

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Український державний морський технічний університет
ім. адмірала Макарова

ЗБІРНИК ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ З ХІМІЇ

Рекомендовано Методичною радою УДМТУ

Миколаїв 2002

УДК 546

Збірник індивідуальних завдань з хімії/ С.Ю.Кельїна, О.І.Лічко, О.Г.Невинський, В.В.Мащенко, Н.В.Кулалаєва, Л.М.Гирля. – Миколаїв: УДМТУ, 2002. – 123 с.

Кафедра хімії

Збірник містить завдання з основних розділів курсу загальної хімії, приклади розв'язання завдань, необхідні табличні дані та номери варіантів завдань. Призначено для студентів усіх спеціальностей.

Рецензент В.М.Матвієнко, канд. техн. наук, доц.

© Український державний
морський технічний
університет, 2002

© Видавництво УДМТУ, 2002

ВСТУП

Мета даного збірника – активізація самостійної роботи студентів з посиленням у ній творчих елементів, розвиток навичок роботи з науковою і довідниковою літературою.

Протягом семестру студент повинен виконати 15 завдань і захистити їх у три етапи відповідно до встановленого графіка. Завдання для індивідуальної роботи видаються кожному студенту на другому робочому тижні семестру при вивченні дисципліни "Хімія". Номери варіантів і завдань наведені в табл.1Д*). Роботи виконуються під керівництвом викладача, який проводить необхідні консультації.

Завдання оформляються на типових аркушах формату А4 або в окремих шкільних зошитах. На титульній сторінці вказуються назва роботи, номер групи, шифр спеціальності, прізвище, ім'я та по батькові студента і викладача, номер варіанта, перелік номерів усіх завдань варіанта. Кожне завдання виконується на окремому аркуші. Записуються повністю номер та умова задачі, якщо необхідно – скорочені умови, потім розв'язання. Перед виконанням завдання треба вивчити відповідний розділ курсу, ознайомитися з основними зауваженнями, які наведені в кожному розділі збірника. Слід обов'язково пояснювати закони й положення, які використовувались при розв'язанні. Завдання необхідно розв'язувати поетапно і до кожної математичної дії ставити скорочене запитання. Після розв'язання треба записати повну відповідь.

Захист завдань відбувається на лабораторних заняттях або під час обов'язкових консультацій викладача протягом двох тижнів згідно з графіком. Для захисту студент повинен подати виконане завдання та пояснити його, використовуючи теоретичні довідки.

*) Усі таблиці, що позначені літерою "Д", наведені в додатку.

1. ГАЗОВІ ЗАКОНИ

При розв'язанні задач цієї теми необхідно вивчити закони ідеальних газів і знати їх формулювання та висновки. Найчастіше використовуються закон Авогадро і його висновки та закон Менделєєва – Клапейрона.

Відносною густиною першого газу за другим (D_2) називається відношення мас однакових об'ємів першого й другого газів за однакових умов, тобто

$$D_2 = m_1/m_2 = nM_1/nM_2 = M_1/M_2;$$
$$M_1 = D_2/M_2. \quad (1)$$

Рівняння (1) є математичним виразом першого висновку із закону Авогадро. Найчастіше відносна густина визначається за воднем або за повітрям:

$$M_1 = D_{H_2} \cdot M(H_2) = 2D_{H_2}; \quad M_1 = D_{пов} \cdot M_{пов} = 29D_{пов}; \quad (M_{пов} = 29 \text{ г/моль}).$$

За другим висновком один моль будь-якого газу за нормальних умов займає об'єм 22,416 л. Цей об'єм називають молярним об'ємом газу.

Нормальними умовами ($_0$) називаються умови $T_0 = 273 \text{ К}$, $P_0 = 101325 \text{ Па}$. Параметри стану газу P , V , T пов'язані з його масою m і молярною масою M рівнянням стану ідеального газу Менделєєва – Клапейрона $PV = (m/M)RT$, де R – універсальна газова стала, яка визначається для 1 моля газу з виразу $R = P_0V_0/T_0$.

У залежності від використаних одиниць R має різні числові значення:

$$R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)} \text{ (одиниця СІ)} = 0,0821 \text{ л} \cdot \text{атм/(моль} \cdot \text{К)} =$$
$$= 62360 \text{ мл} \cdot \text{мм рт.ст./(моль} \cdot \text{К)} = 1,987 \text{ кал/(моль} \cdot \text{К)}.$$

При розв'язанні задач усі дані треба обов'язково приводити до одної системи одиниць та окремо наводити розмірності всіх складових розрахункових формул. Значення фундаментальних фізичних сталих наведено в табл.2Д.

Приклад 1. Визначити густину за воднем газової суміші, яка складається з 50 % кисню та 50 % водню за об'ємом.

Розв'язання

1. M (суміші) – ?

Об'ємна частка дорівнює мольній частці, тому молярну масу суміші можна розрахувати за формулою

$$M(\text{суміші}) = M_1x_1 + M_2x_2 = M(\text{O}_2) \cdot x(\text{O}_2) + M(\text{H}_2) \cdot x(\text{H}_2),$$

де $x(\text{H}_2)$ і $x(\text{O}_2)$ – мольні частки газів у суміші; $M(\text{суміші}) = 32 \cdot 0,5 + 2 \cdot 0,5 = 17$ г/моль.

2. $D_{\text{H}_2} - ?$

$$D_{\text{H}_2} = M(\text{суміші})/M(\text{H}_2) = 17/2 = 8,5.$$

Відповідь: густина суміші за воднем дорівнює 8,5.

Приклад 2. Визначити молярну масу бензену, якщо маса 600 мл його пари при 87 °С і тиску 83,2 кПа дорівнює 1,30 г.

Розв'язання

Виразимо всі дані в одиницях СІ:

$$P = 8,32 \cdot 10^3 \text{ Па}; T = 273 + 87 = 360 \text{ К}; V = 6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3; m = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ кг}.$$

1. $M(\text{C}_6\text{H}_6) - ?$

Використовуємо закон Менделєєва – Клапейрона $PV = (m/M) \cdot RT$, звідки

$$M = \frac{mRT}{PV} = \frac{1,3 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31 \cdot 360}{8,32 \cdot 10^{-4} \cdot 6 \cdot 10^{-4}} = \frac{78}{10^{-3}} = 78 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль} = 78 \text{ г/моль},$$

$$\left[\frac{\frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot \text{К}}{\frac{\text{Дж}}{\text{м}^3} \cdot \text{м}^3}} \right] = \text{кг/моль}.$$

Відповідь: молярна маса бензену дорівнює 78 г/моль.

Задачі

1. Маса $87 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ пари при 62 °С і тиску $1,01 \cdot 10^5 \text{ Па}$ дорівнює $0,24 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$. Визначити молярну масу та масу однієї молекули речовини.

2. Відносна густина газу за повітрям 1,52. Визначити об'єм 5,5 г цього газу за н.у. Обчислити число молекул у знайденому об'ємі та масу однієї молекули. Визначити об'єм 5,5 г цього газу при 17 °С і $P = 98 \text{ кПа}$.

3. Гарячий розчин калій гідроксиду реагує з хлором згідно з рівнянням $3\text{Cl}_2 + 6\text{KOH} \rightarrow 5\text{KCl} + \text{KClO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$. Визначити масу KOH, яка потрібна для взаємодії з $0,8 \text{ м}^3$ хлору при 7 °С і 98 кПа. Скільки кілограмів KClO_3 утворюється при цьому?

4. При розчиненні в сульфатній кислоті 10 г сплаву цинку з алюмінієм

виділилось 5,2 л водню при 25 °С і тиску 920 мм рт.ст. Визначити склад сплаву у відсотках.

5. При обробці натрій гідроксидом деякої кількості сплаву алюмінію з кальцієм виділилось 11,2 л водню за н.у. При взаємодії такої ж кількості сплаву з водень хлоридом виділилось 14 л водню. Визначити склад сплаву у відсотках.

6. Частина SO₂, що викидається в атмосферу, перетворюється в сульфатну кислоту. Визначити кількість кислоти, яка утворюється з 5,6 моля SO₂ та 1 моля O₂ (кількість води не обмежена). Реакція описується рівнянням $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_4$.

7. Металевий цинк занурили в розчин плюмбум нітрату, при цьому виділилось 10,4 г свинцю, а маса цинку зменшилась на 3,3 г. Визначити кількість молей кожної з речовин, які брали участь у реакції.

8. Після вибуху 200 мл суміші водню та кисню і приведення її до нормальних умов залишилось ще 20 мл газу, що підтримує горіння. Визначити об'ємні частки газів у складі вихідної суміші. Усі об'єми виміряні за нормальних умов.

9. Визначити масу кальцію, яка прореагувала з водою, якщо об'єм водню, що виділився при 25 °С і 99,3 кПа, дорівнює 480 мл.

10. Скільки літрів водню при 12 °С і 102,6 кПа виділиться при взаємодії 1 кг цинку з хлоридною кислотою?

11. Манган (IV) оксид втрачає при прожарюванні кисень, утворюючи Mn₃O₄. Який об'єм кисню при 32 °С і 111,4 кПа виділиться з 0,5 кг MnO₂?

12. Із 3 г суміші CaCO₃ і MgCO₃ одержано 760 мл CO₂ (при 20 °С та 100 кПа). Визначити кількісне співвідношення CaCO₃ і MgCO₃ в суміші.

13. Визначити об'єм кисню, потрібний для одержання 8,1 т ZnO згідно з реакцією $2\text{ZnS} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{ZnO} + 2\text{SO}_2$ при $t = 35\text{ °C}$, $P = 1,0\text{ кПа}$.

14. Аналіз газу показав, що сполука містить 5,9 % Гідрогену та 94,1 % Сульфору. Маса одного літра цього газу складає 1,52 г (н.у.). Визначити, який це газ.

15. Розрахувати масу 2,24 л (н.у.) карбон (IV) оксиду. Скільки це складає молей та молекул?

16. При обробці 19 г суміші натрій карбонату та натрій гідроген карбонату

гідроген хлоридом виділилось 5,06 мл газу (при температурі 27 °C і тиску 740 мм рт.ст.). Скільки молів карбонату і гідроген карбонату було у вихідній суміші?

17. Визначити масу, кількість молів і молекул, які містяться у 2,24 л водню за н.у.

18. Скільки літрів водню (при 12 °C та 102,6 кПа) утворилось при взаємодії 10 г магнію з хлоридною кислотою?

19. Яке число молекул містить 0,01 моля кисню, 0,05 моля атомів кисню та 0,25 моля сульфур (IV) оксиду?

20. Суміш мідних і магнієвих ошурок масою 1,5 г обробили надлишком хлоридної кислоти. У результаті реакції виділився водень об'ємом 560 мл (н.у.). Визначити масову частку міді в суміші.

21. Обчислити масу 50 л газової суміші, яка складається з 60 % карбон (IV) оксиду та 40 % водню, при 740 мм рт.ст. та 20 °C.

22. У результаті озонування кисню відбулося зменшення об'єму на 5 мл (н.у.). Який об'єм кисню було взято для реакції? Скільки мілілітрів озону утворилось?

23. Сполука містить удвічі більше атомів Гідрогену, ніж Карбону. Густина сполуки за воднем становить 14. Знайти формулу сполуки.

24. Маса 87 мл пари при температурі 62 °C і тиску 758 мм рт.ст. дорівнює 0,24 г. Визначити молярну масу речовини.

25. Знайти густину суміші водню, кисню та гелію за воднем і повітрям. Суміш містить 50 % гелію та 20 % кисню за об'ємом.

26. При хлоруванні метану CH_4 утворилося 250 мл пари хлороформу CHCl_3 при температурі 90 °C і тиску 760 мм рт.ст. Знайти об'єм хлору (н.у.), необхідний для реакції.

27. Які з наведених газів важчі за повітря: H_2S ; CO ; H_2 ; Cl_2 ; NO_2 ? Визначити їх відносну густину за азотом.

28. Скільки молів містить у собі 1 м³ будь-якого газу за н.у.? Визначити масу 1 м³ повітря.

29. Яка маса 250 л хлору за н.у.? Визначити його густину за повітрям і воднем.
30. При $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ і тиску 101,33 кПа об'єм газу дорівнює 1 л. Визначити об'єм газу при тій же температурі та тиску 253,3 кПа.
31. У скільки разів молекула карбон (IV) оксиду важча за молекулу водню, а молекула сульфур (IV) оксиду важча за молекулу карбон (IV) оксиду?
32. Знайти об'єм амоніаку, для одержання якого було взято 1650 л водню при температурі $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ і тиску 50662,5 Па.
33. Визначити тиск у балоні об'ємом 20 л, де знаходиться 160 г кисню при температурі $27\text{ }^{\circ}\text{C}$.
34. Який об'єм за н.у. займають $5,38 \cdot 10^{22}$ молекул ідеального газу?
35. Маємо 250 л газу при $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ і тиску 8 атм. При якому тиску об'єм газу буде дорівнювати 1 м^3 ($t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$)?
36. При згорянні 4,3 г вуглеводню утворилось 13,2 г CO_2 . Густина пари вуглеводню за воднем дорівнює 43. Вивести молекулярну формулу речовини.
37. За н.у. 0,5 л деякого газу має масу 0,3805 г, а маса 0,25 л кисню за тих же умов становить 0,3572 г. Розрахувати молярну масу газу, виходячи з густини за киснем.
38. За н.у. 500 мл газу мають масу 1,806 г. Знайти його густину за повітрям і молярну масу.
39. Густина газу за повітрям дорівнює 2,45. Визначити масу 1 л газу.
40. При деякій температурі густина пари сірки за азотом дорівнює 9,143. Із скількох атомів складається молекула сірки при цій температурі?
41. Густина пари цинку за воднем при $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$ приблизно дорівнює 33. Який склад молекули цинку в парі?
42. При деякій температурі густина пари сірки за азотом дорівнює 9,143. Яка густина пари сірки за повітрям?
43. Маса $87 \cdot 10^{-6}\text{ м}^3$ пари при $62\text{ }^{\circ}\text{C}$ і тиску $1,01 \cdot 10^5$ Па дорівнює $0,24 \cdot 10^{-3}$ кг. Визначити молярну масу речовини.
44. Розрахувати молярну масу ацетону, якщо маса 500 мл його пари при $87\text{ }^{\circ}\text{C}$ і тиску 96 кПа (720 мм рт.ст.) дорівнює 0,93 г.
45. Розрахувати густину за воднем і масу за н.у. 1 л нітроген (IV) оксиду.

46. Об'єм пари $0,2 \cdot 10^{-3}$ кг речовини при 17°C і тиску 101747 Па дорівнює $48 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$. Розрахувати молярну масу речовини.

47. Масова частка Карбону в молекулі вуглеводню дорівнює 85,7 %. Густина речовини за повітрям 1,45. Визначити молекулярну формулу сполуки.

48. Сполука має в два рази більше атомів Гідрогену, ніж Карбону. Густина її за воднем 28. Визначити формулу сполуки.

49. Визначити формулу органічної речовини, яка містить 51,89 % Карбону, 9,73 % Гідрогену і 38,38 % Хлору. Відносна густина її пари за повітрям дорівнює 3,19.

50. При спалюванні 10 г речовини утворилось 27,5 г CO_2 і 22,5 г H_2O . Відносна густина речовини за киснем дорівнює 0,5. Визначити формулу речовини.

2. СТЕХІОМЕТРИЧНІ ЗАКОНИ

Цей розділ містить задачі, в яких використовується закон еквівалентів, згідно з яким *маси реагуючих сполук пропорційні молярним масам їх еквівалентів*. Цей закон виконується тільки для речовини з молекулярною будовою, тому далі будемо вважати, що в усіх випадках маємо молекулярну структуру речовин. *Хімічним еквівалентом (еквівалентом) речовини (E)* називають таку її кількість, яка поєднується з одним молем атомів Гідрогену або заміщує таку ж кількість атомів Гідрогену в хімічних реакціях. Розмірність еквівалента – моль. *Молярною масою еквівалента речовини (M_E)* називається маса одного еквівалента речовини. Розмірність еквівалентної маси – г/моль.

Для молекулярних сполук закон еквівалентів виражається співвідношенням

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{M_{E_1}}{M_{E_2}},$$

де m_1 і m_2 – маси реагуючих речовин, M_{E_1} і M_{E_2} – молярні маси їх еквівалентів.

Еквівалент і молярну масу еквівалента елемента можна визначити за складом його сполуки з іншим елементом, еквівалент якого відомий. Ці характеристики речовини залежать від реакції, в якій вона бере участь.

У деяких випадках користуються значенням еквівалентного об'єму, тобто об'єму, який займає за даних умов один еквівалент газової речовини. Так, екві-

валентний об'єм водню за н.у. $V_E(\text{H}_2)$ дорівнює 11,2 л/моль (тому що 1 моль атомів Н складає 0,5 моля H_2 , а 1 моль H_2 займає об'єм 22,4 л), кисню – 5,6 л/моль.

Приклад. При згорянні 5,4 г тривалентного металу утворилося 10,2 г оксиду. Визначити, який це метал.

Розв'язання

1. $m(\text{O})$ в оксиді – ?

$$m(\text{O}) = m(\text{окс}) - m(\text{Me}) = 10,2 - 5,4 = 4,8 \text{ г.}$$

$M_E(\text{Me})$ – ?

Молярна маса еквівалента Оксигену дорівнює 8 г/моль. Згідно з законом еквівалентів складемо рівняння

$$\frac{m(\text{Me})}{m(\text{O})} = \frac{M_E(\text{Me})}{M_E(\text{O})}; \quad M_E(\text{Me}) = \frac{m(\text{Me}) \cdot M_E(\text{O})}{m(\text{O})} = \frac{5,4 \cdot 8}{4,8} = 9 \text{ г/моль.}$$

2. $A(\text{Me})$ – ?

$$M_E(\text{Me}) = A(\text{Me})/n; \quad A(\text{Me}) = M_E(\text{Me}) \cdot n = 9 \cdot 3 = 27 \text{ г/моль; Me} - \text{Al.}$$

Відповідь: невідомий метал – алюміній.

Задачі

51. Хлорид алюмінію містить 20,2 % металу. Визначити еквівалент Алюмінію, якщо молярна маса еквівалента Хлору 35,5 г/моль.

52. При згорянні 2 г магнію утворилось 3,315 г магній оксиду. Визначити еквівалент Магнію.

53. В оксиді Плюмбуму міститься 7,18 % Оксигену. Визначити молярну масу еквівалента Плюмбуму.

54. При взаємодії 2 г двовалентного металу з кислотою утворюється 1,12 л водню за н.у. Визначити метал.

55. При окисненні 8,71 г металу одержано 9,71 г його оксиду. Визначити молярну масу еквівалента металу.

56. Визначити відношення між еквівалентними масами Сульфуру в таких сполуках: SO_2 , SO_3 , H_2S .

57. Сполука металу з галогеном містить 64,5 % галогену, оксид цього металу містить 15,4 % Оксигену. Визначити молярну масу еквівалента галогену.

58. Для нейтралізації 2,45 г кислоти витрачається 2,0 г NaOH . Визначити молярну масу еквівалента кислоти.

59. Для спалювання 0,5 г металу потрібно 0,23 л кисню (н.у.). Який це метал, якщо його валентність дорівнює двом?

60. Яка маса сульфатної кислоти потрібна для нейтралізації калій гідроксиду масою 112 г?

61. Визначити молярну масу еквівалента металу, якщо його сульфід містить 52 % металу, а молярна маса еквіваленту Сульфуру дорівнює 16 г/моль.

62. Один грам невідомого металу реагує з 1,78 г Сульфуру або з 8,89 г Брому. Визначити еквівалентні маси Брому і металу, якщо еквівалент Сульфуру дорівнює 0,5 моля.

63. Одна й та ж кількість металу реагує з 0,2 г кисню і з 3,173 г одного з галогенів. Визначити молярну масу еквівалента галогену.

64. 1,6 г кальцію і 2,615 г цинку реагують з кислотою та утворюють однакову кількість водню. Визначити молярну масу еквівалента та еквівалент Цинку.

65. При розкладенні 0,4638 г оксиду металу одержано 0,4316 г металу. Визначити молярну масу еквівалента металу.

66. Карбон (IV) оксид складається з 27,27 % Карбону і 72,73 % Оксигену. Визначити еквівалент Карбону.

67. Визначити молярну масу еквівалента металу, якщо 0,34 кг цього металу витісняють з кислоти $59,94 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ водню при 0°C і тиску 94643 Па.

68. Скільки літрів водню (н.у.) потрібно для відновлення 112 г оксиду металу, який містить 71,43 % металу? Яка молярна маса еквівалента металу?

69. 13,07 г двовалентного металу витісняють 4,48 л (н.у.) водню. Визначити молярну масу еквівалента та еквівалент металу.

70. Визначити молярну масу еквівалента елемента, 0,5 г якого витіснили 189 мл водню при 21°C та 760 мм рт.ст.

71. Оксид (IV) силіцію містить 53,3 % Оксигену. Визначити молярну масу еквівалента силіцію.

72. Елемент утворює кисневу сполуку, яка містить 31,58 % Оксигену. Визначити атомну масу цього елемента, якщо в даному оксиді він тривалентний.

73. Який об'єм за н.у. займає один еквівалент Гідрогену? Один грам двовалентного металу витісняє 0,921 л водню. Визначити еквівалент та молярну масу еквівалента металу.

74. Двовалентний метал масою 1,37 г при взаємодії з кислотою утворив 0,5 л водню при 18 °C і 760 мм рт.ст. Визначити молярну масу еквівалента та еквівалент металу.

75. При взаємодії 3,24 г тривалентного металу з кислотою виділяється 4,03 л водню (н.у.). Визначити еквівалент та атомну масу металу.

76. Визначити еквівалент двовалентного металу, якщо із $48,15 \cdot 10^{-3}$ кг його оксиду можна одержати $88,65 \cdot 10^{-3}$ кг його нітрату.

77. На відновлення 3,557 г оксиду металу необхідно 560 мл водню (н.у.). Визначити молярну масу еквівалента металу та його оксиду.

78. Яка маса металу прореагувала з кислотою, якщо при цьому виділилось 250 мл водню (н.у.)? Молярна маса еквівалента металу 9,00 г/моль.

79. Визначити еквівалент Ванадію, якщо 2,73 г його оксиду містять 1,53 г металу.

80. Який об'єм за н.у. займає еквівалент Оксигену? Для згоряння 0,5 г металу потрібно 0,23 л кисню (н.у.). Який це метал, якщо його валентність дорівнює двом?

81. Для нейтралізації 1,00 г $\text{Ca}(\text{OH})_2$ необхідно 0,9664 г HCl , еквівалент якої дорівнює одному молу. Визначити еквівалент $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

82. При прожарюванні 2 г металу одержано 2,539 г оксиду. Визначити молярну масу еквівалента металу.

