cdot 10^{-9}$
<i>Ca₃(PO₄)₂</i>	$2 \cdot 10^{-29}$	<i>PbS</i>	$2,5 \cdot 10^{-27}$
<i>CaHPO₄</i>	$2,7 \cdot 10^{-7}$	<i>PbSO₄</i>	$1,6 \cdot 10^{-8}$
<i>Ca₅(OH)(PO₄)₃</i>	$1,6 \cdot 10^{-58}$	<i>SrCO₃</i>	$1,1 \cdot 10^{-10}$
<i>CdS</i>	$7,9 \cdot 10^{-27}$	<i>Zn(OH)₂</i>	$1 \cdot 10^{-17}$
<i>Cu(OH)₂</i>	$2,2 \cdot 10^{-20}$	<i>ZnS</i>	$1,6 \cdot 10^{-24}$

Додаток 6 – Коефіцієнти активності йонів при різних йонних силах розчину

<i>Йонна сила розчину</i>	<i>Заряд йона z</i>		
	± 1	± 2	± 3
0,001	0,98	0,78	0,73
0,005	0,95	0,66	0,51
0,01	0,92	0,60	0,39
0,05	0,84	0,50	0,21
0,1	0,81	0,44	0,16
0,2	0,80	0,41	0,14
0,3	0,81	0,42	0,14
0,4	0,82	0,45	0,17
0,5	0,84	0,50	0,21

Додаток 7 – Константи дисоціації (іонізації) деяких слабких кислот та основ (значення K_d наведені для $T = 298\text{ K}$).

Назва		Формула	K_d	$pK = -\lg K_d$
1		2	3	4
Арсенітна кислота		H_3AsO_3	$5,9 \cdot 10^{-10}$	9,23
Борна кислота		H_3BO_3	$7,1 \cdot 10^{-10}$	9,15
Германієва кислота	K_1 K_2	H_4GeO_4	$7,9 \cdot 10^{-10}$ $2,0 \cdot 10^{-13}$	9,10 12,7
Етанова кислота		CH_3COOH	$1,74 \cdot 10^{-5}$	4,76
Йоднувата кислота		HIO_3	$1,7 \cdot 10^{-1}$	0,77
Йоднуватиста кислота		HIO	$2,3 \cdot 10^{-11}$	10,64
Карбонатна кислота	K_1 K_2	$CO_2(p) + H_2O$	$4,5 \cdot 10^{-7}$ $4,8 \cdot 10^{-11}$	6,35 10,32
Кремнієва кислота	K_1 K_2 K_3	H_4SiO_4	$1,3 \cdot 10^{-10}$ $1,6 \cdot 10^{-12}$ $2,0 \cdot 10^{-14}$	9,9 11,8 13,7
Метанова кислота		$HCOOH$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	3,75
Миш'якова кислота	K_1 K_2 K_3	H_3AsO_4	$5,6 \cdot 10^{-3}$ $1,7 \cdot 10^{-7}$ $2,95 \cdot 10^{-12}$	2,25 6,77 11,53
Нітритна кислота		HNO_2	$6,9 \cdot 10^{-4}$	3,16
Роданистоводнева кислота		$HCNS$	10	-1
Селеноводнева кислота	K_1 K_2	H_2Se	$1,3 \cdot 10^{-4}$ $1,0 \cdot 10^{-11}$	3,89 11,0
Сірководнева кислота	K_1 K_2	H_2S	$1,0 \cdot 10^{-7}$ $2,5 \cdot 10^{-13}$	6,99 12,60
Сульфітна кислота	K_1 K_2	H_2SO_3	$1,4 \cdot 10^{-2}$ $6,2 \cdot 10^{-8}$	1,85 7,20
Телуроводнева кислота	K_1 K_2	H_2Te	$2,3 \cdot 10^{-3}$ $6,9 \cdot 10^{-13}$	2,64 12,16
Тіосульфатна кислота	K_1 K_2	$H_2S_2O_3$	$2,2 \cdot 10^{-1}$ $2,8 \cdot 10^{-2}$	0,66 1,56
Фосфориста кислота	K_1 K_2	H_3PO_3	$1,6 \cdot 10^{-3}$ $6,3 \cdot 10^{-7}$	1,80 6,2
Хлоридна кислота		HCl	$1,0 \cdot 10^7$	-7
Хлористая кислота		$HClO_2$	$5 \cdot 10^{-3}$	2,3
Хлорнуватиста кислота		$HClO$	$2,95 \cdot 10^{-8}$	7,53
Ціановоднева кислота		HCN	$5,0 \cdot 10^{-10}$	9,30