83. 0,18 г металу реагують з 84 мл кисню (н.у.). Визначити еквівалентні маси металу та його оксиду.

84. Деяка кількість металу реагує з 0,0312 г кисню або з 0,3125 г одного з галогенів. Визначити молярну масу еквівалента цього галогену.

85. Елемент утворює з воднем сполуку, яка містить 3,85 % водню. Визначити молярну масу еквівалента елемента.

86. Зразок металу, молярна маса еквівалента якого дорівнює 29,355 г/моль, при взаємодії з кислотою утворює 105 мл водню (н.у.). Визначити масу металу.

87. Визначити молярну масу еквівалента лугу, якщо 0,20 г його взаємодіють з 0,271 г ферум хлориду, молярна маса еквіваленту якого 54,08 г/моль.

88. Один оксид Мангану містить 22,56 % Оксигену, а другий – 50,50 %. Визначити еквіваленти Мангану в цих оксидах і скласти їх формули.

89. При відновленні 1,252 г оксиду металу одержано 1 г металу. Визначити еквівалентні маси металу та оксиду металу.

90. Визначити молярну масу еквівалента солі, якщо 0,60 г цієї солі прореагували з 0,42 г лугу, молярна маса еквівалента якого 56,10 г/моль.

91. 0,075 г металу витісняють з розчину нікелевої солі 0,1835 г нікелю, а з розчину кислоти – 70 мл водню (н.у.). Визначити молярну масу еквівалента металу та еквівалент нікелю.

92. При відновленні воднем 1,34 г оксиду металу утворилось 0,324 г H_2O . Визначити молярну масу еквівалента металу.

93. При відновленні 1,2 г оксиду металу воднем утворилось 0,27 г H_2O . Визначити еквівалентні маси металу й оксиду.

94. 1 г чотиривалентного елемента сполучається з 0,27 г кисню. Визначити елемент.

95. При окисненні 16,74 г двовалентного металу утворилось 21,54 г оксиду. Визначити еквіваленти металу і його оксиду.

96. Для утворення 0,547 г хлориду використано 0,432 г металу. Визначити молярну масу еквівалента металу, якщо еквівалент хлориду дорівнює одному молю.

97. Речовина містить 39 % Сульфору, еквівалент якого 0,5 моля, та Арсен. Визначити еквівалент Арсену. Скласти формулу цієї сполуки.

98. При окисненні 16,74 г двовалентного металу утворилось 21,54 г оксиду. Визначити еквівалент та молярну масу еквівалента металу.

99. 0,493 г хлориду металу після обробки аргентум нітратом утворили 0,861 г AgCl . Визначити молярну масу еквівалента металу.

100. Елемент утворює водневу сполуку, яка містить 8,9 % Гідрогену. Визначити еквівалентну та атомну маси металу.

3. ТЕРМОХІМІЯ ТА ЕЛЕМЕНТИ ХІМІЧНОЇ ТЕРМОДИНАМІКИ

Розв'язання задач із розділу "Термохімія" потребує засвоєння першого закону термодинаміки (для ізольованої системи $\Delta U = 0$; для закритої системи $Q = U + A$) і закону Гесса та його висновків.

Тепловий ефект реакцій, які відбуваються при сталому тиску або при сталому об'ємі, а також при сталій температурі, не залежить від числа проміжних стадій, а визначається лише початковим і кінцевим станами системи.

Рівняння реакцій, в яких указуються агрегатний стан чи кристалічна модифікація хімічних сполук, а також числове значення теплових ефектів, називаються термохімічними. Якщо теплота в реакції виділяється (реакція екзотермічна), то $\Delta H < 0$; якщо теплота поглинається (реакція ендотермічна), то $\Delta H > 0$.

Теплові ефекти реакцій можна розрахувати, використовуючи наступні висновки.

1. Тепловий ефект реакції дорівнює різниці між сумою теплот утворення продуктів реакції та сумою теплот утворення вихідних речовин:

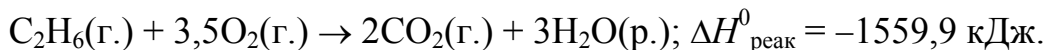
$$\Delta H^0_{\text{реак}} = \Sigma(\Delta H^0_{\text{утв}})_{\text{прод}} - \Sigma(\Delta H^0_{\text{утв}})_{\text{вих.реч.}}$$

2. Тепловий ефект реакції дорівнює різниці між сумою теплот згоряння вихідних речовин і сумою теплот згоряння продуктів реакції:

$$\Delta H^0_{\text{реак}} = \Sigma(\Delta H^0_{\text{згор}})_{\text{вих.реч.}} - \Sigma(\Delta H^0_{\text{згор}})_{\text{прод.}}$$

Значення термодинамічних функцій деяких речовин наведені в табл.3Д.

Приклад 1. Реакції згоряння етану відповідає термохімічне рівняння



Визначити теплоту утворення етану, якщо відома теплота утворення $\text{CO}_2(\text{г.})$ і $\text{H}_2\text{O}(\text{р.})$ ($-393,5 \text{ кДж/моль}$, $-285,84 \text{ кДж/моль}$).

Розв'язання

$$\begin{aligned} \Delta H^0_{\text{реак}} &= \Sigma(\Delta H^0_{\text{утв}})_{\text{прод}} - \Sigma(\Delta H^0_{\text{утв}})_{\text{вих.реч.}} = \\ &= 2\Delta H^0(\text{CO}_2) + 3\Delta H^0(\text{H}_2\text{O}) - \Delta H^0(\text{C}_2\text{H}_6) - 3,5\Delta H^0(\text{O}_2). \end{aligned}$$

O_2 – проста речовина, тому $\Delta H^0(\text{O}_2) = 0$.

Тоді $\Delta H^0(\text{C}_2\text{H}_6) = 2\Delta H^0(\text{CO}_2) + 3\Delta H^0(\text{H}_2\text{O}) - \Delta H^0_{\text{реак}} = 2(-393,5) + 3(-285,8) + 1559,9 = -84,64 \text{ кДж/моль}$.

Відповідь: теплота утворення етану дорівнює $-84,64 \text{ кДж/моль}$.

Термодинамічні функції ΔH^0 , S^0 (ентропія), ΔG^0 (зміна енергії Гіббса), ΔF^0 (зміна енергії Гельмгольца) використовуються при розв'язуванні питань про термодинамічну можливість перебігу певних процесів, визначення теплот і температур фазових перетворень, умов початку процесів.

Приклад 2. Розрахувати $\Delta G^0_{\text{реак}}$ системи $\text{PbO}_2(\text{тв.}) + \text{Pb}(\text{тв.}) \rightarrow 2\text{PbO}(\text{тв.})$ на підставі значень $\Delta H^0_{\text{реак}}$ і $\Delta S^0_{\text{реак}}$ реагуючих речовин і визначити можливість цієї реакції за стандартних умов.

Розв'язання

Використовуємо табличні дані теплот утворення та ентропій відповідних речовин:

$$\Delta H^0_{\text{реак}} = \Sigma(\Delta H^0_{\text{утв}})_{\text{прод}} - \Sigma(\Delta H^0_{\text{утв}})_{\text{вих.реч.}};$$

$$\Delta S^0_{\text{реак}} = \Sigma(S^0_{\text{утв}})_{\text{прод}} - \Sigma(S^0_{\text{утв}})_{\text{вих.реч.}};$$

$$\Delta H^0_{\text{реак}} = 2\Delta H^0(\text{PbO}) - \Delta H^0(\text{PbO}_2);$$

$$\Delta H^0_{\text{реак}} = 2(-219,3) - (-276,6) = -162 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta S^0_{\text{реак}} = 2S^0(\text{PbO}) - S^0(\text{PbO}_2) - S^0(\text{Pb});$$

$$\Delta S^0_{\text{реак}} = 2 \cdot 66,1 - 76,4 - 64,8 = -9 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)} = -0,009 \text{ кДж/(моль} \cdot \text{К)};$$

$$\Delta G^0_{\text{реак}} = \Delta H^0_{\text{реак}} - T\Delta S^0_{\text{реак}};$$

$$\Delta G^0_{\text{реак}} = -162 - 298(-0,009) = -162 + 298 \cdot 0,009 = -159,32 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta G^0_{\text{реак}} < 0, \text{ тому реакція при } T = 298 \text{ К можлива.}$$

Відповідь: $\Delta G^0_{\text{реак}} = -159,32 \text{ кДж/моль}$; за стандартних умов ця реакція можлива.

Задачі

101. Що називається теплотою утворення (ентальпією) хімічної сполуки? Розрахувати, який об'єм азоту, приведений до нормальних умов, взаємодіє з воднем при утворенні амоніаку, якщо при цьому виділилося $18,45 \text{ кДж}$ теплоти.

102. Визначити теплоту, що виділяється при нейтралізації 100 л амоніаку (н.у.) сульфатною кислотою $2\text{NH}_3(\text{г.}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{розч.}) \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4(\text{кр.})$.

103. Використовуючи теплоти утворення води і водяної пари, розрахувати теплоту випаровування води.

104. При згорянні газоподібного метану CH_4 утворюються CO_2 і $\text{H}_2\text{O}(\text{р.})$. Написати термохімічне рівняння цієї реакції, розрахувати її тепловий ефект.

105. Скільки теплоти виділяється при спалюванні 20 л етену, який взято за н.у., якщо теплоти утворення $\text{CO}_2(\text{г.})$, $\text{H}_2\text{O}(\text{р.})$ і $\text{C}_2\text{H}_4(\text{г.})$ дорівнюють відповідно $-393,5$; $-286,2$ та $57,12$ кДж/моль?

106. Тепловий ефект реакції згорання моля рідкого бензену з утворенням пари води і карбон (IV) оксиду дорівнює $-3135,58$ кДж. Написати термохімічне рівняння цієї реакції, розрахувати теплоту утворення $\text{C}_6\text{H}_6(\text{р.})$.

107. При взаємодії газоподібних метану і гідроген сульфід утворюються $\text{CS}_2(\text{г.})$ та H_2 . Написати термохімічне рівняння цієї реакції, розрахувати її тепловий ефект.

108. Теплота утворення карбон (IV) оксиду $-393,5$ кДж/моль, а карбон (II) оксиду -110 кДж/моль. Скільки теплоти виділяється при згорянні 112 л CO ?

109. Розрахувати теплоту утворення н-бутану по енергії зв'язку за реакцією 4C (графіт) + $5\text{H}_2(\text{г.}) \rightarrow \text{C}_4\text{H}_{10}(\text{г.})$, якщо $E_{\text{зв}}(\text{C}-\text{C}) = 525,0$ кДж/моль, $E_{\text{зв}}(\text{H}-\text{H}) = 435,9$ кДж/моль, $E_{\text{зв}}(\text{C}-\text{H}) = 411,3$ кДж/моль.

110. Кристалічний амоній хлорид утворюється при взаємодії газоподібних NH_3 і HCl . Написати термохімічне рівняння цієї реакції, розрахувати її тепловий ефект. Скільки теплоти виділиться, якщо в реакції було використано 10 л амоніаку в перерахунку на нормальні умови?

111. Відновлення Fe_2O_3 воднем відбувається згідно з рівнянням $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{кр.}) + 3\text{H}_2(\text{г.}) \rightarrow 2\text{Fe}(\text{кр.}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{г.})$; $\Delta H^0_{\text{реак}} = 96,61$ кДж. Чи можлива ця реакція за стандартних умов, якщо зміна ентропії $\Delta S^0_{\text{реак}} = 0,1387$ кДж/(моль·К)? При якій температурі почнеться відновлення Fe_2O_3 ?

112. Утворення гідроген сульфід з простих речовин відбувається згідно з рівнянням $\text{H}_2(\text{г.}) + \text{S}(\text{ромб.}) \rightarrow \text{H}_2\text{S}(\text{г.})$; $\Delta H^0_{\text{реак}} = -20,15$ кДж. Використовуючи значення S^0 відповідних речовин, визначити ΔS^0 і ΔG^0 для цієї реакції. Чи можливе утворення H_2S із простих речовин за стандартних умов?

113. Визначити ΔG^0 реакції, що відбувається згідно з рівнянням $4\text{NH}_3(\text{г.}) + 5\text{O}_2(\text{г.}) \rightarrow 4\text{NO}(\text{г.}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{р.})$. Виконати розрахунки, використовую-

чи стандартні теплоти утворення та абсолютні стандартні ентропії відповідних речовин. Чи можлива ця реакція за стандартних умов?

114. Розрахувати ΔG^0 реакції, що відбувається згідно з рівнянням $\text{CO(г.)} + \text{H}_2\text{O(р.)} \rightarrow \text{CO}_2\text{(г.)} + \text{H}_2\text{(г.)}$, використовуючи стандартні теплоти утворення та абсолютні стандартні ентропії відповідних речовин. Чи можлива ця реакція за стандартних умов?

115. Чим можна пояснити, що за стандартних умов неможлива екзотермічна реакція, що відбувається згідно з рівнянням $\text{H}_2\text{(г.)} + \text{CO}_2\text{(г.)} \rightarrow \text{CO(г.)} + \text{H}_2\text{O(р.)}$; $\Delta H^0_{\text{реак}} = -2,85$ кДж? Зробити висновок, враховуючи знак зміни ентропії. Визначити ΔG^0 цієї реакції, використовуючи тепловий ефект реакції та абсолютні стандартні ентропії відповідних речовин.

116. Розрахувати ΔG^0 реакції, що відбувається згідно з рівнянням $\text{CO}_2\text{(г.)} + 4\text{H}_2\text{(г.)} \rightarrow \text{CH}_4\text{(г.)} + 2\text{H}_2\text{O(р.)}$, використовуючи стандартні теплоти утворення та абсолютні стандартні ентропії відповідних речовин. Чи можлива ця реакція за стандартних умов?

117. Розрахувати зміну ентропії внаслідок реакції утворення амоніаку з азоту та водню. При розрахунках використовувати S^0 відповідних газів. Чим можна пояснити, що $\Delta S^0_{\text{реак}} < 0$?

118. Зменшиться чи збільшиться ентропія при перетворенні: а) води в пару; б) графіту в алмаз? Чому? Визначити для кожного процесу ΔS^0 . Зробити висновок про кількісну зміну ентропії при фазових та алотропічних перетвореннях.

119. Визначити зміну ентропії для реакції, що відбувається згідно з рівняннями: $2\text{CH}_4\text{(г.)} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2\text{(г.)} + 3\text{H}_2\text{(г.)}$; $\text{C(графіт)} + \text{O}_2\text{(г.)} \rightarrow \text{CO}_2\text{(г.)}$; $\text{N}_2\text{(г.)} + 3\text{H}_2\text{(г.)} \rightarrow 2\text{NH}_3\text{(г.)}$. Чому в цих реакціях $\Delta S^0_{\text{реак}}$ має такі значення: > 0 ; < 0 ; ≈ 0 ?

120. Визначити ΔG^0 реакції, що відбувається згідно з рівнянням $4\text{NH}_3\text{(г.)} + 5\text{O}_2\text{(г.)} \rightarrow 4\text{NO(г.)} + 6\text{H}_2\text{O(г.)}$. Виконати розрахунки, використовуючи стандартні ентропії відповідних речовин. Чи можлива ця реакція за стандартних умов?

121. Визначити стандартну теплоту утворення карбон сульфїду CS_2 , якщо вїдомо, що тепловий ефект реакції $\text{CS}_2(\text{г.}) + 3\text{O}_2(\text{г.}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{г.}) + 2\text{SO}_2(\text{г.})$ дорівнює -1075 кДж.

122. Розрахувати величину $\Delta G^0_{\text{реак}}$, визначити напрямок самовільних процесів за стандартних умов: $8\text{Al}(\text{кр.}) + 3\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{кр.}) \rightarrow 9\text{Fe}(\text{кр.}) + 4\text{Al}_2\text{O}_3(\text{кр.})$; $\text{Pb}(\text{кр.}) + \text{CuO}(\text{кр.}) \rightarrow \text{PbO}(\text{кр.}) + \text{Cu}(\text{кр.})$; $\text{NiO}(\text{кр.}) + \text{Pb}(\text{кр.}) \rightarrow \text{Ni}(\text{кр.}) + \text{PbO}(\text{кр.})$.

123. З утворенням $\text{H}_2\text{O}(\text{г.})$ спалені рівні об'єми водню та ацетилену, взятї за однакових умов. В якому випадку і в скїльки разів виділиться більше теплоти?

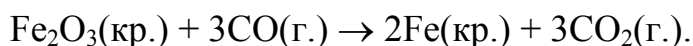
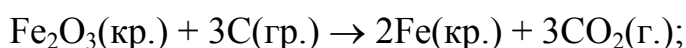
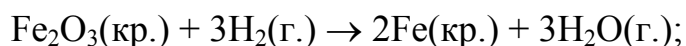
124. При сполученні 21 г залїза із сіркою виділилось 36,54 кДж теплоти. Визначити стандартну теплоту утворення ферум (II) сульфїду.

125. Визначити зміну ентропії у процесі випаровування 250 г води при 25°C , якщо молярна теплота випаровування води дорівнює 44,08 кДж/моль.

126. Визначити, які з реакцій відбуваються самовільно і є екзотермічними: $\text{NiO}(\text{кр.}) + \text{Pb}(\text{кр.}) \rightarrow \text{Ni}(\text{кр.}) + \text{PbO}(\text{кр.})$; $\text{N}_2\text{O}_4(\text{г.}) \rightarrow 2\text{NO}_2(\text{г.})$; $3\text{H}_2(\text{г.}) + \text{N}_2(\text{г.}) \rightarrow 2\text{NH}_3(\text{г.})$. Відповідь підтвердити розрахунками.

127. Розрахувати ΔG^0 системи $\text{PbO}_2(\text{кр.}) + \text{Pb}(\text{кр.}) \rightarrow 2\text{PbO}(\text{кр.})$ з використанням ΔH^0 і S^0 реагуючих речовин; визначити, чи можлива ця реакція.

128. Порівняти ΔH^0 реакцій відновлення ферум (III) оксиду різними відновниками:



129. Розрахувати тепловий ефект реакції $0,5\text{Na}_2\text{O}(\text{кр.}) + 0,5\text{H}_2\text{O}(\text{р.}) \rightarrow \text{NaOH}(\text{кр.})$, якщо вїдомі стандартні ентальпії утворення речовин.

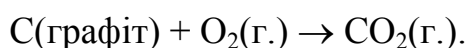
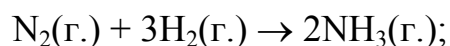
130. Визначити тепловий ефект реакції $0,5\text{N}_2(\text{г.}) + 0,5\text{O}_2(\text{г.}) \rightarrow \text{NO}(\text{г.})$, використовуючи ΔG^0 і S^0 реагуючих речовин.

131. Розрахувати значення ΔG^0 реакції відновлення залїза $\text{FeO}(\text{кр.}) + \text{C}(\text{графїт}) \rightarrow \text{Fe}(\text{кр.}) + \text{CO}(\text{г.})$. Чи можлива ця реакція за стандартних умов?

132. Тепловий ефект реакції $\text{SO}_2(\text{г.}) + 2\text{H}_2\text{S}(\text{г.}) \rightarrow 3\text{S}(\text{ромб.}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{р.})$ дорівнює $-234,50$ кДж. Визначити стандартну теплоту утворення H_2S .

133. Пряма чи зворотна реакція відбуватиметься за стандартних умов у системі $\text{CH}_4(\text{г.}) + \text{CO}_2(\text{г.}) \rightarrow 2\text{CO}(\text{г.}) + 2\text{H}_2(\text{г.})$? Відповідь підтвердити розрахунками ΔG^0 .

134. Визначити зміну ентропії для реакцій, що відбуваються за стандартних умов згідно з рівняннями:



135. Ендотермічна реакція взаємодії метану з карбон (IV) оксидом відбувається згідно з рівнянням $\text{CH}_4(\text{г.}) + \text{CO}_2(\text{г.}) \rightarrow 2\text{CO}(\text{г.}) + 2\text{H}_2(\text{г.})$;

$\Delta H^0_{\text{реак}} = 247$ кДж. При якій температурі почнеться ця реакція?

136. При якій температурі наступить рівновага в системі

$4\text{HCl}(\text{г.}) + \text{O}_2(\text{г.}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{г.}) + 2\text{Cl}_2(\text{г.})$; $\Delta H^0_{\text{реак}} = -114,4$ кДж? При яких температурах кисень буде більш сильним окисником, ніж Cl_2 ?

137. Хімічна реакція відбувається згідно з рівнянням

$\text{NH}_3(\text{г.}) + \text{HCl}(\text{г.}) \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}(\text{кр.})$. Скільки теплоти виділиться за н.у., якщо в реакції було використано 10 л амоніаку?

138. Визначити температуру, при якій почнеться дисоціація фосфор пентахлориду за реакцією $\text{PCl}_5(\text{г.}) \rightarrow \text{PCl}_3(\text{г.}) + \text{Cl}_2(\text{г.})$; $\Delta H^0_{\text{реак}} = -18,4$ кДж.

139. Розрахувати, скільки літрів азоту, приведенного до н.у., взаємодіяло в реакції з воднем при утворенні амоніаку, якщо $\Delta H^0_{\text{реак}} = -18,4$ кДж.

140. При взаємодії трьох молів N_2O з амоніаком утворюються азот і пара води та виділяється 377,8 кДж теплоти. Написати термохімічне рівняння цієї реакції і розрахувати стандартну ентальпію утворення N_2O .

141. При взаємодії 6,3 г заліза з сіркою виділилось 11,31 кДж теплоти. Розрахувати теплоту утворення ферум (II) сульфід FeS за стандартних умов.

142. Скільки теплоти виділиться при згорянні 165 л (н.у.) ацетилену C_2H_2 , якщо продуктами згоряння є карбон (IV) оксид і пара води?

143. При взаємодії газоподібних гідроген сульфід та карбон (IV) оксиду утворюються пара води і карбон (IV) сульфід $\text{CS}_2(\text{г.})$. Написати термохімічне рівняння цієї реакції, визначити тепловий ефект за стандартних умов.

144. Визначити теплоту утворення купрум (II) оксиду, якщо при відновленні вугіллям його 40 г виділяється CO і поглинається 10,92 кДж теплоти; $\Delta H^0_{\text{реак}}(\text{CO}) = -110$ кДж/моль.

145. При згорянні газоподібного амоніаку утворюються пара води і нітроген (II) оксид. Скільки теплоти виділиться при цій реакції, якщо одержано 44,6 л NO (н.у.)?

146. Використовуючи $\Delta H^0_{\text{реак}}$ і $\Delta S^0_{\text{реак}}$ відповідних речовин, визначити $\Delta G^0_{\text{реак}}$ хімічної реакції, що відбувається згідно з рівнянням

$\text{C}_2\text{H}_4(\text{г.}) + 2\text{O}_2(\text{г.}) \rightarrow 2\text{CO}(\text{г.}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{р.})$. Чи можлива ця реакція за стандартних умов?

147. Визначити, яка кількість теплоти виділиться за стандартних умов при відновленні ферум (III) оксиду з алюмінієм, якщо було одержано 335,1 г заліза.

148. Чи можливий самовільний перебіг хімічної реакції $\text{NH}_3(\text{г.}) + \text{HCl}(\text{г.}) \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}(\text{кр.})$ за стандартних умов? Відповідь обґрунтувати відповідними розрахунками.

149. Реакція згоряння ацетилену відбувається згідно з рівнянням $\text{C}_2\text{H}_2(\text{г.}) + 2,5\text{O}_2(\text{г.}) \rightarrow 2\text{CO}_2(\text{г.}) + \text{H}_2\text{O}(\text{р.})$. Розрахувати ΔG^0 цієї реакції та пояснити зменшення ентропії системи.

150. Які з перелічених оксидів: CaO, ZnO, Al₂O₃ – можуть бути відновлені воднем до металу за стандартних умов? Відповідь підтвердити розрахунками ΔG^0 процесів.

4. БУДОВА АТОМІВ І ХІМІЧНИЙ ЗВ'ЯЗОК

У задачах № 151–200 згідно з табл.1 для хімічних елементів із зазначеними порядковими номерами дати характеристику будови атомів та оцінку природи хімічних зв'язків у деяких їхніх сполуках відповідно до встановленого нижче завдання.

1. Навести назву хімічного елемента (із зазначенням символу, заряду ядра та відносної атомної маси), охарактеризувати його положення в Періодичній системі та класифікувати відповідно до металів чи неметалів.

2. Написати повні електронні формули атома:
 - а) у стабільному (основному) стані; б) у першому збудженому стані.
3. Побудувати схеми розподілу електронів зовнішнього енергетичного рівня по квантових комірках для атома: а) у стабільному стані; б) у першому збудженому стані. Указати число електронних пар, неспарених електронів, вільних орбіталей на підрівнях цього рівня.
4. Охарактеризувати квантовими числами електрони енергетичного підрівня, що добудовується. Указати, до якого з сімейств (*s*-, *p*-, *d*-, *f*-сімейство) належить даний елемент.
5. Написати електронну формулу одного з найбільш стабільних одноатомних іонів даного елемента.
6. Розрахувати відносну електронегативність атома, використовуючи дані про його спорідненість до електрона і потенціал іонізації (табл.4Д). У розрахунках електронегативність Літію взяти рівною 268 кДж/моль.

Таблиця 1. Номери задач і порядкові номери елементів

Номер задачі	Порядкові номери елементів	Номер задачі	Порядкові номери елементів	Номер задачі	Порядкові номери елементів
151	3, 79	168	21, 89	184	45, 77
152	5, 57	169	22, 72	185	46, 78
153	6, 72	170	23, 60	186	37, 90
154	7, 73	171	24, 61	187	38, 91
155	8, 74	172	25, 65	188	39, 92
156	9, 75	173	26, 68	189	40, 72
157	10, 78	174	27, 77	190	41, 73
158	11, 79	175	28, 71	191	42, 74
159	12, 56	176	29, 55	192	43, 75
160	13, 81	177	30, 56	193	44, 76
161	14, 82	178	31, 81	194	47, 79
162	15, 83	179	32, 82	195	48, 80
163	16, 84	180	33, 83	196	49, 81
164	17, 85	181	34, 84	197	50, 82
165	35, 86	182	35, 85	198	51, 83
166	19, 87	183	36, 53	199	52, 84
167	20, 59			200	53, 85

7. Визначити різницю електронегативностей атомів і на підставі даних (табл.5Д) оцінити характер зв'язку (ковалентний чи іонний) у найбільш ста-

більших сполуках даного елемента з Оксигеном, а також з Гідрогеном (якщо розглянутий елемент є неметалом) або з Хлором (якщо елемент – метал).

У розрахунках відносні електронегативності Оксигену, Хлору і Гідрогену взяти відповідно рівними 3,5; 3,0 та 2,1.

Приклад. Для хімічних елементів з порядковими номерами 4 і 80 надати характеристику будови атомів та оцінку природи хімічних зв'язків у деяких їхніх сполуках згідно з завданням.

Розв'язання

1. Під порядковими номерами 4 і 80 у Періодичній системі знаходяться:

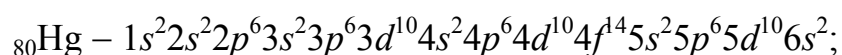
Берилій, ${}_4\text{Be}$, заряд ядра +4, відносна атомна маса 9,012, розташований у 2-му періоді, II групі, головній підгрупі, метал;

Меркурій, ${}_{80}\text{Hg}$, заряд ядра +80, відносна атомна маса 200,59, розташований у 6-му періоді, II групі, побічній підгрупі, метал.

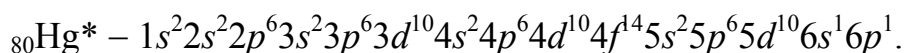
2. Електронні формули атомів такі:

для Берилію: а) у стабільному стані ${}_4\text{Be} - 1s^2 2s^2$; б) у збудженому стані (коли в атомі, що одержав додаткову енергію, відбувається "роз'єднання" $2s$ -електронів і перехід одного з них на вільну $2p$ -орбіталь) ${}_4\text{Be}^* - 1s^2 2s^1 2p^1$;

для Меркурію: а) у стабільному стані

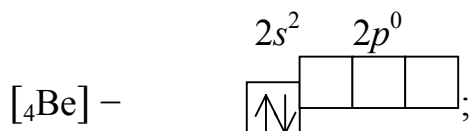


б) у збудженому стані

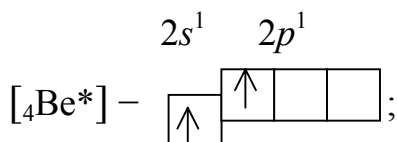


3. Схеми розподілу електронів зовнішнього енергетичного рівня по квантових комірках, що відповідають електронним формулам, наступні:

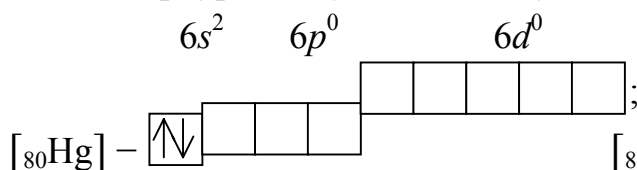
для Берилію: а) у стабільному стані



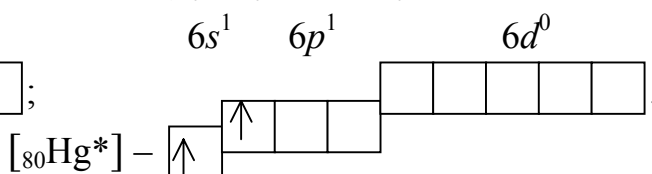
б) у збудженому стані



для Меркурію: а) у стабільному стані



б) у збудженому стані



Кількість електронних пар, неспарених електронів і вільних орбіталей на зовнішньому рівні атомів у стабільному стані та їх зміна при переході у збуджений стан наведені в табл.2.

Таблиця 2. Характеристики електронного стану атомів

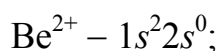
Стан атома	Стан зовнішнього рівня		
	Наявність Електронних Пар	Наявність неспарених електронів	Наявність вільних орбіталей
а) стабільний:			
Be	1	Немає	3 орбіталі
Hg	1	Немає	8 орбіталей
б) збуджений:			
Be*	Немає	2	2 орбіталі
Hg*	Немає	2	7 орбіталей

4. Берилій належить до *s*-елементів, у нього заповнюється *2s*-підрівень. Меркурій належить до *d*-елементів, у нього доповнюється *5d*-підрівень. Електрони підрівня, що добудовується, характеризуються наборами значень квантових чисел, указаних у табл.3.

Таблиця 3. Характеристика електронів квантовими числами

Назва елемента	Номер електрона	Квантові числа			
		<i>n</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>s</i>
Be (<i>2s</i> ²)	1	2	0	0	+1/2
	2	2	0	0	-1/2
Hg (<i>5d</i> ¹⁰)	1	5	2	-2	+1/2
	2	5	2	-1	+1/2
	3	5	2	0	+1/2
	4	5	2	+1	+1/2
	5	5	2	+2	+1/2
	6	5	2	-2	-1/2
	7	5	2	-1	-1/2
	8	5	2	0	-1/2
	9	5	2	+1	-1/2
	10	5	2	+2	-1/2

5. Електронні формули найбільш стабільних іонів такі:



6. Електронегативність (X) елемента характеризує здатність його атома приєднувати електрони при утворенні хімічного зв'язку. За формулою Маллікена її визначають як арифметичну півсуму енергії іонізації (I) та спорідненості до електрона (E), тобто $X = 0,5(I + E)$.

У табл.4Д знаходимо необхідні значення спорідненості до електрона -18 кДж/моль (Be), -18 кДж/моль (Hg) і потенціалу іонізації $9,32$ еВ (Be), $10,44$ еВ (Hg).

Енергія іонізації моля атомів чисельно дорівнює добутку його потенціалу іонізації, вираженого в Дж ($1 \text{ еВ} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$), на число Авогадро. Звідси

$$I_{\text{Be}} = 9,32 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 899,5 \text{ кДж/моль};$$

$$I_{\text{Hg}} = 10,44 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 1007,1 \text{ кДж/моль};$$

$$X_{\text{Be}} = \frac{1}{2} [899,5 + (-18)] = 440,8 \text{ кДж/моль};$$

$$X_{\text{Hg}} = \frac{1}{2} [1007,1 + (-18)] = 494,6 \text{ кДж/моль}.$$

За одиницю електронегативності беруть електронегативність Літію ($X_{\text{Li}} = 268$ кДж/моль); враховуючи це, визначимо відносні електронегативності (χ) елементів:

$$\chi_{\text{Be}} = \frac{X_{\text{Be}}}{X_{\text{Li}}} = \frac{440,8}{268} \approx 1,6; \quad \chi_{\text{Hg}} = \frac{X_{\text{Hg}}}{X_{\text{Li}}} = \frac{494,6}{268,0} \approx 1,9.$$

7. Берилій і Меркурій – метали, тому для них характерне утворення стабільних сполук з неметалами Оксигеном і Хлором.

Для визначення характеру хімічного зв'язку $\text{Me}-\text{O}$ і $\text{Me}-\text{Cl}$ треба знайти різницю відносних електронегативностей (χ) атомів, що утворюють відповідний зв'язок, за формулою $\Delta\chi = \chi_1 - \chi_2$, де χ_1 – значення відносної електронегативності для більш електронегативного елемента; χ_2 – для менш електронегативного елемента:

$$\Delta\chi(\text{Be}-\text{O}) = \chi_{\text{O}} - \chi_{\text{Be}} = 3,5 - 1,6 = 1,9; \quad \Delta\chi(\text{Be}-\text{Cl}) = \chi_{\text{Cl}} - \chi_{\text{Be}} = 3,0 - 1,6 = 1,4;$$

$$\Delta\chi(\text{Hg}-\text{O}) = \chi_{\text{O}} - \chi_{\text{Hg}} = 3,5 - 1,9 = 1,6; \quad \Delta\chi(\text{Hg}-\text{Cl}) = \chi_{\text{Cl}} - \chi_{\text{Hg}} = 3,0 - 1,9 = 1,1.$$

Для оцінки ступеня іонності зв'язку необхідно порівняти розрахункові дані зі шкалою (див. табл.5Д). З порівняння випливає, що зв'язок у берилій (II) ок-

сиді іонно-ковалентний (ступінь іонності понад 50 %), в інших сполуках (HgCl_2 , BeCl_2 і HgO) полярний ковалентний. Ступінь полярності зростає в цьому ряду відповідно від 20 до 40 %.

5. КОМПЛЕКСНІ СПОЛУКИ

При підготовці до розв'язування задач цієї теми треба вивчити теорію координаційних сполук, уміти визначати комплексоутворювач, його заряд і координаційне число, ліганд, заряд комплексного іона, знати різницю в будові центрального атома й ліганду. Необхідно вивчити особливості процесів дисоціації комплексних сполук і комплексних іонів та їхні характеристики. Треба вміти пояснити будову комплексу і визначати його геометричну конфігурацію, використовуючи метод валентних зв'язків.

Приклад 1. Записати формули п'яти координаційних сполук, які складаються з Co^{3+} , Cl^- , NH_3 , Na^+ .

Розв'язання

Із цих іонів комплексоутворювачем може бути тільки Co^{3+} , оскільки лише цей іон має вільні електронні орбіталі. Його координаційне число дорівнює шести. Лігандами можуть бути Cl^- та NH_3 , тому що ці частинки мають неподільні електронні пари. Формули координаційних сполук такі: $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$, $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$, $\text{Na}_3[\text{CoCl}_6]$, $\text{Na}_2[\text{CoCl}_5(\text{NH}_3)]$, $[\text{Co}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]$.

Приклад 2. Визначити концентрацію Ag^+ в 0,005 М розчині $\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$, який містить також 0,01 моля KCN в 1 л розчину.

Розв'язання

Дисоціація комплексу відбувається за рівнянням $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^- \leftrightarrow \text{Ag}^+ + 2\text{CN}^-$. У присутності надлишку іонів CN^- , утворених унаслідок дисоціації KCN , рівновага зміщується в бік недисоційованого комплексу, і кількістю CN^- , утворених при дисоціації $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$, можна нехтувати. Тоді $[\text{CN}^-] = [\text{KCN}] = 0,01$ моль/л.

З цієї ж причини можна припустити, що $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^- = 0,05$ моль/л, звідси

$$K_{\text{нест}} = \frac{[\text{Ag}^+][\text{CN}^-]^2}{[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-} = 10^{-21};$$

$$[\text{Ag}^+] = \frac{[\text{Ag}(\text{CN})_2] K_{\text{нест}}}{[\text{CN}^-]^2} = \frac{10^{-21} \cdot 0,05}{0,01^2} = 5 \cdot 10^{-19} \text{ моль/л.}$$

Відповідь: концентрація іонів Ag^+ дорівнює $5 \cdot 10^{-19}$ моль/л.

Задачі

У задачах № 201–220 визначити комплексоутворювач і ліганди, координаційне число і ступінь окиснення комплексоутворювача, заряд комплексного іона. Для наведених сполук записати рівняння двох типів дисоціації і вираз для константи нестійкості. Для першої сполуки пояснити будову з точки зору методу валентних зв'язків і визначити геометричну конфігурацію комплексу.

201. $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$; $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_4$; $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_2$; $\text{Ag}_2[\text{HgI}_4]$.
202. $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_6$; $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$; $\text{K}_2[\text{PtCl}_6]$; $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Br}]\text{SO}_4$.
203. $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$; $\text{Na}_3[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]$; $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$; $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})(\text{NH}_3)_4\text{OH}]\text{Br}_2$.
204. $\text{K}_2[\text{Cu}(\text{CN})_4]$; $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]\text{Cl}$; $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$; $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$.
205. $\text{K}[\text{AuCl}_4]$; $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Br}]\text{SO}_4$; $[\text{Cd}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_2$; $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}]\text{Cl}_2$.
206. $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{SO}_4$; $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_6]\text{Br}_2$; $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3]\text{Cl}$; $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]\text{Cl}$.
207. $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{F}_3$; $\text{Ca}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$; $\text{K}_2[\text{Mo}(\text{CN})_6]$; $\text{K}[\text{Au}(\text{CNS})_4](\text{OH})_2$.
208. $\text{K}_3[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]$; $\text{Ba}[\text{Pt}(\text{CN})_6]$; $\text{K}_2[\text{Cd}(\text{CN})_4]$; $\text{Na}[\text{AgCl}_2]$.
209. $\text{K}[\text{Pt}(\text{NH}_3)_6]$; $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]\text{SO}_4$; $\text{Na}_2[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3(\text{NO}_2)_3]$; $\text{Na}_2[\text{Ni}(\text{CN})_4]$.
210. $\text{Na}[\text{BF}_4]$; $[\text{Co}(\text{N}_2\text{O})_3(\text{NH}_3)_3]\text{Cl}_5$; $\text{H}_2[\text{Pt}(\text{CN})_6]$; $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$.
211. $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$; $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5(\text{NO}_2)]$; $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$; $\text{Na}_3[\text{Hg}(\text{CNS})_4]$.
212. $\text{K}_2[\text{Ni}(\text{CN})_4]$; $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_5(\text{NO}_2)]\text{Cl}_2$; $\text{Na}_2[\text{Pt}(\text{OH})_6]$; $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$.
213. $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$; $\text{K}[\text{Co}(\text{NH}_3)_2(\text{NO}_2)_4]$; $[\text{Pd}(\text{NH}_3)_3\text{H}_2\text{O}]\text{Cl}_2$; $\text{Na}_3[\text{Fe}(\text{NO}_2)(\text{CN})_5]$.
214. $\text{Ba}_2[\text{Co}(\text{OH})_6]$; $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$; $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$; $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$.
215. $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{NO}_2$; $\text{Ca}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$; $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$; $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Br}$.
216. $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2]\text{SO}_4$; $\text{Na}_4[\text{Ni}(\text{CN})_6]$; $\text{K}_2[\text{PtCl}_6]$; $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]\text{Cl}_2$.
217. $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4]\text{Br}_2$; $\text{Zn}[\text{Fe}(\text{CN})_5(\text{NO})]$; $\text{K}_3[\text{AlCl}_6]$; $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]_2\text{SO}_4$.
218. $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$; $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_5(\text{NO}_2)]$; $\text{K}[\text{AuCl}_4]$; $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2]\text{SO}_4$.
219. $\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$; $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{SO}_4$; $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6](\text{ClO}_4)_2$; $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$.
220. $\text{Na}_2[\text{Cu}(\text{OH})_4]$; $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$; $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$; $[\text{Co}(\text{NH}_3)_3(\text{H}_2\text{O})_2\text{Cl}]\text{SO}_4$.

У задачах № 221–236 із наведених частин (табл.4) визначити комплексоутворювач і ліганди та скласти формули трьох координаційних

сполук. Для цих сполук записати рівняння двох типів дисоціації і вираз для константи нестійкості. Значення можливих координаційних чисел для комплексоутворювачів взяти із [4, с.20].

Таблиця 4. Завдання для розв'язання задач № 221–236

Номер Задачі	Частинки	Номер задачі	Частинки
221	$\text{Ni}^{2+}, \text{CN}^-, \text{Cl}^-, \text{Na}^+$	229	$\text{Zn}^{2+}, \text{CNS}^-, \text{H}_2\text{O}, \text{K}^+$
222	$\text{K}^+, \text{Pt}^{+4}, \text{Cl}^-, \text{NH}_3$	230	$\text{K}^+, \text{Al}^{3+}, \text{Cl}^-, \text{H}_2\text{O}$
223	$\text{Cu}^{2+}, \text{H}_2\text{O}, \text{SO}_4^{2-}, \text{Na}^+$	231	$\text{Co}^{2+}, \text{H}_2\text{O}, \text{Cl}^-, \text{Na}^+$
224	$\text{Fe}^{2+}, \text{NH}_3, \text{Br}^-, \text{K}^+$	232	$\text{Pb}^{2+}, \text{H}_2\text{O}, \text{Br}^-, \text{Na}^+$
225	$\text{Ag}^+, \text{NH}_3, \text{Cl}^-, \text{H}_2\text{O}$	233	$\text{Pt}^{+4}, \text{H}_2\text{O}, \text{Cl}^-, \text{Na}^+$
226	$\text{Cr}^{+3}, \text{H}_2\text{O}, \text{Cl}^-, \text{Na}^+$	234	$\text{Cd}^{2+}, \text{CNS}^-, \text{Cl}^-, \text{Na}^+$
227	$\text{Bi}^{3+}, \text{H}_2\text{O}, \text{NO}_3^{2-}, \text{Na}^+$	235	$\text{Co}^{3+}, \text{H}_2\text{O}, \text{OH}^-, \text{Na}^+$
228	$\text{Fe}^{3+}, \text{H}_2\text{O}, \text{Br}^-, \text{K}^+$	236	$\text{Sn}^{2+}, \text{OH}^-, \text{H}_2\text{O}, \text{K}^+$

237. Є комплексна сіль складу $\text{Ba}(\text{CN})_2 \cdot \text{Cu}(\text{CNS})_2$. При дії розчину H_2SO_4 весь Барій осаджується у вигляді BaSO_4 . Написати координаційну формулу сполуки. Яка маса комплексної солі міститься у розчині, якщо в реакції взяли участь 0,125 л 0,25 н. розчину H_2SO_4 ? Написати реакції двох типів дисоціації для цієї комплексної сполуки і вираз для константи нестійкості.

238. Є комплексна сіль складу $\text{PtCl}_4 \cdot 6\text{NH}_3$. При дії розчину AgNO_3 Хлор повністю осаджується у вигляді AgCl . Написати координаційну формулу сполуки. Яка маса комплексної солі міститься у розчині, якщо в реакції взяла участь 0,01 л 0,02 н. розчину AgNO_3 ? Написати реакції двох типів дисоціації для цієї комплексної сполуки і вираз для константи нестійкості.

239. Емпірична формула солі $\text{CrCl}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Координаційне число Хрому дорівнює шести. Всі молекули води знаходяться у внутрішній сфері. Визначити, який об'єм 0,1 н. розчину AgNO_3 необхідний для осадження хлору з 200 мл 0,01 М розчину комплексної солі. Написати реакції двох типів дисоціації для цієї комплексної сполуки і вираз для константи нестійкості.

240. До розчину, який містить 23,25 г комплексної солі $\text{CoCl}_3 \cdot 4\text{NH}_3$, додали надлишок розчину AgNO_3 . Маса осадженого AgCl дорівнювала 14,35 г. Визначити координаційну формулу сполуки. Написати реакції двох типів дисоціації для цієї комплексної сполуки і вираз для константи нестійкості.

241. Визначити концентрацію іонів Кадмію в 0,1 М розчині $\text{K}_2[\text{Cd}(\text{CN})_4]$, який містить також 6,5 г/л KCN ; $K_{\text{нест}} [\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-} = 7,66 \cdot 10^{-18}$. Пояснити дисоціацію комплексної сполуки.