Продовження додатку 7

1		2	3	4
Алюмінію гідроксид	K ₃	$Al(OH)_3$	$1,38 \cdot 10^{-9}$	8,86
Амоніаку розчин		$NH_3 \cdot H_2O$	$1,76 \cdot 10^{-5}$	4,755
Галія гідроксид	K ₂ K ₃	$Ga(OH)_3$	$1,6 \cdot 10^{-11}$ $4 \cdot 10^{-12}$	10,8 11,4
Заліза (II) гідроксид	K ₂	$Fe(OH)_2$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	3,89
Заліза (III) гідроксид	K ₂ K ₃	$Fe(OH)_3$	$1,82 \cdot 10^{-11}$ $1,35 \cdot 10^{-12}$	10,74 11,87
Кадмію гідроксид	K ₂	$Cd(OH)_2$	$5,0 \cdot 10^{-3}$	2,30
Кобальту гідроксид	K ₂	$Co(OH)_2$	$4,0 \cdot 10^{-5}$	4,4
Лантану гідроксид	K ₃	$La(OH)_3$	$5,0 \cdot 10^{-4}$	3,30
Магнію гідроксид	K ₂	$Mg(OH)_2$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	2,6
Марганцю (II) гідроксид	K ₂	$Mn(OH)_2$	$5,0 \cdot 10^{-4}$	3,30
Міді (II) гідроксид	K ₂	$Cu(OH)_2$	$3,4 \cdot 10^{-7}$	6,47
Нікелю гідроксид	K ₂	$Ni(OH)_2$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	4,60
Плутонію гідроксид	K ₄	$Pu(OH)_4$	$3,2 \cdot 10^{-13}$	12,49
Свинцю (II) гідроксид	K ₁ K ₂	$Pb(OH)_2$	$9,55 \cdot 10^{-4}$ $3,0 \cdot 10^{-8}$	3,02 7,52
Скандію гідроксид	K ₃	$Sc(OH)_3$	$7,6 \cdot 10^{-10}$	9,12
Срібла гідроксид		$AgOH$	$5,0 \cdot 10^{-3}$	2,30
Талію гідроксид		$TlOH$	$> 10^{-1}$	< 1
Торію гідроксид	K ₄	$Th(OH)_4$	$2,0 \cdot 10^{-10}$	9,70
Хром (III) гідроксид	K ₃	$Cr(OH)_3$	$1,02 \cdot 10^{-10}$	9,99
Цинку гідроксид	K ₂	$Zn(OH)_2$	$4,0 \cdot 10^{-5}$	4,4

Додаток 8 - Таблиця розчинності солей та основ у воді

93

Аніони	Катіони																					
	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Sr ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ³⁺	Fe ²⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ni ²⁺	Co ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Cu ²⁺	Cd ²⁺	Pb ²⁺	Bi ³⁺	Sn ²⁺
OH ⁻	P	P	P	P	P	BP	P	H	H	H	H	H	H	H	H	BP	H	H	H	H	H	H
F ⁻	P	P	P	BP	BP	BP	BP	BP	H	BP	BP	BP	BP	P	P	P	-	BP	BP	H	H	P
Cl ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	BP	P	P	P	P	P	P	H	P	P	P	BP	-	P
Br ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	BP	P	P	P	P	P	P	H	P	P	P	BP	-	P
I ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	H	H	P	BP	H	P
S ²⁻	P	P	P	P	P	P	BP	-	-	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
SO ₃ ²⁻	P	P	P	H	H	H	BP	-	-	-	H	-	H	H	-	H	-	-	H	H	-	-
SO ₄ ²⁻	P	P	P	H	BP	BP	P	P	P	P	P	P	P	P	P	BP	-	P	P	BP	P	P
PO ₄ ³⁻	P	P	P	H	H	H	H	H	BP	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	-
CrO ₄ ²⁻	P	P	P	H	BP	P	P	-	-	-	-	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
CO ₃ ²⁻	P	P	P	H	H	H	H	-	-	-	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	-
NO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-
NO ₂ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	BP	-	P	P	P	H	-
CH ₃ COO ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	BP	P	P	P	P	-	-

Примітка: **P** – розчинні у воді; **BP** – важкорозчинні (малорозчинні); **H** – практично нерозчинні; «-» риска означає, що речовина не існує або розкладається водою.

Навчально-методичне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО СРС ТА ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ №1
З ДИСЦИПЛІНИ «ХІМІЯ З ОСНОВАМИ БІОГЕОХІМІЇ»
ДЛЯ СТУДЕНТІВ І КУРСУ ЗАОЧНОГО ФАКУЛЬТЕТУ

Укладачі: Герасименко Г.І, доц., к.х.н.; Шепеліна С.І., асистент.

Підп. до друку _____ Формат _____ Папір _____
Умовн. друк. арк. _____ Тираж _____ Зам. № _____

Надруковано з готового оригінал-макета

Одеський державний екологічний університет,
65016, м. Одеса, вул. Львівська, 15