242. Яка маса іонів Аргентуму міститься в 0,5 л 0,1 М розчину $\text{Na}_3[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]$, в якому також є 0,1 моль/л $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$; $K_{\text{нест}} [\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-} = 1,00 \cdot 10^{-18}$? Пояснити дисоціацію комплексної сполуки.

243. На осадження іонів Br^- з розчину комплексної солі $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Br}_2$ витрачено 0,025 л розчину аргентум нітрату з масовою часткою AgNO_3 , рівною 10 % ($\rho = 1088 \text{ кг/м}^3$). Яка маса комплексної солі міститься у розчині? Пояснити дисоціацію комплексної сполуки і написати вираз для константи нестійкості.

244. Визначити концентрацію іонів Аргентуму в 0,1 М розчині $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$, якщо константа нестійкості комплексного іона дорівнює $5,89 \cdot 10^{-8}$. Розчин солі містить ще 5 г/л NH_3 . Пояснити дисоціацію комплексної сполуки.

245. Константа нестійкості іона $[\text{CdI}_4]^{2-}$ складає $7,94 \cdot 10^{-7}$. Визначити концентрацію іонів кадмію в 0,1 М розчині $\text{K}_2[\text{CdI}_4]$, який містить також 0,1 моля KI в 1 л розчину. $K_{\text{нест}} [\text{CdI}_4]^{2-} = 1,74 \cdot 10^{-7}$. Пояснити дисоціацію комплексної сполуки.

246. Константа нестійкості іона $[\text{AlF}_6]^{3-}$ дорівнює $1,45 \cdot 10^{-20}$. Яка маса іонів алюмінію міститься в 0,25 л 0,24 н. розчину $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$, в якому також є 2,5 г KF ? Пояснити дисоціацію комплексної сполуки і будову комплексного іона з точки зору методу валентних зв'язків.

247. Константа нестійкості іона $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ при 25 °С дорівнює $7,08 \cdot 10^{-14}$. Розрахувати ΔG^0 процесу $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-} \leftrightarrow \text{Zn}^{2+} + 4\text{OH}^-$ і показати, яка реакція відбувається самовільно. Пояснити дисоціацію і будову комплексного іона з точки зору методу валентних зв'язків.

248. Зміна енергії Гіббса для процесу $[\text{Cu}(\text{CN})_2]^{2-} \leftrightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{CN}^-$ при 25 °С дорівнює 137 кДж/моль. Визначити константу нестійкості комплексного іона. Пояснити дисоціацію і будову комплексного іона з точки зору методу валентних зв'язків.

249. Визначити концентрацію іонів Аргентуму в 0,01 М розчині $\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$, якщо константа нестійкості комплексного іона дорівнює $1,00 \cdot 10^{-21}$. Розчин солі містить також 0,05 моля NaCN в 1 л розчину. Пояснити дисоціацію комплексної сполуки.

250. Константа нестійкості іона $[\text{HgI}_4]^{2-}$ дорівнює $1,38 \cdot 10^{-30}$. Скільки грамів іонів Меркурію міститься в 0,1 л 0,01 М розчину $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$, в якому знаходиться також 5 г NaI ?

6. ХІМІЧНА КІНЕТИКА

Швидкість реакції – це кількість елементарних актів взаємодій в одиницю часу в одиниці об'єму. Вона залежить від природи реагуючих речовин, їх концентрації, температури та присутності в системі каталізаторів. Залежність швидкості від концентрації визначається законом діючих мас: *швидкість простої хімічної реакції прямо пропорційна добутку концентрацій реагуючих речовин у ступенях, які дорівнюють їх стехіометричним коефіцієнтам у рівнянні реакції*. Наприклад, для простої реакції (реакції, що відбувається в одну стадію) $A + 2B \rightarrow AB_2$

$$v_1 = kC_A C_B^2,$$

де C_A – концентрація речовини A , моль/л; C_B – концентрація речовини B , моль/л; k – константа швидкості реакції, яка залежить від природи реагуючих речовин (при $C_A = C_B = 1$ моль/л, $v = k$) та температури.

Між швидкістю реакцій та часом їх перебігу існує обернено пропорційна залежність

$$\frac{v_{T_2}}{v_{T_1}} = \frac{\tau_1}{\tau_2}.$$

У гетерогенних реакціях концентрації речовин, що знаходяться у твердій фазі, не змінюються протягом реакції і тому не входять у рівняння закону діючих мас.

Залежність швидкості реакції (або константи швидкості реакції) від температури виражається правилом Вант-Гоффа, згідно з яким *при збільшенні температури на кожні 10 °C швидкість гомогенних реакцій збільшується у два-чотири рази*:

$$\frac{v_{T_2}}{v_{T_1}} = \frac{k_{T_2}}{k_{T_1}} = \gamma^{\frac{T_2-T_1}{10}}; \quad \frac{\tau_1}{\tau_2} = \gamma^{\frac{T_2-T_1}{10}},$$

де v_{T_1} і v_{T_2} – швидкості хімічної реакції при температурах T_1 і T_2 ; τ_1 , τ_2 – час перебігу реакції при температурах T_1 та T_2 ; γ – температурний коефіцієнт, який показує, у скільки разів збільшується швидкість хімічної реакції при підвищенні температури на 10 градусів. Температурний коефіцієнт реакції мож-

ливо знайти, логарифмуючи наведене вище рівняння:

$$\lg \frac{k_{T_2}}{k_{T_1}} = \frac{T_2 - T_1}{10} \lg \gamma; \quad \lg \gamma = \frac{10 \lg \frac{k_{T_2}}{k_{T_1}}}{T_2 - T_1}.$$

Значення логарифмів знаходимо, користуючись таблицею логарифмів.

Залежність константи швидкості k від енергії активації виражається рівнянням Арреніуса

$$k = A e^{-E_A / RT},$$

де E_A – енергія активації, мінімальна додаткова енергія (у порівнянні з середнім значенням енергії реагуючих молекул), яку повинні мати молекули, щоб реакція стала можливою (кДж/моль або ккал/моль); R – універсальна газова стала (8,31 Дж/моль·К); A – стала, передекспоненціальний множник.

Якщо відомі константи швидкості реакції k_{T_1} та k_{T_2} при двох температурах T_1 і T_2 , то енергію активації хімічної реакції розраховують за формулою

$$E_A = \frac{2,3R \lg \frac{k_{T_2}}{k_{T_1}} T_1 T_2}{T_2 - T_1}.$$

Приклад 1. Визначити, як зміниться швидкість прямої реакції $2\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2$, якщо загальний тиск у системі збільшити в чотири рази.

Розв'язання

Збільшення тиску в системі у чотири рази викличе зменшення об'єму системи в чотири рази, а концентрація реагуючих речовин зросте також у чотири рази. Відповідно до закону діючих мас, вихідна швидкість реакції дорівнює

$$v_1 = k C_{\text{CO}}^2 C_{\text{O}_2}.$$

Після збільшення тиску $v_2 = k(4C_{\text{CO}})^2(4C_{\text{O}_2}) = 4^3 k C_{\text{CO}}^2 C_{\text{O}_2} = 64 k C_{\text{CO}}^2 C_{\text{O}_2}$;

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{64 k C_{\text{CO}}^2 C_{\text{O}_2}}{k C_{\text{CO}}^2 C_{\text{O}_2}} = 64.$$

Відповідь: швидкість реакції зросте в 64 рази.

Приклад 2. Розрахувати енергію активації хімічної реакції, якщо константа швидкості реакції при 273 К дорівнює $4,04 \cdot 10^{-5}$, а при 280 К складає $7,72 \cdot 10^{-5}$.

Розв'язання

Виходячи з рівняння Арреніуса, маємо наступні вирази:

$$\ln \frac{k_{T_2}}{k_{T_1}} = \frac{E_A}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right); \quad E_A = \frac{R \cdot \ln \frac{k_{T_2}}{k_{T_1}} T_1 T_2}{T_2 - T_1}; \quad E_A = \frac{2,3 R \cdot \lg \frac{k_{T_2}}{k_{T_1}} T_1 T_2}{T_2 - T_1};$$
$$E_A = \frac{2,3 \cdot 8,314 \cdot \lg \frac{7,72}{4,04} \cdot 273 \cdot 280}{280 - 273} = 58,74 \text{ кДж/моль.}$$

Відповідь: $E_A = 58,74 \text{ кДж/моль.}$

Задачі

251. На скільки градусів необхідно підвищити температуру реакції, щоб її швидкість зросла в 729 разів? Температурний коефіцієнт швидкості реакції дорівнює трьом. Визначити енергію активації ($T_1 = 300 \text{ K}$).

252. При збільшенні температури на 50°C швидкість реакції зросла в 1224 рази. Розрахувати температурний коефіцієнт швидкості реакції та енергію активації ($T_1 = 300 \text{ K}$).

253. Швидкість хімічної реакції при 20°C дорівнює $1 \text{ моль/(л}\cdot\text{с)}$. Визначити швидкість цієї реакції при 60°C , якщо температурний коефіцієнт швидкості реакції дорівнює трьом. Розрахувати енергію активації.

254. На скільки градусів необхідно підвищити температуру, щоб швидкість реакції збільшилась у 100 разів? Температурний коефіцієнт швидкості реакції дорівнює двом. Визначити енергію активації ($T_1 = 350 \text{ K}$).

255. У скільки разів зменшиться швидкість реакції, якщо температуру газової суміші знизити від 140 до 100°C ? Температурний коефіцієнт швидкості реакції дорівнює трьом. Розрахувати E_A реакції.

256. Визначити, у скільки разів зросте швидкість реакції при підвищенні температури від 20 до 40°C . Температурний коефіцієнт швидкості реакції дорівнює трьом. Розрахувати E_A реакції.

257. На скільки градусів змінилась температура реакційної суміші, якщо швидкість реакції зросла у 81 раз при температурному коефіцієнті, який дорівнює трьом? Розрахувати E_A реакції.

258. Реакція у газовій фазі відбувається за рівнянням $A + 2B + D \rightarrow F$. При підвищенні концентрації A в два рази швидкість реакції зросла у два рази, при підвищенні концентрації B у два рази – не змінилась, при підвищенні концентрації D у два рази – зросла в чотири рази. Як зміниться швидкість реакції при підвищенні загального тиску в три рази?

259. Реакція $2\text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{O}_4$ відбувається як бімолекулярна. Вказати: а) порядок реакції; б) як зміниться швидкість реакції при підвищенні тиску у два рази.

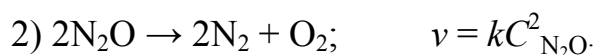
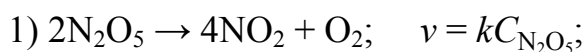
260. Реакція $2\text{NO}_2(\text{г.}) + \text{O}_2(\text{г.}) \rightarrow 2\text{NO}_2(\text{г.})$ – третього порядку. Написати кінетичне рівняння реакції та пояснити, як зміниться швидкість реакції при підвищенні загального тиску в три рази.

261. Як зміняться швидкості реакцій: $\text{Zn}(\text{кр.}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г.}) \rightarrow \text{ZnO}(\text{кр.}) + \text{H}_2(\text{г.})$; $4\text{NO}_2(\text{г.}) + \text{O}_2(\text{г.}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{г.}) \rightarrow 4\text{HNO}_3(\text{р.})$ при збільшенні тиску у два рази?

262. Як треба змінити тиск, щоб швидкість реакцій $\text{CO}(\text{г.}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г.}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{г.}) + \text{H}_2(\text{г.})$, $\text{MnO}_2(\text{кр.}) + 4\text{HCl}(\text{г.}) \rightarrow \text{MnCl}_2(\text{кр.}) + \text{Cl}_2(\text{г.})$ збільшити відповідно у 36 та 16 разів?

263. Записати вирази для констант швидкості наведених хімічних реакцій: $2\text{CO}(\text{г.}) + \text{Cl}_2(\text{г.}) \rightarrow \text{COCl}_2(\text{г.})$, $\text{H}_2(\text{г.}) + \text{Cl}_2(\text{г.}) \leftrightarrow 2\text{HCl}(\text{г.})$. Як зміниться швидкість наведених реакцій при підвищенні концентрації кожної з реагуючих речовин у два рази?

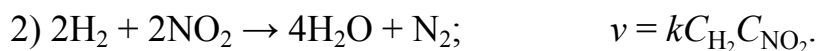
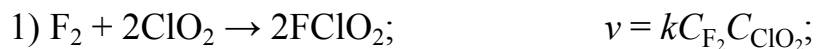
264. Визначити, у скільки разів зміниться швидкість газових реакцій при підвищенні концентрації кожної з реагуючих речовин у два рази та при підвищенні тиску в системах у три рази:



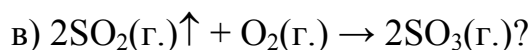
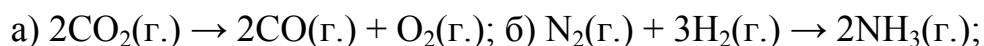
265. Визначити, у скільки разів зміниться швидкість газових реакцій при підвищенні концентрації кожної з реагуючих речовин у два рази та тиску в системі у три рази:



266. Визначити, у скільки разів зміниться швидкість газових реакцій при підвищенні концентрації кожної з реагуючих речовин у два рази та тиску в системах у три рази:



267. Як зміниться швидкість наведених хімічних реакцій при підвищенні концентрації кожної з реагуючих речовин у два рази та тиску в системах у два рази:



268. У скільки разів зросте швидкість реакції при підвищенні температури від 20 до 30 °С, якщо енергія активації дорівнює 125,6 кДж/моль? У скільки разів зросте швидкість цієї реакції при підвищенні температури від 20 до 120 °С?

269. Константа швидкості деякої реакції при 20 °С дорівнює $3 \cdot 10^{-2}$, а при 50 °С складає $4 \cdot 10^{-1}$. Визначити енергію активації та розрахувати швидкість реакції при 30 °С.

270. Константа швидкості реакції $2NO_2 \rightarrow 2NO + O_2$ при 600 К дорівнює 84, а при 640 К складає 400. Визначити енергію активації та знайти константу швидкості при 620 К.

271. Константа швидкості розкладання N_2O_3 при 25 °С дорівнює $3,46 \cdot 10^{-3}$, при 35 °С складає $1,46 \cdot 10^{-4}$. Визначити константу швидкості при 30 °С та енергію активації.

272. У скільки разів зросте швидкість реакції при підвищенні температури від 20 до 100 °С, якщо енергія $E_A = 125,5$ кДж/моль?

273. При підвищенні температури на 30 °С швидкість реакції зросла в шість разів. Визначити температурний коефіцієнт швидкості реакції та енергію активації при 300 К.

274. При підвищенні температури на 30 °С швидкість реакції зросла в дев'ять разів. Визначити температурний коефіцієнт швидкості реакції та енергію активації ($T_1 = 300$ К).

275. Константа швидкості реакції при 25 °С дорівнює 1,4, а при 60 °С складає 9,9. Визначити константу швидкості цієї реакції при 45 °С.

276. Константа швидкості реакції при 22 °С дорівнює $2 \cdot 10^{-5}$, а при 35 °С складає $9 \cdot 10^{-5}$. Визначити константу швидкості цієї реакції при 30 °С.

277. У скільки разів треба підвищити концентрацію H_2 , для того щоб збільшити у 216 разів швидкість реакції синтезу NH_3 ?

278. Реакція $2H_2(г.) + 2NO(г.) \rightarrow N_2(г.) + 2H_2O(г.)$ відбувається при 1000 К. Визначити швидкість реакції при концентраціях $C_{NO} = C_{H_2} = 0,12$ моль/л, якщо константа швидкості реакції $k = 2 \cdot 10^{-2}$. Як зміниться швидкість реакції при підвищенні тиску у два рази?

279. Знайти значення константи швидкості реакції $A + 2B \rightarrow AB_2$, якщо при концентраціях речовин A і B відповідно 0,05 та 0,01 моль/л швидкість реакції дорівнює $5 \cdot 10^{-6}$ моль/(л·с).

280. У скільки разів зміниться швидкість реакції $2A + B \rightarrow A_2B$, якщо концентрацію речовини A збільшити у два рази, а концентрацію речовини B зменшити у два рази?

281. У скільки разів необхідно збільшити концентрацію речовини B_2 у системі $2A_2(г.) + B_2(г.) \rightarrow 2A_2B(г.)$, щоб при зменшенні концентрації речовини A в чотири рази швидкість реакції не змінилась?

282. Хімічна реакція відбувається за 15 хв при 40 °С, а при 60 °С за 3 хв. Визначити енергію активації реакції.

283. При 28 °С хімічна реакція закінчується за 3 хв, а при 18 °С за 15 хв. Визначити температурний коефіцієнт швидкості реакції та енергію активації.

284. Реакція відбувається за рівнянням $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$. Вихідні концентрації реагуючих речовин були: $C_{NO} = 0,8$ моль/л; $C_{O_2} = 0,6$ моль/л. Як зміниться швидкість реакції, якщо концентрацію кисню збільшити до 0,9 моль/л, а концентрацію NO збільшити до 1,2 моль/л?

285. При 150 °С хімічна реакція закінчується за 16 хв. Розрахувати, через який час закінчиться ця реакція при 200 °С, якщо температурний коефіцієнт швидкості дорівнює двом.

286. Реакція відбувається за рівнянням $A + 2B \rightarrow C$. Вихідні концентрації такі: $C_{A \text{ вих}} = 0,03$ моль/л; $C_{B \text{ вих}} = 0,05$ моль/л. Константа швидкості 0,4. Знайти вихідну швидкість реакції та швидкість через деякий час, коли концентрація речовини A зменшиться на 0,01 моль/л.

287. При температурі 50 °С реакція відбувається за 2 хв 15 с. За який час скінчиться ця реакція при 70 °С, якщо температурний коефіцієнт швидкості реакції дорівнює трьом?

288. При температурі 30 °С реакція закінчується за 16 хв, а при 50 °С – за 4 хв. Скільки часу необхідно для закінчення реакції при 20 °С?

289. Швидкість реакції при температурі 0 °С становить 1 моль/(л·с). Обчислити швидкість цієї реакції при 30 °С та енергію активації, якщо температурний коефіцієнт швидкості реакції дорівнює трьом.

290. У скільки разів необхідно збільшити концентрацію азоту в системі $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$, щоб при зменшенні концентрації водню у два рази швидкість реакції не змінилась?

291. При підвищенні температури на 10 градусів швидкість реакції зростає у два рази. При 20 °С вона дорівнює 0,04 моль/(л·с). Якою буде швидкість при 40 °С; 10 °С; 100 °С?

292. Реакція відбувається за рівнянням $4HCl + O_2 \rightarrow 2H_2O + 2Cl_2$. $C_{HCl} = 2$ моль/л; $C_{O_2} = 1$ моль/л; $k = 0,2$. Визначити швидкість реакції у початковий момент і в момент, коли у суміші залишилось 50 % кисню.

293. Реакція між речовинами відбувається за рівнянням $2A + B \rightarrow C$. $C_{A \text{ вих}} = 6$ моль/(л·с); $C_{B \text{ вих}} = 5$ моль/(л·с). Константа швидкості 0,4. Визначити швидкість реакції у початковий момент і в момент, коли в суміші залишилось 50 % речовини А.

294. Реакція між речовинами відбувається за рівнянням $A + 2B \rightarrow 2C$. $C_{A \text{ вих}} = 5$ моль/(л·с); $C_{B \text{ вих}} = 10$ моль/(л·с). Константа швидкості 0,7. Визначити швидкість реакції у початковий момент і в момент, коли прореагувало 20 % речовини А.

295. Реакція між речовинами відбувається за рівнянням $2C + 3B \rightarrow 2M$. $C_{C \text{ вих}} = 2$ моль/(л·с); $C_{B \text{ вих}} = 1$ моль/(л·с). Визначити швидкість реакції у початковий момент і в момент, коли залишилось 20 % речовини С. Константа швидкості дорівнює двом.

296. Реакція відбувається за рівнянням $2M + 2P \rightarrow 3C$. Вихідні концентрації речовин М та Р дорівнюють відповідно 1 і 0,5 моль/(л·с); $k = 0,7$. Визначити

швидкість реакції у початковий момент і в момент, коли залишилось 40 % речовини P .

297. При 20 °C реакція закінчується за 20 хв. Скільки часу необхідно для перебігу реакції при 60 °C, якщо температурний коефіцієнт швидкості дорівнює двом?

298. Реакція відбувається за рівнянням $2\text{N}_2\text{O} \rightarrow 2\text{N}_2 + \text{O}_2$. Вихідна концентрація $C_{\text{N}_2\text{O вих}} = 3,2$ моль/л; $k = 5 \cdot 10^{-4}$. Визначити швидкість реакції у початковий момент і в момент, коли розклалося 25 % N_2O .

299. Вихідні концентрації речовин (моль/л) для реакції $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$ дорівнювали: $C_{\text{CO вих}} = 0,5$; $C_{\text{H}_2\text{O вих}} = 0,6$; $C_{\text{CO}_2 \text{ вих}} = 0,4$; $C_{\text{H}_2 \text{ вих}} = 0,2$. Визначити концентрації всіх речовин після того, як прореагувало 60 % H_2O .

300. При 15 °C реакція закінчується за 30 хв. Скільки часу необхідно для закінчення реакції при 0 °C, якщо температурний коефіцієнт швидкості дорівнює трьома?

7. ХІМІЧНА РІВНОВАГА

Коли швидкості прямої та зворотної реакцій (для оборотних реакцій) стають однаковими, настає стан хімічної рівноваги.

Для оборотної хімічної реакції $aA + bB \leftrightarrow cC + dD$

$$K_C = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b},$$

де K_C – константа рівноваги реакції; величина, що виражає співвідношення між рівноважними концентраціями (моль/л) продуктів реакції $[C]$, $[D]$ (чисельник) та концентраціями вихідних речовин $[A]$, $[B]$ (знаменник). Чим більша константа рівноваги, тим більший вихід продуктів реакції. K_C стала при даній температурі.

Для реакцій, що відбуваються у газовій фазі, замість молярних концентра-

цій компонентів іноді використовують парціальний тиск

$$K_P = \frac{P_C^c \cdot P_D^d}{P_A^a \cdot P_B^b}.$$

Парціальний тиск кожного компонента суміші розраховується за формулою $P_i = PX_i$, де P – загальний тиск суміші газів, X_i – мольна частка i -го газу; $X_i = n_i / \sum n_i$, де n_i – кількість молів кожного газу; $\sum n_i$ – загальна кількість молів у системі. Між K_C і K_P існує співвідношення

$$K_P = K_C [RT]^{\Delta n},$$

де Δn – зміна кількості молів у хімічному процесі; якщо $\Delta n = 0$, то $K_P = K_C$. Константа рівноваги хімічної реакції пов'язана зі стандартною зміною енергії Гіббса рівнянням $\Delta G^0 = -2,3 RT \lg K_P$.

При зміні умов перебігу реакції (температури, тиску, концентрації) швидкості прямого й зворотного процесів змінюються неоднаково і хімічна рівновага порушується. Реакція відбувається в одному з можливих напрямків до встановлення нового стану хімічної рівноваги. Процес переходу з одного стану хімічної рівноваги до іншого називається зміщенням хімічної рівноваги. Напрямок цього зміщення підлягає принципу Ле Шательє: *якщо на систему, що знаходиться у стані хімічної рівноваги, відбувається який-небудь вплив, то рівновага зміщується в такому напрямку, щоб цей вплив послабити*. Так, підвищення температури призводить до зміщення рівноваги в бік ендотермічної реакції (з поглинанням теплоти); підвищення тиску зміщує рівновагу в бік зменшення загальної кількості молів газоподібних речовин; видалення із системи одного з продуктів реакції підсилює пряму реакцію; зменшення концентрації однієї з реагуючих речовин зміщує рівновагу в напрямку зворотної реакції.

Приклад. У процесі синтезу амоніаку $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ рівновага встановилась при наступних концентраціях (моль/л) реагуючих речовин: $C_{NH_3} = 3,6$; $C_{N_2} = 2,5$; $C_{H_2} = 1,8$. Розрахувати константу рівноваги цієї реакції і вихідні концентрації азоту та водню.

Розв'язання

1. Константа рівноваги K_C – ?

$$K_C = \frac{C_{NH_3}^2}{C_{N_2} C_{H_2}^3} = \frac{3,6^2}{2,5 \cdot 1,8^3} = 0,89.$$

2. $C_{N_2 \text{ вих}} - ?$ $C_{H_2 \text{ вих}} - ?$

Вихідні концентрації азоту та водню визначаємо, виходячи з рівняння реакції. На утворення двох молей NH_3 необхідний один моль H_2 , а на утворення 3,6 моля NH_3 необхідно $3,6/2 = 1,8$ моля H_2 .

Враховуючи рівноважну концентрацію азоту, знаходимо його вихідну концентрацію $C_{N_2 \text{ вих}} = 2,5 + 1,8 = 4,3$ моль/л.

На утворення двох молей NH_3 необхідно три моля H_2 , а на утворення 3,6 моля NH_3 необхідно $3 \cdot 3,6/2 = 5,4$ моля H_2 . $C_{H_2 \text{ вих}} = 1,8 + 5,4 = 7,2$ моль/л.

Відповідь: $K_C = 0,89$; $C_{H_2 \text{ вих}} = 7,2$ моль/л; $C_{N_2 \text{ вих}} = 4,3$ моль/л.

Задачі

300. Реакція $CO + Cl_2 \leftrightarrow COCl_2$ відбувається в об'ємі 10 л. Склад рівноважної суміші: 14 г CO ; 35,5 г CO ; 49,5 г $COCl_2$. Розрахувати константу рівноваги реакції.

301. Карбон (IV) оксид та хлор містяться в закритій посудині при сталій температурі. Їх вихідні концентрації дорівнюють 1 моль/л, тиск у посудині 101325 Па. У результаті реакції $CO + Cl_2 \leftrightarrow COCl_2$ на момент рівноваги залишилось 50 % CO . Який тиск у посудині при рівновазі? Розрахувати константу рівноваги реакції.

302. Як необхідно змінити концентрацію, тиск та температуру гомогенної системи $PCl_5 \leftrightarrow PCl_3 + Cl_2$; $\Delta H^0_{\text{реак}} = 129,7$ кДж, щоб змістити рівновагу в бік розкладання PCl_5 ? Розрахувати $\Delta G^0_{\text{реак}}$ та константу рівноваги реакції, якщо $S^0(PCl_5) = 362,7$ Дж/(моль·К); $S^0(PCl_3) = 311,7$ Дж/(моль·К); $S^0(PCl_2) = 222,9$ Дж/(моль·К).

303. Визначити константу рівноваги оборотної реакції $A + 2B \leftrightarrow C$, якщо рівноважні концентрації складають: $[A] = 0,3$ моль/л; $[B] = 1,1$ моль/л; $[C] = 2,1$ моль/л. Розрахувати ΔG^0 реакції.

304. Визначити константу рівноваги реакції $A + 2B \leftrightarrow C$, якщо рівноважні концентрації складають: $[A] = 0,12$ моль/л; $[B] = 0,24$ моль/л; $[C] = 0,255$ моль/л. Розрахувати ΔG^0 реакції.

305. При деякій температурі рівновага в системі $2NO_2(г.) \leftrightarrow 2NO(г.) + O_2(г.)$ установилася при таких концентраціях: $[NO_2] = 0,06$ моль/л; $[NO] =$

= 0,24 моль/л; $[O_2] = 0,12$ моль/л. Знайти вихідну концентрацію NO_2 та K_C . Які фактори сприяють зміщенню рівноваги в бік утворення NO_2 ?

306. PCl_5 дисоціює при нагріванні за рівнянням $PCl_5 \leftrightarrow PCl_3 + Cl_2$. Визначити константу рівноваги цієї реакції, якщо з трьох молів PCl_5 , що містяться в посудині об'ємом 10 л, розкладаються 2,5 моля.

307. Сульфур (VI) оксид утворюється за рівнянням $SO_2(г.) + 0,5O_2(г.) \rightarrow SO_3(г.)$; $\Delta H^0_{\text{реак}} = -96,2$ кДж/моль. Зміна яких параметрів буде сприяти зміщенню рівноваги в бік утворення SO_3 ? Розрахувати ΔG^0 реакції та константу її рівноваги, якщо $S^0(O_2) = 248,1$ Дж/(моль·К); $S^0(SO_2) = 205,0$ Дж/(моль·К); $S^0(SO_3) = 256,7$ Дж/(моль·К).

308. Константа рівноваги системи $2N_2 + O_2 \leftrightarrow 2N_2O$ дорівнює 1,21. Рівноважні концентрації $[N_2] = 0,72$ моль/л та $[N_2O] = 0,84$ моль/л. Знайти вихідну та рівноважну концентрації кисню. Розрахувати ΔG^0 реакції.

309. У реакції $H_2 + I_2 \leftrightarrow 2HI$ вихідні концентрації H_2 та I_2 дорівнюють 1 моль/л. Визначити рівноважні концентрації речовин, якщо константа рівноваги дорівнює 49. Розрахувати ΔG^0 реакції.

310. Константа рівноваги реакції $A + B \leftrightarrow C + D$ дорівнює одиниці. Рівноважні концентрації складають: $[A] = 2$ моль/л; $[B] = 8$ моль/л. Визначити рівноважні концентрації C і D , якщо їх вихідні концентрації дорівнюють нулю. Знайти ΔG^0 реакції.

311. Визначити вихідні концентрації хлору та карбон (II) оксиду, а також константу рівноваги реакції $CO + Cl_2 \leftrightarrow COCl_2$ при наступних рівноважних концентраціях: $[Cl_2] = 0,3$ моль/л; $[COCl_2] = 1,5$ моль/л; $[CO] = 0,2$ моль/л. Розрахувати ΔG^0 реакції.

312. Визначити рівноважні концентрації речовин у реакції $CO(г.) + H_2O(г.) \leftrightarrow CO_2(г.) + H_2(г.)$, якщо вихідна суміш містила 2 молі CO та 3 молі H_2O в 1 л газової суміші. Константа рівноваги $K = 1$ (при $T = 1123$ К).

313. Речовини A і B у кількості 3 і 4 молів відповідно, що знаходяться в посудині об'ємом 2 л, реагують за рівнянням $5A + 3B \leftrightarrow A_5B_3$. Прореагувало 1,6 моля речовини A . Визначити кількість речовини B та одержаного продукту. Розрахувати константу рівноваги.

314. У посудині об'ємом 0,2 л помістили 0,3 г H_2O та 0,8 г йоду. Після встановлення рівноваги в посудині одержано 0,7 г HI . Визначити константу рівноваги реакції.

315. Вихідні концентрації H_2 та I_2 відповідно дорівнюють 0,6 та 1,6 моль/л. Після встановлення рівноваги концентрація HI склала 0,7 моль/л. Визначити рівноважні концентрації H_2 та I_2 і константу рівноваги.

316. При вивченні рівноваги реакції $\text{H}_2 + \text{I}_2 \leftrightarrow 2\text{HI}$ з'ясовано, що при вихідних концентраціях H_2 та I_2 відповідно по 1 моль/л рівноважна концентрація HI дорівнює 1,56 моль/л. Визначити рівноважну концентрацію HI , якщо вихідні концентрації H_2 та I_2 склали по 2 моль/л ($T = \text{const}$).

317. При певній температурі відомі значення констант рівноваги гомогенних реакцій: $2\text{CO}_2 \leftrightarrow 2\text{CO} + \text{O}_2$, $K_{C_1} = 0,25$; $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{SO}_3$, $K_{C_2} = 0,74$. Розрахувати константу рівноваги процесу $\text{SO}_2 + \text{CO}_2 \leftrightarrow \text{SO}_3 + \text{CO}$.

318. При $T = \text{const}$ визначені константи рівноваги гомогенних реакцій: $2\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$, $K_{C_1} = 0,84$; $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \leftrightarrow 2\text{HCl}$, $K_{C_2} = 24,3$. Розрахувати константу рівноваги процесу $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Cl}_2 \leftrightarrow 4\text{HCl} + \text{O}_2$.

319. При $T = \text{const}$ відомі константи рівноваги реакцій: $\text{Fe}(\text{г.}) + \text{CO}_2(\text{г.}) \leftrightarrow \text{FeO}(\text{г.}) + \text{CO}(\text{г.})$, $K_{C_1} = 215$; $\text{Fe}(\text{г.}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г.}) \leftrightarrow \text{FeO}(\text{г.}) + \text{H}_2(\text{г.})$, $K_{C_2} = 163$. Розрахувати константу рівноваги процесу $\text{H}_2(\text{г.}) + \text{CO}_2(\text{г.}) \leftrightarrow \text{CO}(\text{г.}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г.})$.

320. Розрахувати константу рівноваги реакції $3A(\text{г.}) + 4B(\text{г.}) \leftrightarrow C(\text{г.}) + 2D(\text{г.})$, якщо відомі ($T = \text{const}$) рівноважні концентрації: $[A] = 0,05$ моль/л; $[B] = 0,21$ моль/л; $[C] = 0,94$ моль/л; $[D] = 0,77$ моль/л. Визначити вихідні концентрації речовин A та B .

321. Для реакції ($T = \text{const}$) $2\text{NF}_3(\text{г.}) + 3\text{H}_2(\text{г.}) \leftrightarrow 6\text{HF}(\text{г.}) + \text{N}_2(\text{г.})$ визначити рівноважну концентрацію гідроген флуориду та вихідні концентрації реагентів, якщо $[\text{NF}_3] = 0,86$ моль/л; $[\text{H}_2] = 0,43$ моль/л; $[\text{N}_2] = 1,24$ моль/л.

322. Для реакції ($T = \text{const}$) $4\text{NH}_3(\text{г.}) + 3\text{O}_2(\text{г.}) \leftrightarrow 2\text{N}_2(\text{г.}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{г.})$ визначити рівноважну концентрацію азоту та вихідні концентрації реагентів, якщо $[\text{NH}_3] = 0,37$ моль/л; $[\text{O}_2] = 1,74$ моль/л; $[\text{H}_2\text{O}] = 3,78$ моль/л.

323. Константа рівноваги реакції ($T = \text{const}$) $2\text{NO}(\text{г.}) + \text{O}_2(\text{г.}) \leftrightarrow 2\text{NO}_2(\text{г.})$ дорівнює 2,5. Рівноважні концентрації складають $[\text{NO}_2] = 0,05$ моль/л; $[\text{NO}] = 0,04$ моль/л. Визначити вихідні концентрації NO та O_2 .

324. Розрахувати рівноважні концентрації газоподібних речовин для реакції $\text{NiO}(\text{г.}) + \text{CO}(\text{г.}) \rightarrow \text{Ni}(\text{г.}) + \text{CO}_2(\text{г.})$, якщо $K_C = 16$ та $C_{\text{CO вих}} = 2$ моль/л.

325. Визначити K_C для реакції $2\text{N}_2(\text{г.}) + 3\text{H}_2(\text{г.}) \leftrightarrow 2\text{NH}_3(\text{г.})$, якщо $\Delta G^0(\text{NH}_3) = -16,64$ кДж/моль.

326. Константа рівноваги K_P реакції $2\text{CO}_2(\text{г.}) \leftrightarrow 2\text{CO}(\text{г.}) + \text{O}_2(\text{г.})$ при 1000 К дорівнює $3,7 \cdot 10^{-16}$. Визначити K_C і ΔG^0 реакції.

327. Константа рівноваги K_P реакції $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{кр.}) \leftrightarrow \text{NH}_3(\text{г.}) + \text{HCl}(\text{г.})$ при 25 °С дорівнює $1,01 \cdot 10^{-11}$ Па, $\Delta H_{\text{реак}}^0 = 177,1$ кДж/моль. Визначити термодинамічні характеристики процесу (ΔG_{298}^0 і ΔS_{298}^0).

328. Реакція синтезу амоніаку $\text{N}_2(\text{г.}) + 3\text{H}_2(\text{г.}) \leftrightarrow 2\text{NH}_3(\text{г.})$ відбувається при температурі 723 К. Константа рівноваги при цій температурі дорівнює $K_P = 5,34 \cdot 10^{-8}$. Визначити парціальний тиск амоніаку, якщо парціальні тиски азоту та водню відповідно дорівнюють 65717 і 20380 Па. Знайти K_C реакції.

329. Розрахувати K_C і K_P реакції $\text{PCl}_5(\text{г.}) \leftrightarrow \text{PCl}_3(\text{г.}) + \text{Cl}_2(\text{г.})$ при $T = 500$ К, якщо на момент рівноваги продисоціювало 54 % PCl_5 , а вихідна концентрація PCl_5 дорівнювала 1 моль/л.

330. При 873 К константа рівноваги K_C реакції $\text{CO}(\text{г.}) + \text{Cl}_2(\text{г.}) \leftrightarrow \text{COCl}_2(\text{г.})$ дорівнює 12,12. Визначити K_P і ΔG^0 реакції.

331. Визначити, чи буде при 525 К відбуватися реакція $4\text{HCl}(\text{г.}) + \text{O}_2(\text{г.}) \leftrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{г.}) + 2\text{Cl}_2(\text{г.})$, якщо $K_P = 4,84 \cdot 10^{-3}$, а парціальні тиски реагуючих речовин такі: $P_{\text{HCl}} = P_{\text{O}_2} = 10^5$ Па; $P_{\text{H}_2\text{O}} = P_{\text{Cl}_2} = 10^4$ Па.

332. Константа рівноваги реакції $2\text{HI}(\text{г.}) \leftrightarrow \text{H}_2(\text{г.}) + \text{I}_2(\text{г.})$ при 360 °С дорівнює $K_C = 1,01$; $\Delta H_{\text{утв}}^0(\text{HI}) = 25,94$ кДж/моль. Визначити термодинамічні характеристики процесу ($\Delta G_{\text{реак}}^0$ і $\Delta S_{\text{реак}}^0$).

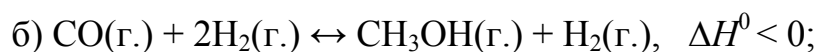
333. Визначити K_P реакції $2\text{NO}(\text{г.}) + \text{Cl}_2(\text{г.}) \leftrightarrow 2\text{NOCl}(\text{г.})$ при 298 К за наведеними значеннями:

Речовина	NO	Cl_2	NOCl
ΔH^0 , кДж/моль	90,37	0	53,55
S^0 , Дж/(моль·К)	210,62	223,0	263,6

334. Визначити, чи може при 900 К відбуватися реакція $2\text{SO}_2(\text{г.}) + \text{O}_2(\text{г.}) \leftrightarrow 2\text{SO}_3(\text{г.})$, якщо $K_p = 2,043 \cdot 10^{-2}$ Па, а парціальні тиски реагуючих речовин такі: $P_{\text{SO}_3} = 1,5 \cdot 10^{-4}$ Па; $P_{\text{SO}_2} = 3 \cdot 10^{-4}$ Па; $P_{\text{O}_2} = 10^{-4}$ Па.

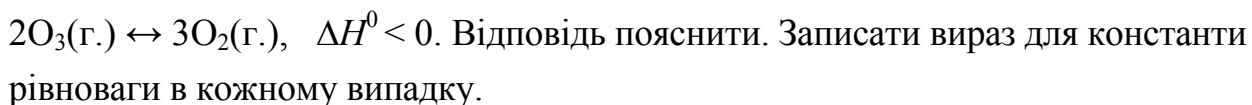
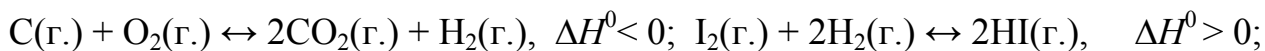
335. Визначити константу рівноваги реакції $\text{CO}(\text{г.}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г.}) \leftrightarrow \text{CO}_2(\text{г.}) + \text{H}_2(\text{г.})$ при стандартній температурі та при 1000 К. За яких умов збільшується вихід водню?

336. Користуючись принципом Ле Шательє, визначити, чи збільшиться вихід продуктів при одночасному підвищенні температури та зменшенні тиску для реакцій:



337. Користуючись принципом Ле Шательє, визначити, у якому напрямку зміститься рівновага в наступних системах при підвищенні тиску ($T = \text{const}$): $2\text{Fe}(\text{г.}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{г.}) \leftrightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{г.}) + 3\text{H}_2(\text{г.})$; $\text{CO}_2(\text{г.}) + \text{N}_2(\text{г.}) \leftrightarrow \text{C}(\text{г.}) + 2\text{N}_2\text{O}(\text{г.})$; $\text{C}_3\text{H}_8(\text{г.}) + 5\text{O}_2(\text{г.}) \leftrightarrow 3\text{CO}_2(\text{г.}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{г.})$. Відповідь пояснити. Записати вираз для константи рівноваги в кожному випадку.

338. Користуючись принципом Ле Шательє, визначити, чи збільшиться вихід продуктів, якщо зменшити температуру та тиск у системах:



339. Передбачити оптимальну зміну термодинамічних параметрів T і P для збільшення виходу продуктів у системах: $\text{Br}_2(\text{г.}) + \text{H}_2(\text{г.}) \leftrightarrow 2\text{HBr}(\text{г.})$, $\Delta H^0 < 0$; $\text{PCl}_5(\text{г.}) \leftrightarrow \text{PCl}_3(\text{г.}) + \text{Cl}_2(\text{г.})$, $\Delta H^0 > 0$; $\text{N}_2(\text{г.}) + 3\text{H}_2(\text{г.}) \leftrightarrow 2\text{NH}_3(\text{г.})$, $\Delta H^0 < 0$.

340. Розрахувати рівноважні концентрації газоподібних речовин для реакції $\text{LiH}(\text{г.}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г.}) \leftrightarrow \text{LiOH}(\text{рід.}) + \text{H}_2(\text{г.})$; $K_C = 2,21$ при $T = \text{const}$, якщо вихідна концентрація H_2O дорівнювала 0,75 моль/л.

341. При сталій температурі відбувається реакція $2\text{NO}_2(\text{г.}) \leftrightarrow \text{N}_2\text{O}_4(\text{г.})$, $K_C = 0,32$. Розрахувати рівноважні концентрації всіх речовин, якщо вихідна кількість NO_2 складала 1,15 моля, об'єм реактора дорівнює 5,75 л.

342. Визначити константу рівноваги реакції

$4\text{HCl}(\text{г.}) + \text{O}_2(\text{г.}) \leftrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{г.}) + 2\text{Cl}_2(\text{г.})$, якщо вихідні кількості реагентів були 2,4 моля HCl та 1,2 моля O_2 , а в момент рівноваги при $T = \text{const}$ залишилось 0,8 моля HCl , який не прореагував. Об'єм реактора 4 л.

343. Розрахувати константу рівноваги реакції $\text{N}_2(\text{г.}) + 3\text{H}_2(\text{г.}) \leftrightarrow 2\text{NH}_3(\text{г.})$, якщо при деякій температурі у реактор об'ємом 10 л введено 0,05 моля N_2 та 0,52 моля H_2 , а на момент рівноваги утворилось 0,04 моля амоніаку.

344. У реакторі об'ємом 0,5 л відбувається реакція $\text{CH}_4(\text{г.}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г.}) \leftrightarrow \text{CO}(\text{г.}) + 3\text{H}_2(\text{г.})$. Визначити константу рівноваги, якщо в початковий момент було 0,05 моля CH_4 та 0,04 моля H_2O , а на момент рівноваги прореагувало 50 % вихідної кількості метану.

345. При деякій температурі відбувається реакція $\text{CS}_2(\text{г.}) + \text{O}_2(\text{г.}) \leftrightarrow 2\text{SO}_2(\text{г.}) + \text{CO}_2(\text{г.})$. Розрахувати константу рівноваги та вихідні концентрації реагентів, якщо у стані рівноваги кількості речовин склали 0,5; 0,3 та 0,6 моля відповідно для CS_2 , O_2 та CO_2 , а об'єм реактора 0,5 л.

346. У реактор об'ємом 11,42 л для проведення реакції $2\text{SO}_2(\text{г.}) + \text{O}_2(\text{г.}) \leftrightarrow 2\text{SO}_3(\text{г.})$ введені 2,43 моля SO_2 та 2,17 моля O_2 . У момент рівноваги кількість SO_2 зменшилася на 1,85 моля. Визначити константу рівноваги.

347. Враховуючи, що для реакції $4\text{HCl}(\text{г.}) + \text{O}_2(\text{г.}) \leftrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{г.}) + 2\text{Cl}_2(\text{г.})$ $\Delta H^0_{\text{реак}}$ та $\Delta S^0_{\text{реак}}$ не залежать від температури, знайти температуру, при якій константа рівноваги цієї реакції дорівнює одиниці.

348. Стандартна зміна енергії Гіббса для реакції $A + 2B \leftrightarrow AB$ при 298 К дорівнює 8 кДж/моль. Вихідні концентрації $C_{A \text{ вих}} = C_{B \text{ вих}} = 1$ моль. Знайти константу рівноваги реакції та рівноважні концентрації всіх речовин.

349. Користуючись таблицями, визначити константи рівноваги наступних реакцій при 298 К та при 1000 К (залежністю $\Delta H^0_{\text{реак}}$ і $\Delta S^0_{\text{реак}}$ від температури нехтувати): 1) $\text{CO}_2(\text{г.}) + \text{C}(\text{графіт}) \leftrightarrow 2\text{CO}(\text{г.})$; 2) $\text{CO}(\text{г.}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г.}) \leftrightarrow \text{CO}_2(\text{г.}) + \text{H}_2(\text{г.})$. В який бік буде зміщуватись рівновага в реакції (2) при збільшенні тиску у два рази?

350. У реакторі об'ємом 0,5 л відбувається реакція $\text{CH}_4(\text{г.}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г.}) \leftrightarrow \text{CO}(\text{г.}) + 3\text{H}_2(\text{г.})$. Визначити константу рівноваги, якщо в початковий момент було 0,1 моля CH_4 та 0,2 моля H_2O , а на момент рівноваги прореагувало 60 % вихідної кількості метану.

8. СКЛАД І ПРИГОТУВАННЯ РОЗЧИНІВ

Розчини – гомогенна термодинамічно стійка система змінного складу, яка містить два або більше компонентів, між якими можуть відбуватися фізична та хімічна взаємодії. Кількісний склад розчинів виражають концентрацією або часткою. Концентрація – це співвідношення неоднотипних величин. Вона має розмірність моль/л, г/л (об'ємні концентрації) або моль/г, моль/кг (масові концентрації). Відношення однотипних величин називається часткою. Частка – безрозмірна величина.

Використовують масові (ω_i) і мольні (x_i) частки, які знаходять за формулами:

$$\omega_i = m_i / \Sigma m_i; \quad x_i = n_i / \Sigma n_i;$$

молярні (C_M , моль/л, M), нормальні або еквівалентні (C_n , моль екв/л, н., N) і моляльні (C_m , моль/кг) концентрації, які розраховуються за формулами:

$$C_M = n_i / V; \quad C_n = n_{i \text{ екв}} / V; \quad C_m = 1000 n_i / m = 1000 m_i / M_i m,$$

де n_i – кількість молів розчиненої речовини, моль; $n_{i \text{ екв}}$ – кількість молів еквівалентів розчиненої речовини, моль; V – об'єм розчину, л; m_i і M_i – маса і молярна маса розчиненої речовини, г, г/моль; m – маса розчинника, г; 1000 – кількість в одному кілограмі.

Приклад 1. Розрахувати нормальність, моляльність, мольну частку та молярну концентрацію 20%-го розчину HCl ($\rho = 1,1$ г/мл).

Розв'язання

1. $C_n(\text{HCl})$ – ? $C_M(\text{HCl})$ – ?

Один літр 20%-го розчину має масу $1000 \cdot 1,1 = 1100$ г, в ньому міститься $1100 \cdot 20 / 100 = 220$ г HCl, або $220 / 36,5 = 6,03$ моля HCl, тобто $C_M(\text{HCl}) = 6,03$ моль/л.

$C_n(\text{HCl}) = C_M(\text{HCl})$, тому що молярна маса еквівалента й молярна маса для HCl збігаються.

2. $C_m(\text{HCl})$ – ?

На 80 г води припадає 20 г HCl, або $20 / 36,5$ моль HCl, звідси моляльна концентрація розраховується згідно з формулою

$$C_m(\text{HCl}) = \frac{20 \cdot 1000}{36,5 \cdot 80} = 6,85 \text{ г/1000 г H}_2\text{O}.$$

3. $x(\text{HCl})$ – ?

$$x(\text{HCl}) = \frac{\frac{20}{36,5}}{\frac{20}{36,5} + \frac{80}{18}} = 0,11.$$

Відповідь: $C_n(\text{HCl}) = 6,03$ моль/л; $C_M(\text{HCl}) = 6,03$ моль/л;

$C_m(\text{HCl}) = 6,85$ г/1000 г H_2O ; $x(\text{HCl}) = 0,11$.

Приклад 2. Скільки мілілітрів 12%-го розчину натрій гідроксиду ($\rho = 1,135$ г/мл) потрібно для приготування 210 мл 4,5%-го розчину NaOH ($\rho = 1,05$ г/мл)?

Розв'язання

1. m (210 мл розчину NaOH) – ?

$$m = V\rho = 210 \text{ мл} \cdot 1,05 \text{ г/мл} = 220,5 \text{ г}.$$

2. m (NaOH) у 220,5 г розчину – ?

100 г розчину – 4,5 г NaOH;

220,5 г розчину – x г NaOH;

$$x = (220,5 \cdot 4,5) / 100 = 9,9 \text{ г NaOH}.$$

3. m (12%-го розчину NaOH), необхідна для приготування кінцевого розчину – ?

100 г 12%-го розчину – 12 г NaOH;

x г 12%-го розчину – 9,9 г NaOH;

$$x = (100 \cdot 9,9) / 12 = 82,8 \text{ г 12 \% -го розчину NaOH}.$$

4. V (12%-го розчину NaOH), необхідний для приготування кінцевого розчину – ?

$$V = m/\rho = 82,5 / 1,135 = 71,7 \text{ мл}.$$

Відповідь: для приготування кінцевого розчину необхідно 71,7 мл вихідного розчину.

Задачі

351. Яку масу кристалогідрату $\text{FeSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ і який об'єм води потрібно взяти для приготування розчину масою 0,5 кг, для якого $\omega(\text{FeSO}_4) = 5 \%$?

352. Визначити кількість $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ і води, яка необхідна для приготування 10 кг 6,84%-го розчину купрум (II) хлориду.

353. Необхідно приготувати 1000 г 20%-го розчину солі. Скільки грамів її кристалогідрату та води треба взяти, якщо відомо, що в 239,5 г цього кристалогідрату солі міститься на 79,5 г більше, ніж води?

354. При випаровуванні розчину натрій сульфату сіль виділяється у вигляді кристалогідрату $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Яку масу кристалогідрату можна одержати з розчину об'ємом 200 мл з масовою часткою натрій сульфату 15 %, густина якого становить 1,14 г/мл?

355. Обчислити кількість кристалогідрату магній сульфату $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, яку потрібно розчинити в 279 г води, щоб одержати 20%-й розчин магній сульфату.

356. Обчислити кількість води, в якій потрібно розчинити 960 г солі, яка містить 84,58 % кристалогідрату магній хлориду $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ при 80 °С, щоб утворився насичений розчин магній хлориду (розчинність $\text{MgCl}_2 = 66,0$ г у 100 г розчинника).

357. Визначити необхідні для приготування 150 г 10%-го розчину CuSO_4 при кімнатній температурі масу (г) кристалогідрату $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ та об'єм (мл) води.

358. Визначити масу 4%-го розчину купрум (II) сульфату, в якому необхідно розчинити 200 г мідного купоросу, щоб одержати 16%-й розчин купрум (II) сульфату.

359. Кристалогідрат ферум (III) нітрату $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ масою 60,6 г розчинили у воді масою 250 г. Визначити масову частку ферум (III) нітрату в одержаному розчині.

360. Якої маси кристалогідрат $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ необхідно взяти для приготування розчину об'ємом 0,5 л ($\rho = 1,090$ г/мл), в якому масова частка BaCl_2 складає 0,1 (10%-й розчин)?

361. До 0,8 л розчину натрій гідроксиду ($\omega = 30$ %, $\rho = 1328$ кг/м³) додали 0,4 л розчину натрій гідроксиду ($\omega = 14$ %, $\rho = 1153$ кг/м³). Обчислити густину одержаного розчину і масову частку NaOH .

362. Обчислити об'єм сульфур (VI) оксиду (н.у.), який потрібно розчинити в 1009 г води, щоб утворився 2%-й розчин сульфатної кислоти.

363. До 0,05 л розчину MnCl_2 ($\omega = 8 \%$, $\rho = 1085 \text{ кг/м}^3$) додали 0,2 л розчину LiOH , масова частка якого 10% ($\rho = 1107 \text{ кг/м}^3$). Яка речовина взята в надлишку і в якій кількості вона залишиться?

364. Густина розчину Na_2CO_3 дорівнює 1102 кг/м^3 . Із 34 л цього розчину під дією гідроген хлориду одержано 66,6 л CO_2 (н.у.). Обчислити масову частку (%) Na_2CO_3 у розчині.

365. Змішати два розчини, в яких $\omega(\text{KOH})$ дорівнює 9 і 12 %. Маса першого розчину 120 г, другого 380 г. Визначити масову частку KOH в одержаному розчині.

366. Який об'єм розчину HNO_3 масовою часткою 30 % ($\rho = 1180 \text{ кг/м}^3$) потрібний для приготування 20 л 0,5 М розчину цієї кислоти?

367. Розчин, що містить 5 г метилбензену в 225 г бензену, має $\rho = 0,876 \text{ г/мл}$. Обчислити масову частку і молярну концентрацію цього розчину.

368. До 100 мл 96%-го розчину H_2SO_4 додали 400 мл води. Утворився розчин з $\rho = 1,225 \text{ г/мл}$. Чому дорівнює масова частка та молярна концентрація еквівалента (нормальність) розчину?

369. Яка кількість мілілітрів 16%-го розчину NaOH ($\rho = 1,03 \text{ г/мл}$) необхідна для взаємодії з 7,6 л H_2S , якщо відомо, що при цьому утворюється NaHS ? Об'єм виміряно при 15°C та 96 кПа.

370. Обчислити кількість води, в якій можна розчинити 44,8 л гідроген хлориду (н.у.), щоб одержати 14,6%-й розчин хлоридної кислоти.

371. Який об'єм 0,1 н. розчину $\text{Ca}(\text{OH})_2$ необхідно додати до 162 г 5%-го розчину $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ для утворення кальцій карбонату?

372. Яким об'ємом 4 н. розчину H_2SO_4 можна повністю розкласти 0,65 л розчину калій карбонату, густина якого 1189 кг/м^3 , а масова частка K_2CO_3 у ньому 20 %? Який об'єм буде займати газ, що виділився (н.у.)?

373. Розрахувати об'єм SO_2 (н.у.), який можна одержати при дії 0,05 л 0,85 н. розчину H_2SO_4 на розчин K_2SO_3 .

374. Який об'єм розчину фосфатної кислоти з масовою часткою H_3PO_4 36 % ($\rho = 1216 \text{ кг/м}^3$) необхідний для приготування 13 л 0,15 н. розчину H_3PO_4 ?

375. Визначити об'єм сантинормального розчину, який можна приготувати з солі, утвореної внаслідок взаємодії 30 мл 0,05 М барій карбонату з надлишком хлоридної кислоти.

376. До 50 мл розчину натрій карбонату додали надлишок сульфатної кислоти. При цьому утворилося 560 мл газу (н.у.). Визначити нормальну концентрацію розчину соди.

377. Який об'єм розчину сульфатної кислоти з масовою часткою H_2SO_4 96 % ($\rho = 1835 \text{ кг/м}^3$) треба взяти для приготування 5 л 0,5 н. розчину H_2SO_4 ?

378. До якої маси 20%-го розчину калій гідроксиду необхідно додати 10 мл 1 М розчину КОН і води для утворення 20 мл 2 н. розчину?

379. У лабораторії є розчин калій нітрату невідомої концентрації. Для її визначення 200 мл розчину випарили, утворений залишок висушили і прожарили до сталої маси. При прожарюванні виділилося 0,224 л газу (н.у.). Обчислити нормальну концентрацію вихідного розчину солі.

380. Яка була маса $\text{Al}(\text{OH})_3$, якщо на його розчинення витратили 0,2 л розчину нітратної кислоти ($\omega = 30 \%$, $\rho = 1180 \text{ кг/м}^3$)? Який об'єм 2,5 н. розчину КОН необхідно витратити для розчинення цієї кількості $\text{Al}(\text{OH})_3$?

381. Визначити титр розчину калій гідроксиду, якщо відомо, що при нейтралізації цього лугу до 10 мл його розчину долили 15 мл 1 н. розчину H_2SO_4 . Кислота опинилася в надлишку, і для її нейтралізації витратили 1 мл 0,1 М розчину натрій гідроксиду.

382. До 2 л 5%-го розчину $\text{Ba}(\text{OH})_2$ густиною 1,04 г/мл додали 1 л 0,05 М розчину $\text{Ba}(\text{OH})_2$ густиною 1,08 г/мл. Суміш розбавили водою до 5 л. Обчислити нормальність і титр утвореного розчину.

383. При 20 °С змішано 0,7 л бензену C_6H_6 і 0,8 л метилбензену $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$. Обчислити молярні частки кожної з речовин в одержаному розчині. Густини бензену та метилбензену відповідно дорівнюють 879 і 867 кг/м^3 .

384. Розрахувати молярність неводного розчину ртуті (II) хлориду, одержаного змішуванням 9,98 г розчиненої речовини і 120 мл етанолу з густиною 785 г/л. Обчислити молярність розчину та його титр.

385. Обчислити мольні частки глюкози $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ та води в розчині з масовою часткою глюкози 36 %.

386. Визначити об'єм розчину 1,2 *M* NaOH, який необхідний для повного осадження заліза у вигляді гідроксиду з розчину масою 300 г з масовою часткою ферум (III) хлориду 12 %.

387. Після випаровування 5 л 2 н. розчину калій гідроксиду KOH одержано 2 л розчину. Скільки мілілітрів цього розчину необхідно для нейтралізації 10 мл 4%-го розчину H₂SO₄? Густина 4%-го розчину H₂SO₄ складає 1,02 г/мл.

388. Обчислити молярну масу еквівалента двохосновної кислоти, в 12,5 н. розчині якої масова частка 37 %, а $\rho = 1664 \text{ кг/м}^3$. Яка це кислота? Чому дорівнюють молярна концентрація, молярність і титр розчину цієї кислоти?

389. Водний розчин містить 577 г H₂SO₄ в 1 л. Густина розчину 1335 кг/м³. Обчислити масову частку (%) H₂SO₄ у розчині, а також молярну концентрацію, молярну концентрацію еквівалента, молярність і молярні частки H₂SO₄ та H₂O.

390. Обчислити молярну концентрацію еквівалента, молярну концентрацію і молярність розчину, в якому масова частка CuSO₄ дорівнює 10 %. Густина розчину складає 1107 кг/м³.

391. Яка кількість мілілітрів 8%-го розчину H₂SO₄ ($\rho = 1,055 \text{ г/см}^3$) необхідна для приготування 5 л 0,1 н. розчину?

392. Для повної нейтралізації 1 г деякої двохосновної кислоти необхідно було 111,1 мл 0,2 н. розчину натрій гідроксиду. Визначити молярну масу кислоти.

393. Який об'єм розчину хлоридної кислоти, в якому масова частка HCl складає 4 % ($\rho = 1664 \text{ кг/м}^3$), необхідно додати до 0,5 л 0,02 н. розчину AgNO₃ для повного осадження іона Ag⁺ у вигляді AgCl?

394. Гідроген хлорид розчинений в 1 л води. На нейтралізацію 10 мл утвореного розчину витратили 5 мл 0,1 *M* розчину натрій гідроксиду. Скільки літрів гідроген хлориду розчинено і яка нормальна концентрація утвореного розчину?

395. Яку кількість грамів 5%-го розчину AgNO₃ необхідно взяти для проведення обмінної реакції із 120 мл 0,6 н. розчину BaCl₂?

396. Є суміш натрій карбонату та натрій гідрокарбонату. На нейтралізацію 20 мл розчину цієї суміші використано 5 мл 1 н. розчину натрій гідроксиду.

Після випаровування утвореного розчину і висушування надлишку на повітрі до сталої маси одержано 2,86 г кристалогідрату $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Який склад суміші у відсотках?

397. Визначити масову частку сульфатної та нітратної кислот у розчині, якщо при додаванні до 200 г цього розчину барій хлориду виділилося 46,6 г осаду.

398. Змішали 100 г 13%-го розчину аргентум нітрату та 100 г 13%-го розчину натрій хлориду. Визначити масові частки речовин в утвореному розчині.

399. Для повної нейтралізації 15,4 г суміші натрій гідроксиду та вапняного молока витратили 50 г 29,2%-го розчину хлоридної кислоти. Визначити склад вихідної суміші у відсотках.

400. Змішані 100 мл 20%-го розчину сульфатної кислоти та 400 г 5,2%-го розчину барій хлориду BaCl_2 . Визначити кількість утвореного осаду та концентрацію речовин, що перебувають у розчині після відокремлення осаду.

9. РОЗЧИНИ НЕЕЛЕКТРОЛІТІВ

Залежність властивостей розбавлених розчинів неелектролітів від концентрації виражається наступними рівняннями:

1. Відносне зниження тиску насиченої пари розчинника над розчином дорівнює мольній частці розчиненої речовини (I закон Рауля):

$$\Delta P = P_0 \frac{m}{N + n}; \quad \Delta P = P_0 - P_1,$$

де P_1 – парціальний тиск насиченої пари розчинника над розчином; P_0 – тиск насиченої пари над чистим розчинником; n – кількість молів розчиненої речовини; N – кількість молів розчинника.

2. Зниження температури кристалізації розчину і підвищення температури кипіння розчину пропорційні моляльній концентрації розчиненої речовини (II закон Рауля):

$$\Delta t_{\text{кр}} = K_{\text{кр}} C_m, \quad \Delta t_{\text{кр}} = \frac{K_{\text{кр}} 1000 m_i}{m M_i}, \quad \Delta t_{\text{кип}} = K_{\text{еб}} m, \quad \Delta t_{\text{кип}} = \frac{K_{\text{еб}} 1000 m_i}{m M_i},$$

де $\Delta t_{\text{кр}}$ – зниження температури кристалізації; $\Delta t_{\text{кип}}$ – підвищення температури кипіння; $K_{\text{кр}}$ – криоскопічна стала розчинника; $K_{\text{еб}}$ – ебуліоскопічна стала розчинника; C_m – моляльна концентрація розчиненої речовини; m_i – маса роз-

чиненої речовини, г; m – маса розчинника, г; M_i – молярна маса розчиненої речовини, г/моль.

Осмотичний тиск розчину визначають згідно з законом Вант-Гоффа:

$$P_{\text{осм}} = C_M RT, \quad P_{\text{осм}} = \frac{nRT}{V},$$

де C_M – молярна концентрація розчину, моль/л; R – універсальна газова стала 8,31 Дж/(моль·К); T – температура, К; n – кількість розчиненої речовини, моль; V – об'єм розчину, л.

Приклад 1. Розчин камфори масою 0,552 г в етері масою 17 г закипає при температурі на 0,461 °С вищій, ніж температура кипіння чистого етеру. Ебуліоскопічна константа етеру $K_{\text{еб}} = 2,16$ °С. Визначити молярну масу камфори.

Розв'язання

Використаємо ебуліоскопічний закон Рауля $\Delta t = K_{\text{еб}} C_m = \frac{K_{\text{еб}} 1000 m_i}{m M_i}$,

де m_i і m – маси камфори та етеру відповідно, M_i – молярна маса камфори; звідки

$$M = \frac{K_{\text{еб}} 1000 m_i}{\Delta t_{\text{кип}} m} = \frac{2,16 \cdot 1000 \cdot 0,552}{0,461 \cdot 17} = 155,14 \text{ г/моль.}$$

Відповідь: молярна маса камфори дорівнює 155,14 г/моль.

Приклад 2. Розчин, у 100 мл якого міститься 2,3 г речовини при 298 К, має осмотичний тиск 618,5 кПа. Визначити молярну масу речовини.

Розв'язання:

1. C_M (речовини) – ?

Згідно з законом Вант-Гоффа, запишемо $P_{\text{осм}} = C_M RT$, звідки $C_M = P_{\text{осм}} / RT = 618,5 \cdot 10^3 / 8,3 \cdot 298 = 250 \text{ моль/м}^3 = 0,25 \text{ моль/л}$,

$$\left[\frac{\text{Дж} \cdot \text{моль} \cdot \text{К}}{\text{м}^3 \cdot \text{Дж} \cdot \text{К}} = \frac{\text{моль}}{\text{м}^3} \right].$$

2. M (речовини) – ?

Складемо пропорції:

$$\begin{aligned} 100 \text{ мл} &- 2,3 \text{ г;} \\ 1000 \text{ мл} &- x \text{ г, } x = 23 \text{ г.} \\ 23 \text{ г} &- 0,25 \text{ моля;} \\ x_1 &- 1 \text{ моль, } x_1 = 92 \text{ г/моль.} \end{aligned}$$

Відповідь: молярна маса речовини дорівнює 92 г/моль.

Задачі

401. Визначити осмотичний тиск розчину, що містить 16 г цукрози $C_{12}H_{22}O_{11}$ у 350 г H_2O при 273 К. Густина розчину дорівнює одиниці.

402. Скільки грамів глюкози $C_6H_{12}O_6$ повинно знаходитись у 0,5 л розчину, щоб його осмотичний тиск (при тій самій температурі) був такий же, як і для розчину, в 1 л якого міститься 9,2 г гліцерину $C_3H_5(OH)_3$?

403. До 100 мл 0,5 М водного розчину цукрози $C_{12}H_{22}O_{11}$ додали 300 мл води. Чому дорівнює осмотичний тиск утвореного розчину при 25 °С?

404. При 25 °С осмотичний тиск деякого водного розчину дорівнює 124 кПа. Визначити осмотичний тиск розчину при 0 °С.

405. При 25 °С осмотичний тиск розчину, що містить 2,80 г високомолекулярної сполуки у 200 мл розчину, дорівнює 0,70 кПа. Визначити молярну масу розчиненої речовини.

406. При 20 °С змішують 1 л розчину неелектроліту, осмотичний тиск якого 273,4 кПа, з 3 л розчину неелектроліту, осмотичний тиск якого 486,8 кПа. Знайти осмотичний тиск утвореного розчину.

407. В 1 мл розчину міститься 10^{18} молекул розчиненого неелектроліту. Визначити осмотичний тиск розчину при 298 К.

408. Знайти при 65 °С тиск пари над розчином, що містить 13,68 г цукрози $C_{12}H_{22}O_{11}$ та 90 г H_2O , якщо тиск насиченої пари над водою при тій самій температурі дорівнює 25,0 кПа (187,5 мм рт.ст.).

409. Чому дорівнює тиск насиченої пари над 10%-м розчином карбаміду $CO(NH_2)_2$ при 100 °С?

410. При 315 К тиск насиченої пари над водою дорівнює 8,2 кПа (61,5 мм рт.ст.). На скільки знизиться тиск пари при даній температурі, якщо в 540 г води розчинити 36 г глюкози $C_6H_{12}O_6$?

411. При 293 К тиск насиченої пари над водою дорівнює 2,34 кПа. Скільки грамів гліцерину $C_3H_5(OH)_3$ треба розчинити у 180 г води, щоб знизити тиск пари на 133,3 Па?

412. Чому дорівнює тиск пари розчину, що містить: а) цукрозу кількістю 0,1 моля у воді масою 450 г; б) 2,4 моля сечовини $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ у 360 мл води? Тиск пари при тій самій температурі дорівнює 157,3 Па.

413. При якій приблизно температурі замерзає антифриз, утворений змішуванням етиленгліколю і води в рівних об'ємах, $K_{\text{кр}} = 1,86$?

414. Тиск водяної пари при 70 °С дорівнює 31,68 кПа. Знайти зниження тиску пари для розчину глюкози з масовою часткою 11,86 %.

415. Тиск пари етеру при 30 °С дорівнює $8,64 \cdot 10^4$ Па. Яку кількість неелектроліту треба розчинити в 50 молях етеру, щоб знизити тиск пари при даній температурі на 2666 Па?

416. Зниження тиску пари над розчином, що містить 0,4 моля аніліну в 3,04 кг сульфур (IV) карбону, при деякій температурі дорівнює 1003,7 Па. Тиск пари сульфур (IV) карбону при тій самій температурі дорівнює $1,0133 \cdot 10^5$ Па. Визначити молярну масу сульфур (IV) карбону.

417. При деякій температурі тиск пари над розчином, що містить 62 г фенолу $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ у 60 молях етеру, дорівнює $0,507 \cdot 10^5$ Па. Знайти тиск пари етеру при цій температурі.

418. Тиск пари води при 50 °С дорівнює 12334 Па. Визначити тиск пари розчину, що містить 50 г етиленгліколю $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$ у 900 г H_2O .

419. Визначити тиск пари розчинника над розчином, що містить $1,212 \cdot 10^{23}$ молекул неелектроліту в 100 г води при 100 °С. Тиск пари води при 100 °С дорівнює $1,0133 \cdot 10^5$ Па.

420. Визначити молекулярну масу глюкози, якщо тиск водяної пари над розчином 27 г глюкози у 108 г води при 100 °С дорівнює 98775,3 Па.

421. Масова частка неелектроліту у водному розчині дорівнює 63 %. Розрахувати молекулярну масу цього неелектроліту, якщо при 20 °С тиск водяної пари над розчином 1399,40 Па. Тиск пари води при даній температурі дорівнює 2335,42 Па.

422. Тиск пари водного розчину неелектроліту при 80 °С дорівнює 33310 Па. Яка кількість води припадає на 1 моль розчиненої речовини в цьому розчині? Тиск пари води при цій температурі дорівнює 47375 Па.

423. Тиск водяної пари при $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ дорівнює 25003 Па . Визначити тиск водяної пари над розчином, який містить $34,2\text{ г}$ цукру $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ у 90 г води при тій самій температурі.

424. Тиск пари води при $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ дорівнює $1,0133 \cdot 10^5\text{ Па}$. Визначити тиск водяної пари, якщо масова частка сечовини в розчині дорівнює $10\text{ \%}$.

425. Тиск пари розчину, що містить 125 г аніліну $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ у 201 г етеру, при деякій температурі дорівнює 42900 Па . Тиск пари етеру при тій самій температурі 86380 Па . Розрахувати молярну масу етеру.

426. При $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ густина розчину, в якому масова частка цукрози складає $17\text{ \%}$, дорівнює $1,067\text{ г/мл}$. Який осмотичний тиск має цей розчин при тій самій температурі?

427. Маса аніліну $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ у розчині об'ємом 1 л складає $9,3\text{ г}$. Цей розчин при $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ізотонічний з розчином метилового спирту. Чому дорівнює маса метилового спирту CH_3OH у розчині об'ємом 1 л ?

428. Чи будуть при одній і тій самій температурі ізотонічними водні розчини цукрози та гліцерину $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$, в яких їхні масові частки: а) однакові і дорівнюють $1\text{ \%}$; б) неоднакові і дорівнюють $1\text{ \%}$ для цукру та $0,27\text{ \%}$ для гліцерину (для розчинів $\rho = 1\text{ г/мл}$)?

429. Скільки води треба додати до 5 л розчину цукру, щоб знизити його осмотичний тиск від $10,13 \cdot 10^5\text{ Па}$ до $1,013 \cdot 10^5\text{ Па}$?

430. Після розчинення у воді нелеткого неелектроліту тиск пари води при $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ знизився від 47375 до 33310 Па . Знайти співвідношення кількостей води та розчиненого неелектроліту в цьому розчині.

431. В ацетоні $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$ масою 50 г розчинений неелектроліт масою $5,25\text{ г}$. Тиск пари утвореного розчину дорівнює 21854 Па , а для ацетону при тій самій температурі дорівнює 23939 Па . Визначити молярну масу розчиненої речовини.

432. Анілін $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ масою $3,1\text{ г}$ розчинений в $40,2\text{ г}$ етеру. Тиск пари утвореного розчину дорівнює 81390 Па . Тиск пари чистого етеру 86380 Па . Знайти молярну масу етеру.

433. При якій температурі повинні замерзати розчини, утворені розчиненням у воді об'ємом 400 мл: а) цукрози масою 20,52 г; б) глюкози масою 14,4 г, якщо $K_{\text{кр}}(\text{H}_2\text{O}) = 1,86$?

434. Визначити масу цукрози, яку треба розчинити у воді об'ємом 100 мл, щоб знизити температуру її замерзання на $1\text{ }^\circ\text{C}$; підвищити температуру кипіння на $1\text{ }^\circ\text{C}$, якщо $K_{\text{кр}}(\text{H}_2\text{O}) = 1,86$; $K_{\text{еб}}(\text{H}_2\text{O}) = 0,516$.

435. На скільки градусів зменшиться температура замерзання, якщо в бензені масою 100 г розчинити нафталін C_{10}H_8 масою 4 г; $K_{\text{кр}}(\text{C}_6\text{H}_6) = 5,12$?

436. Який розчин, виготовлений з 1 кг води, що містить цукрозу або гліцерин масою по 10 г, замерзає при більш низькій температурі? $K_{\text{кр}}(\text{H}_2\text{O}) = 1,86$. Відповідь обґрунтувати.

437. При розчиненні речовини масою 1 г у воді масою 50 г утворюється розчин неелектроліту, який замерзає при $-0,81\text{ }^\circ\text{C}$. Знайти молярну масу розчиненої речовини ($K_{\text{кр}} = 1,86$).

438. Знайти молярну масу неелектроліту, якщо водний розчин, в якому його масова частка складає 10 %, замерзає при $-1,15\text{ }^\circ\text{C}$; $K_{\text{кр}}(\text{H}_2\text{O}) = 1,86$.

439. Розчин, який містить неелектроліт масою 55,4 г у воді об'ємом 2,5 л, кипить при $100,16\text{ }^\circ\text{C}$. Чому дорівнює відносна молекулярна маса розчиненої речовини ($K_{\text{еб}} = 0,52$)?

440. При розчиненні хлороформу масою 15 г у діетиловому етері масою 400 г температура кипіння останнього знизилась на $0,635\text{ }^\circ\text{C}$. Визначити молярну масу хлороформу; $K_{\text{еб}}(\text{CHCl}_3) = 0,2$.

441. При якій температурі повинен кипіти розчин, що містить неелектроліт кількістю 0,062 моля у воді об'ємом 200 мл при $K_{\text{еб}}(\text{H}_2\text{O}) = 0,52$?

442. Розчин, що містить ацетон ($t_{\text{кип}} = 56,3\text{ }^\circ\text{C}$) масою 100 г та гліцерин масою 2,3 г, кипить при $56,73\text{ }^\circ\text{C}$. Знайти $K_{\text{еб}}$ ацетону.

443. Знайти молекулярну формулу сірки, якщо відомо, що температура кипіння чистого бензену на $0,081\text{ }^\circ\text{C}$ нижча від температури кипіння розчину, який містить сірку масою 0,81 г у бензені масою 100 г; $K_{\text{еб}}(\text{C}_6\text{H}_6) = 2,57$.

444. Із скількох атомів складається молекула йоду в спиртовому розчині, якщо температура кипіння етилового спирту дорівнює $78,3\text{ }^\circ\text{C}$ і підвищується

до 78,59 °С при розчиненні йоду масою 12,7 г у спирті масою 200 г, $K_{\text{еб}}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 1,16$?

445. У радіатор автомобіля налили 9 л води та 2 л метилового спирту ($\rho = 0,8$ г/мл). При якій температурі кристалізується цей розчин? $K_{\text{кр}}(\text{H}_2\text{O}) = 1,86$.

446. Водно-спиртовий розчин, у якому міститься 15 % спирту ($\rho = 0,97$ г/мл), кристалізується при $-10,26$ °С. Знайти молярну масу спирту. $K_{\text{еб}}(\text{H}_2\text{O}) = 0,52$.

447. Температура кипіння водного розчину цукрози $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ дорівнює 101,4 °С. Визначити температуру замерзання цього розчину і масову частку цукрози в ньому. $K_{\text{кр}}(\text{H}_2\text{O}) = 1,86$; $K_{\text{еб}}(\text{H}_2\text{O}) = 0,516$.

448. У 100 г води міститься 4,57 г цукрози $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$. Визначити осмотичний тиск при 273 К і температуру кристалізації розчину. $K_{\text{кр}}(\text{H}_2\text{O}) = 1,86$.

449. Тиск пари води при 10 °С складає 1227,8 Па. В якому об'ємі води треба розчинити 16 г CH_3OH для утворення розчину, тиск пари якого складає 1200 Па при тій самій температурі? Визначити масову частку спирту у відсотках.

450. При якій температурі буде замерзати водний розчин етилового спирту, якщо масова частка $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ $\omega = 10$ %? $K_{\text{кр}}(\text{H}_2\text{O}) = 1,86$.

10. РОЗЧИНИ ЕЛЕКТРОЛІТІВ.

ВИЗНАЧЕННЯ pH РОЗЧИНІВ. ДОБУТОК РОЗЧИННОСТІ

Приклад 1. Визначити pH розчину, якщо концентрація іонів водню в розчині дорівнює $4 \cdot 10^{-3}$ моль/л.

Розв'язання

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg(4 \cdot 10^{-3}) = 2,4.$$

Відповідь: pH розчину дорівнює 2,4.

Приклад 2. Чому дорівнює концентрація гідроксид-іонів у розчині з pH = 10,8?

Розв'язання

$$\begin{aligned} \text{pH} + \text{pOH} &= 14; \text{pOH} = 14 - 10,80 = 3,2; \\ \text{pOH} &= -\lg[\text{OH}^-]; -\lg[\text{OH}^-] = 3,2; \lg[\text{OH}^-] = -3,2. \end{aligned}$$

За таблицею логарифмів знаходимо, що $[\text{OH}^-] = 6,31 \cdot 10^{-4}$ моль/л.

Відповідь: концентрація гідроксид-іонів дорівнює $6,31 \cdot 10^{-4}$ моль/л.

Приклад 3. Визначити рН 0,17 н. розчину CH_3COOH , константа дисоціації якої дорівнює $1,75 \cdot 10^{-5}$.

Розв'язання

1. α – ?

$$\text{Для слабких електролітів } \alpha = \sqrt{\frac{K_d}{C}}; \alpha = \sqrt{\frac{1,75 \cdot 10^{-5}}{0,17}} = \sqrt{10^{-4}} = 10^{-2}.$$

2. рН – ?

Визначаємо концентрацію іонів водню: $[\text{H}^+] = Cn\alpha = 0,17 \cdot 1 \cdot 10^{-2} = 0,17 \cdot 10^{-2}$ моль/л.

$$\text{рН} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg 0,17 \cdot 10^{-2} = 2,77.$$

Відповідь: рН розчину дорівнює 2,77.

Приклад 4. Розчинність AgI при 25°C дорівнює $1,22 \cdot 10^{-8}$ моль/л. Визначити добуток розчинності (ДР).

Розв'язання

Сіль у водному розчині дисоціює $\text{AgI} \leftrightarrow \text{Ag}^+ + \text{I}^-$. Концентрація іонів Ag^+ та I^- дорівнює концентрації розчиненої солі:

$$[\text{Ag}^+] = [\text{I}^-] = 1,22 \cdot 10^{-8} \text{ моль/л. } \text{ДР}_{\text{AgI}} = [\text{Ag}^+][\text{I}^-] = (1,22 \cdot 10^{-8})^2 = 1,5 \cdot 10^{-16}.$$

Відповідь: Добуток розчинності AgI дорівнює $1,5 \cdot 10^{-16}$.

Задачі

451. Знайти концентрацію іонів водню та ступінь дисоціації CH_3COOH в 2 н. розчині, якщо $K_d = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

452. Чому дорівнює концентрація гідроксид-іонів у розчині, якщо рН дорівнює 10,8?

453. Визначити концентрацію іонів водню H^+ в 0,2 М розчині мурашиної кислоти. Знайти рН цього розчину, якщо $K_d = 2,1 \cdot 10^{-4}$.

454. У трьох літрах насиченого при кімнатній температурі розчину міститься 0,132 г солі PbSO_4 . Визначити добуток розчинності $\text{ДР}_{\text{PbSO}_4}$.

455. Константа дисоціації HF $K_d = 7,4 \cdot 10^{-4}$. Визначити ступінь дисоціації та концентрацію іонів водню в 0,3 М розчині.

456. Чому дорівнює рН $1 \cdot 10^{-10}$ М розчину HCl та $1 \cdot 10^{-10}$ М розчину NaOH ?

457. Знайти рН 0,0184 М розчинів HCl та KOH .

458. рН розчину кислоти дорівнює 5,45. Знайти концентрацію іонів водню, полярність і нормальність розчину, якщо це: а) хлоридна кислота; б) сульфатна кислота.

459. Змішали 350 мл 1,4 М розчину NaOH та 650 мл 1,5 М розчину NaOH. Визначити рН утвореного розчину.

460. Змішали 3 л 0,8 М розчину HCl та 4 л 0,5 М розчину HCl. Знайти концентрацію та рН утвореного розчину.

461. Знайти константу дисоціації слабкої одноосновної кислоти, якщо у 0,01 М розчині її рН = 4.

462. Знайти константу дисоціації слабкої однокислотної основи, якщо у 0,01 М розчині її рН = 10.

463. Знайти константу дисоціації слабкої одноосновної кислоти, якщо $K_d = 1 \cdot 10^{-6}$.

464. Знайти рН 0,01 М розчину слабкої однокислотної основи, якщо $K_d = 1 \cdot 10^{-6}$.

465. Як зміниться концентрація іонів водню та рН 0,2 М розчину CH_3COOH , якщо його розбавити водою в п'ять разів?

466. У 1000 мл насиченого розчину MgNH_4PO_4 міститься 0,0086 г цієї солі. Знайти добуток розчинності солі.

467. Розчинність $\text{Ca}(\text{OH})_2$ у воді при 18 °С дорівнює $8,21 \cdot 10^{-2}$ г у 100 г води. Знайти $\text{ДР}_{\text{Ca}(\text{OH})_2}$. Припустити, що густина розчину дорівнює 1 г/см³.

468. Знайти розчинність фосфату срібла у воді, якщо $\text{ДР}_{\text{Ag}_3\text{PO}_4} = 1,3 \cdot 10^{-20}$.

469. До 100 мл насиченого розчину хлориду срібла підлили 100 мл 0,02 М розчину нітрату срібла. Знайти концентрації іонів Cl^- та Ag^+ у розчині, якщо $\text{ДР}_{\text{AgCl}} = 1,8 \cdot 10^{-10}$.

470. Визначити нормальність і молярність насиченого розчину $\text{Co}(\text{OH})_2$, якщо $\text{ДР}_{\text{Co}(\text{OH})_2} = 1,6 \cdot 10^{-18}$.

471. Визначити $\text{ДР}_{\text{MgNH}_4\text{PO}_4}$, якщо в 300 мл насиченого розчину MgNH_4PO_4 знаходиться $2,58 \cdot 10^{-3}$ г цієї солі.

472. Скільки потрібно води для розчинення 1 г солі CaC_2O_4 , якщо $\text{ДР}_{\text{CaC}_2\text{O}_4} = 2 \cdot 10^{-9}$?

473. Добутки розчинності PbSO_4 і Zn(OH)_2 складають $\text{ДР}_{\text{PbSO}_4} = 1,8 \cdot 10^{-8}$, $\text{ДР}_{\text{Zn(OH)}_2} = 1,0 \cdot 10^{-17}$. Визначити концентрації іонів Pb^{2+} та Zn^{2+} насиченого розчину, г/л.

474. Визначити молярність розчину лугу MeOH , якщо рН дорівнює 11,56 та молярність розчину сильної одноосновної кислоти, якщо рН дорівнює 2,82.

475. Визначити рН розчину, в якому $[\text{OH}^-] = 10^{-5}$ моль/л.

476. Величина рН трьох різних розчинів дорівнює 3, 7 та 12. Чому дорівнюють концентрації іонів H^+ та OH^- у кожному розчині?

477. Визначити рН розчинів сильної одноосновної кислоти з концентрацією:
а) 0,023 М; б) 0,0015 М.

478. Визначити молярність розчину лугу NaOH , якщо відомі значення рН:
а) 11,87; б) 11,26.

479. Визначити рН в 0,002 М розчині кислоти HClO_4 , якщо $K_d = 2,82 \cdot 10^{-8}$.

480. Визначити рН в 0,002 М розчині NH_4OH , якщо $K_d = 5,75 \cdot 10^{-10}$.

481. Визначити рН розчину HNO_3 , якщо в об'ємі 2,5 л міститься 0,0032 моля HNO_3 .

482. Визначити рН: 1) для 0,04 н. розчину сульфатної кислоти; 2) для 0,05 н. розчину KOH (припустити, що в цих випадках дисоціація повна).

483. Визначити молярну концентрацію еквівалента розчину сильної кислоти, якщо рН = 1,6; рН = 3.

484. Визначити молярну концентрацію еквівалента розчину лугу, якщо рН = 11; рН = 10,3.

485. Визначити рН 0,25 н. розчину CH_3COOH , якщо $K_d = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

486. Визначити рН 0,01 н. розчину NH_4OH , якщо $K_d = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

487. Визначити рН 0,005 н. розчину HNO_2 , якщо $K_d = 5 \cdot 10^{-4}$.

488. Виходячи з константи дисоціації слабкого електроліту, визначити рН 0,01 н. розчину HCN , якщо $K_d = 7,2 \cdot 10^{-10}$.

489. Визначити рН 0,01%-го розчину HCl . Густина розчину взяти за одиницю.

490. Визначити рН 0,3%-го розчину оцтової кислоти ($K_d = 1,8 \cdot 10^{-5}$). Густина розчину взяти за одиницю.

491. Визначити рН 0,05%-го розчину NaOH . Густина розчину взяти за одиницю.

492. Визначити полярність розчину мурашиної кислоти, рН якого дорівнює трьом ($K_d = 2,1 \cdot 10^{-4}$).

493. Скільки грамів КОН знаходиться в 10 л розчину, рН якого дорівнює одиниці?

494. Визначити рН 1 М розчину оксалатної кислоти $H_2C_2O_4$ ($K_d = 5,6 \cdot 10^{-2}$).

495. Концентрація іонів OH^- дорівнює 10^{-10} моль/л. Визначити концентрацію іонів H^+ та рН розчину.

496. Після додавання до води кислоти концентрація іонів H^+ збільшилась в 1000 разів. Чому стала дорівнювати концентрація іонів OH^- ?

497. Концентрація іонів H^+ дорівнює 10^{-5} моль/л. Визначити концентрацію іонів OH^- та рОН розчину.

498. Чому дорівнює концентрація H^+ у розчині, якщо $[OH^-] = 10^{-8}$ моль/л при $25^\circ C$?

499. Величина рН розчину дорівнює чотирьом. Що необхідно додати до розчину – кислоту чи луг, щоб збільшити рН до шости; зменшити до двох?

500. Визначити, де рН більше: 1) в 0,1 М розчині HCl чи в 0,1 М розчині CH_3COOH ; 2) в 0,1 М розчині KOH чи в 0,1 М розчині NH_4OH . Виконати розрахунки.

11. ГІДРОЛІЗ СОЛЕЙ

Гідролізом солей називають реакцію обмінної взаємодії речовин з водою. Продукти гідролізу і рН розчинів гідролізованих солей визначаються природою катіонів та аніонів. У результаті цих процесів можуть утворюватися слабкі кислоти та основи, малорозчинні та леткі сполуки. Якщо продукти гідролізу – розчинні речовини, то гідроліз є оборотним процесом; у випадку утворення малорозчинних і летких сполук гідроліз необоротний.

Приклад 1. Визначити константу і ступінь гідролізу для 0,1 М розчину K_3PO_4 . Константи дисоціації H_3PO_4 відповідно дорівнюють: $K_{d1} = 7 \cdot 10^{-3}$, $K_{d2} = 6 \cdot 10^{-8}$, $K_{d3} = 4 \cdot 10^{-13}$.

Розв'язання

1. Рівняння гідролізу солі за першим ступенем:

а) рівняння дисоціації солі $K_3PO_4 \leftrightarrow 3K^+ + PO_4^{3-}$;

б) іонне рівняння гідролізу $PO_4^{3-} + HON \leftrightarrow HPO_4^{2-} + OH^-$;

в) молекулярне рівняння гідролізу $K_3PO_4 + H_2O \leftrightarrow K_2HPO_4 + KOH$;

рН > 7; лужне середовище.

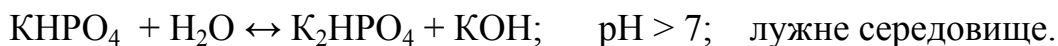
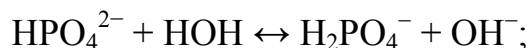
Гідроліз солі K_3PO_4 за першим ступенем пов'язаний з дисоціацією кислоти за третім ступенем ($PO_4^{2-} \leftrightarrow PO_4^{3-} + H^+$) та K_{d3} . Тому константа гідролізу

$$K_r = \frac{K_w}{K_{d3}} = \frac{10^{-14}}{4 \cdot 10^{-13}} = 0,025,$$

де K_w – іонний добуток води.

$$\text{Ступінь гідролізу } \alpha_{r1} = \sqrt{\frac{K_r}{C_{PO_4^{3-}}}} = \sqrt{\frac{0,025}{0,1}} = 0,5 \text{ (50 \%)}.$$

2. Гідроліз солі K_3PO_4 за другим ступенем відбувається за рівняннями:



Гідроліз солі K_3PO_4 за другим ступенем пов'язаний з дисоціацією кислоти

за другим ступенем ($\text{H}_2\text{PO}_4^- \leftrightarrow \text{HPO}_4^{2-} + \text{H}^+$). Константа гідролізу

$$K_{\Gamma} = \frac{K_w}{K_{\text{д}2}} = \frac{10^{-14}}{6 \cdot 10^{-8}} = 1,67 \cdot 10^{-7}.$$

$$\text{Ступінь гідролізу } \alpha_{\Gamma 2} = \sqrt{\frac{K_{\Gamma 2}}{K_{\text{H}_2\text{PO}_4^-}}} = \sqrt{\frac{1,67 \cdot 10^{-7}}{0,1 \cdot 0,5}} = 1,84 \cdot 10^{-3} (0,184 \%).$$

Гідроліз солі K_3PO_4 за третім ступенем не відбувається, тому що гідроксид-іони взаємодіють з утвореною кислотою і перешкоджають утворенню кислоти.

Приклад 2. Гідроліз солі, яка утворена слабкою кислотою та слабкою основою.

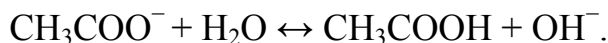
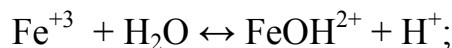
Розв'язання

Гідроліз відбувається по катіону та аніону солі.

Наприклад, при гідролізі ферум (III) ацетату



відбуваються два процеси:



Реакція розчину залежить від відносної сили кислоти та основи, які утворюють сіль. Якщо $K_{\text{кисл}} \approx K_{\text{осн}}$, то катіон та аніон гідролізуються в рівній мірі і рН розчину ≈ 7 . Якщо $K_{\text{кисл}} > K_{\text{осн}}$, то катіон солі гідролізується в більшій мірі, ніж аніон. Реакція розчину солі буде слабкокисла. Якщо $K_{\text{кисл}} < K_{\text{осн}}$, то гідролізу більше підлягає аніон солі і реакція розчину буде слабколужною.

Задачі

501. Написати молекулярні та іонні рівняння гідролізу солей: $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Mg}$, NaHCO_3 , SnCl_2 . Визначити рН розчину.

502. Написати молекулярні та іонні рівняння гідролізу солей: Li_2SO_3 , CuCl_2 , $(\text{NH}_4)_2\text{S}$. Указати рН розчину.

503. Написати молекулярні та іонні рівняння гідролізу солей: Na_3AsO_4 , CoSO_4 , AlCl_3 . Указати pH розчину.

504. Які з солей: FeSO_4 , Na_3PO_4 , NaHCO_3 , NaCl – при розчиненні у воді мають лужне середовище? Відповідь підтвердити рівняннями реакцій.

505. Визначити, які з наведених солей підлягають гідролізу: CoSO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{S}$, CH_3COONa , Na_2SO_4 . Указати pH розчину. Відповідь підтвердити рівняннями реакцій у молекулярній та іонній формах.

506. Написати молекулярні та іонні рівняння гідролізу солей: Na_3PO_4 , FeCl_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$. Указати pH розчину.

507. Написати молекулярні та іонні рівняння гідролізу солей: Na_3PO_4 , MgCl_2 , NH_4Cl . Указати pH розчину.

508. Написати рівняння реакцій гідролізу солі KHCO_3 . Визначити константу гідролізу цієї солі, якщо $K_d = 4,5 \cdot 10^{-7}$. Розрахувати ступінь гідролізу в 0,1 М розчині KHCO_3 .

509. Визначити, які з наведених солей: CuSO_4 , KNO_3 , $\text{Fe}(\text{CH}_3\text{COO})_3$, Na_2CO_3 – підлягають гідролізу і чому. Написати молекулярні та іонні рівняння.

510. Указати pH розчину і написати молекулярні та іонні рівняння гідролізу солей: Cs_2CO_3 , $\text{Fe}(\text{CH}_3\text{COO})_3$, Na_2CO_3 , KNO_3 .

511. Константа дисоціації мурашиної кислоти HCOOH дорівнює $1,77 \cdot 10^{-4}$, а гідроксиду амонію – $1,77 \cdot 10^{-5}$. Розрахувати константу та ступінь гідролізу HCOONH_4 у 0,01 М розчині.

512. Написати молекулярні та іонні рівняння гідролізу солей: CuCl_2 , $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Указати pH розчинів.

513. Написати молекулярні та іонні рівняння гідролізу солей: K_3PO_4 , KNO_3 , CuCl_2 , NH_4CN . Указати pH розчинів.

514. Написати молекулярні та іонні рівняння гідролізу солей: KHS , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$. Указати pH розчинів.

515. Написати в молекулярному та іонному вигляді рівняння ступінчатого гідролізу солей: NiSO_4 , Na_2S , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Указати pH розчинів.

516. Які з солей підлягають гідролізу: $\text{Fe}(\text{CH}_3\text{COO})_3$, CuCl_2 , Al_2S_3 , Na_2SO_4 ? Написати в молекулярному та іонному вигляді рівняння реакцій. Вказати pH розчинів.

517. Написати в молекулярному та іонному вигляді рівняння ступінчатого гідролізу солей: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, Na_2SO_3 , Na_2HPO_4 . Указати pH розчинів.

518. Яка з солей у розчині гідролізується сильніше: Na_2S або $(\text{NH}_4)_2\text{S}$? Відповідь підтвердити, розрахувавши константи гідролізу за першим ступенем. $K_{\text{д}}(\text{H}_2\text{S}) = 3,6 \cdot 10^{-13}$, $K_{\text{д}}(\text{NH}_4\text{OH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

519. Як змінюється ступінь гідролізу з підвищенням температури? Визначити ступінь гідролізу KCN у 0,001 н. розчині, $K_{\text{д}}(\text{HCN}) = 4,9 \cdot 10^{-10}$.

520. Написати в молекулярному та іонному вигляді рівняння гідролізу солей: KCN , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, NaHCO_3 . Указати pH розчинів.

521. Які з перелічених солей підлягають повному гідролізу: $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, Fe_2S_3 , Na_2S , $\text{Cr}(\text{CO}_3)_3$? Написати рівняння реакцій.

522. Як вплине на рівновагу гідролізу солі NH_4Cl додавання NH_4OH ? Розрахувати $K_{\text{г}}(\text{NH}_4\text{Cl})$, якщо $K_{\text{д}}(\text{NH}_4\text{OH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

523. Написати в молекулярному та іонному вигляді рівняння гідролізу солей: CuCl_2 , $\text{Fe}_2(\text{CO}_3)_3$, NaHCO_3 . Указати pH розчинів.

524. Написати рівняння реакцій гідролізу та указати pH розчинів наступних солей: NH_4ClO_3 , HCOONa , Na_2S , KNO_3 .

525. Скласти рівняння реакцій гідролізу солей: $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, K_2CO_3 , NaHS . Визначити константу і ступінь гідролізу солі K_2CO_3 ($C_{\text{солі}} = 0,1$ моль/л; $K_{\text{д1}} = 4,5 \cdot 10^{-7}$, $K_{\text{д2}} = 6,0 \cdot 10^{-11}$).

526. Яке середовище в розчині Na_2S ? Скласти молекулярне та іонне рівняння реакцій. Визначити константу і ступінь гідролізу солі, якщо $C_{\text{солі}} = 0,1$ моль/л; $K_{\text{д1}} = 1,0 \cdot 10^{-7}$, $K_{\text{д2}} = 2,5 \cdot 10^{-13}$.

527. На основі рівнянь гідролізу солей вказати, в розчині якої солі середовище лужне: $\text{Zn}(\text{NO}_3)_3$, Li_2SO_3 , KCl , CuCl_2 . Визначити константу і ступінь гідролізу солі, якщо $C_{\text{солі}} = 0,01$ моль/л; константи дисоціації кислоти $K_{\text{д1}} = 1,6 \cdot 10^{-2}$, $K_{\text{д2}} = 6,3 \cdot 10^{-8}$.

528. У розчині якої солі найбільша концентрація іонів H^+ : $\text{Zn}(\text{NO}_3)_3$, Na_2SO_4 , NaCl , ZnCl_2 , Na_2S ? Скласти можливі молекулярні рівняння реакцій, які відбуваються. Визначити константу і ступінь гідролізу цієї солі, якщо $C_{\text{солі}} = 0,1$ моль/л; $K_{\text{д1}} = 2,04 \cdot 10^{-8}$, $K_{\text{д2}} = 7,59 \cdot 10^{-10}$.

529. Скласти молекулярні та іонні рівняння гідролізу солей: $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, Na_2HPO_4 , CsNO_3 . Визначити pH розчину солей.

530. Скласти молекулярні та іонні рівняння гідролізу солей: $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, Na_2SO_4 , K_3PO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{S}$. Визначити pH розчину солей.

531. Який ступінь гідролізу натрій ацетату в $0,01$ M розчині? Визначити pH цього розчину. $K_{\text{д}}(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

532. Скласти молекулярні та іонні рівняння гідролізу солей: KNO_2 , HCOONa , NaBr . Визначити константу і ступінь гідролізу в $0,1$ M розчині HCOONa , $K_{\text{д}}(\text{HCOOH}) = 1,8 \cdot 10^{-4}$.

533. Скласти молекулярні та іонні рівняння гідролізу солей: NaClO_3 , HCOONH_4 , NaClO . Визначити константу і ступінь гідролізу солі NaClO в $0,1$ M розчині, $K_{\text{д}}(\text{HClO}) = 5,0 \cdot 10^{-8}$.

534. Які з наведених солей підлягають гідролізу: NaClO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $\text{Ba}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, CH_3COOK , KI ? Написати молекулярні та іонні рівняння гідролізу солей. Указати pH розчинів солей.

535. Скласти молекулярні та іонні рівняння гідролізу солей: Na_2SO_3 , Na_2HPO_4 , KI , NH_4Cl , K_2S . Визначити константу гідролізу солі NH_4Cl . Визначити ступінь гідролізу солі в $0,1 \text{ M}$ розчині NH_4Cl і pH розчину, $K_{\text{д}}(\text{NH}_4\text{OH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

536. Скласти рівняння реакцій гідролізу солей: NaNO_2 , NaCl , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, CrCl_3 . Визначити константу і ступінь гідролізу солі NaNO_2 , якщо $C_{\text{солі}} = 0,1 \text{ моль/л}$; $K_{\text{д}}(\text{HNO}_2) = 5,1 \cdot 10^{-4}$.

537. Написати іонні рівняння першого ступеня гідролізу калій карбонату, натрій фосфату та амоній сульфату. В якому випадку ступінь гідролізу найбільший, в якому найменший?

538. Написати іонні та молекулярні рівняння всіх ступенів гідролізу солей: натрій сульфід, алюміній ацетату, ферум (II) сульфату. Чому ступінь гідролізу зменшується на кожному наступному ступені?

539. Визначити константу гідролізу, ступінь гідролізу та pH в $0,1 \text{ M}$ розчинах CH_3COONa та KCN , якщо $K_{\text{д}}(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$, $K_{\text{д}}(\text{HCN}) = 5,1 \cdot 10^{-4}$.

540. Визначити $K_{\text{г}}$, ступінь гідролізу та pH в $0,1 \text{ M}$ розчинах амоній нітрату та амоній хлориду, якщо $K_{\text{д}}(\text{NH}_4\text{OH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

541. Визначити $K_{\text{г}}$, ступінь гідролізу та pH в $0,1 \text{ M}$ розчині $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, якщо $K_{\text{д}}(\text{NH}_4\text{OH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$, $K_{\text{д}}(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

542. Визначити $K_{\text{г}}$, ступінь гідролізу та pH в $0,1 \text{ M}$ розчині NH_4CN , якщо $K_{\text{д}}(\text{NH}_4\text{OH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$, $K_{\text{д}}(\text{HCN}) = 6,2 \cdot 10^{-10}$.

543. Продуктом гідролізу яких солей будуть основні солі: Na_3PO_4 , K_2CO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, ZnCl_2 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$? Відповідь обґрунтуйте молекулярними та іонними рівняннями.

544. У розчинах яких солей $\text{pH} > 7$: Na_2CO_3 , KCl , NH_4Cl , $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ca}(\text{CN})_2$? Відповідь обґрунтуйте молекулярними та іонними реакціями.

545. Яку реакцію середовища показують водні розчини амоній нітрату, калій нітрату, калій ціаніду, амоній ціаніду, амоній ацетату? Вказати причину і написати відповідні рівняння реакцій гідролізу солей.

546. Які з наведених солей підлягають гідролізу (ступінчатому, повному): $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, Al_2S_3 , NaCl , NaClO , K_3PO_4 ? Указати pH розчинів солей.

547. Порівняти гідроліз солей $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ та $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, якщо для першої солі $K_r = 6,3 \cdot 10^{-7}$, а для другої солі $K_r = 4,9 \cdot 10^{-11}$. Скласти рівняння гідролізу та пояснити явище.

548. Які сульфати підлягають гідролізу: Li_2SO_4 , CuSO_4 , Na_2SO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$? Написати можливі рівняння, визначити pH . Які продукти утворюються при змішуванні розчинів $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ та Na_2CO_3 ? Написати рівняння реакцій.

549. Продуктом гідролізу яких солей будуть кислі солі: Na_3PO_4 , K_2CO_3 , $(\text{HN}_4)_2\text{SO}_4$, ZnCl_2 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$? Відповідь обґрунтуйте молекулярними та іонними рівняннями.

550. Визначити K_r , ступінь гідролізу та pH в $0,1 \text{ M}$ розчині CH_3COONa , якщо $K_d(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

12. ОКИСНО-ВІДНОВНІ РЕАКЦІЇ

У задачах № 551–600 згідно з табл.5 виконати наступні завдання.

1. У схемі реакції (1), користуючись методом електронного балансу, підібрати коефіцієнти, вказати окисник і відновник, записати повне молекулярне рівняння реакції. Розрахувати масу відновленої форми окисника, виходячи з умови, що маса відновника (г) чисельно дорівнює номеру задачі.

2. У схемі реакції (2), користуючись методом електронно-іонного балансу, підібрати коефіцієнти, вказати окисник і відновник, записати підсумкове рівняння балансу в іонній формі та повне молекулярне рівняння реакції.

3. У схемі реакції (3), використовуючи дані про стандартні окисно-відновні потенціали систем реагентів (див. табл.6Д), визначити окисник і відновник, указати продукти реакції, підібрати коефіцієнти, записати повне молекулярне рівняння реакції. Розрахувати значення електрорушійної сили E і $\Delta G^0_{\text{реак}}$ окисно-відновного процесу.

Таблиця 5. Схеми окисно-відновних реакцій

Номер задачі	Номер схеми реакції	Схеми реакцій
551	1	$\text{FeCl}_3 + \text{HI} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{I}_2 + \text{HCl}$
	2	$\text{NaBiO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{BiOCl} + \text{NaCl} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{KMnO}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{Cl}_2 + \dots$
552	1	$(\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{NH}_3 + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$
	2	$\text{Ag} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Ag}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{SO}_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NO} + \dots$
553	1	$\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$
	2	$\text{KMnO}_4 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{KClO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{Cl}_2 + \dots$
554	1	$\text{Fe} + \text{CO} \rightarrow \text{Fe}_3\text{C} + \text{CO}$
	2	$\text{HClO}_4 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$
	3	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots$
555	1	$\text{ReS}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{Re}_2\text{O}_7 + \text{SO}_2$
	2	$\text{H}_2\text{S} + \text{HClO} \rightarrow \text{S} + \text{HCl} + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{Si} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \dots$
556	1	$\text{Bi}_2\text{S}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SO}_2$
	2	$\text{KOH} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{KClO}_3 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{H}_2\text{S} + \text{HOCl} \rightarrow \dots$
557	1	$\text{TiO}_2 + \text{C} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{TiCl}_4 + \text{CO}$
	2	$\text{PbS} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{PbSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{KNO}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{KOH} \rightarrow \dots$

Продовж. табл. 5

Номер задачі	Номер схеми реакції	Схеми реакцій
558	1	$\text{H}_2\text{S} + \text{I}_2 \rightarrow \text{S} + \text{HI}$
	2	$\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{KMnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{KOH}$
	3	$\text{FeSO}_4 + \text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NO} + \dots$
559	1	$\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3$
	2	$\text{CaH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2$
	3	$\text{As}_2\text{S}_3 + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{NO} + \dots$
560	1	$\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$
	2	$\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6] + \text{NaOH} + \text{PbO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 +$ $+ \text{Na}_2[\text{Pb}(\text{OH})_4] + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{NaBrO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$
561	1	$\text{CO} + \text{MnO}_2 \rightarrow \text{MnCO}_3$
	2	$\text{Mg} + \text{HNO}_{3(\text{p036})} \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{Zn} + \text{KClO}_3 + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \dots$
562	1	$\text{KClO}_3 \rightarrow \text{KCl} + \text{KClO}_4$
	2	$\text{Sn} + \text{HNO}_{3(\text{p036})} \rightarrow \text{Sn}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{KNO}_3 + \text{Al} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}[\text{Al}(\text{CH})_4] + \text{NH}_4\text{OH} + \dots$
563	1	$\text{KClO}_3 \rightarrow \text{KCl} + \text{KClO}_4$
	2	$\text{Sn} + \text{HNO}_{3(\text{p036})} \rightarrow \text{Sn}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{KNO}_3 + \text{Al} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}[\text{Al}(\text{CH})_4] + \text{NH}_4\text{OH} + \dots$
564	1	$\text{P} + \text{KClO}_3 \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5 + \text{KCl}$
	2	$\text{NaBrO}_3 + \text{NaBr} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Br}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{Cl}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{MnO}_2 + \dots$
565	1	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{C} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{CaSiO}_3 + \text{P} + \text{CO}$
	2	$\text{CuI} + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{I}_2 + \text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{NaBrO}_3 + \text{NaBr} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Br}_2 + \dots$
566	1	$\text{KMnO}_4 + \text{C} \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2$
	2	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_2\text{OH}$
	3	$\text{CrCl}_3 + \text{Br}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \dots$
567	1	$\text{Ag} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Ag}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
	2	$\text{H}_5\text{IO}_6 \rightarrow \text{I}_2\text{O}_5 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{KMnO}_4 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$
568	1	$\text{MnCO}_3 + \text{KClO}_3 \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{KCl} + \text{CO}_2$
	2	$\text{K}_2\text{Se} + \text{NaNO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{SeO}_4 + \text{NaNO}_2$
	3	$\text{C}_2\text{H}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \dots$
569	1	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{PbO} + \text{N}_2 + \text{O}_2$
	2	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{C} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Ca}_2\text{SiO}_4 + \text{P}_4 + \text{CO}$
	3	$\text{NH}_3 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{N}_2 + \dots$

Продовж. табл. 5

Номер задачі	Номер схеми реакції	Схеми реакцій
570	1	$\text{RhF}_6 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{RhF}_3 + \text{ClF}$
	2	$(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{FeS} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \dots$
571	1	$\text{B}(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{B}(\text{OH})_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
	2	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{KNO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{FeO}_4 + \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{HI} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})} \rightarrow \text{S} + \dots$
572	1	$\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Ag} + \text{NO}_3 + \text{O}_2$
	2	$\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{CO}_2$
	3	$\text{FeSO}_4 + \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots$
573	1	$\text{B} + \text{NaOH} + \text{O}_2 \rightarrow \text{NaBO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
	2	$\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{NaNO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{FeSO}_4 + \text{KClO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots$
574	1	$\text{NaH}_3 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{Na}_2 + \text{NH}_4\text{Br}$
	2	$\text{ReCl}_6 + \text{KOH} \rightarrow \text{KReO}_4 + \text{ReO}_2 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{HIO}_3 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \dots$
575	1	$\text{Na}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{SO}_4$
	2	$\text{PbO}_2 + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$
	3	$(\text{NH}_4)_2\text{S} + \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{S} + \dots$
576	1	$\text{Br}_2 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HBr} + \text{H}_2\text{SO}_4$
	2	$\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{KOH}$
	3	$\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6] + \text{Cl}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \dots$
577	1	$\text{Cu} + \text{HNO}_{3(\text{розб})} \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
	2	$\text{FeSO}_4 + \text{HNO}_{3(\text{конц})} \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots$
578	1	$\text{KI} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{I}_2 + \text{KCl}$
	2	$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{KOH} + \text{MnSO}_4 \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{K}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{S} + \dots$
579	1	$\text{HMnO}_4 \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$
	2	$\text{I}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HIO}_3 + \text{HCl}$
	3	$\text{CrCl}_3 + \text{NaClO} + \text{NaOH} \rightarrow \dots$
580	1	$\text{I}_2 + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ba}(\text{IO}_3)_2 + \text{BaI}_2 + \text{H}_2\text{O}$
	2	$\text{Na}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6] + \text{Na}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{KI} \rightarrow \dots$
581	1	$\text{KBrO} \rightarrow \text{KBrO}_3 + \text{KBr}$
	2	$\text{PbS} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{PbSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{NaNO}_2 + \text{Cl}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \dots$

Продовж. табл. 5

Номер задачі	Номер схеми реакції	Схеми реакцій
582	1	$\text{PbS} + \text{O}_2 \rightarrow \text{PbO} + \text{SO}_2$
	2	$\text{NaOCl} + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{NaCl} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \dots$
583	1	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{PbO} + \text{NO} + \text{O}_2$
	2	$\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{KNO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{PH}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \dots$
584	1	$\text{Cl}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{KOC}l + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
	2	$\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{NO}_2 \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{CuS} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots$
585	1	$\text{H}_2\text{S} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{S} + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
	2	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{SnCl}_2 + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6] + \text{Sn}(\text{OH})_2\text{Cl}_2$
	3	$\text{CuS} + \text{KClO}_3 \rightarrow \dots$
586	1	$\text{FeCl}_3 + \text{HI} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{HCl} + \text{I}_2$
	2	$\text{NaIO}_3 + \text{NaI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{FeS} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \dots$
587	1	$\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{S} + \text{H}_2\text{O}$
	2	$\text{Zn} + \text{KNO}_3 + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$
	3	$\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$
588	1	$\text{MnO}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
	2	$\text{CuS} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{NaHS} + \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$
589	1	$\text{Br}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{KBrO}_3 + \text{KBr} + \text{H}_2\text{O}$
	2	$\text{KNO}_2 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NO} + \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{P} + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NO} + \dots$
590	1	$\text{K}_2\text{Mn}_4 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{KMn}_4 + \text{KCl}$
	2	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{K}_2\text{HPO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})} \rightarrow \text{S} + \dots$
591	1	$\text{Co} + \text{HNO}_{3(\text{розб})} \rightarrow \text{Co}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$
	2	$\text{Na}_3\text{AsO}_3 + \text{I}_2 + \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_3\text{AsO}_4 + \text{NaI} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{H}_2\text{S} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NO} + \dots$
592	1	$\text{AgNO}_3 + \text{P} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ag} + \text{HNO}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4$
	2	$\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{O}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{Zn} + \text{KNO}_2 + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NO} + \dots$
593	1	$\text{FeCl}_3 + \text{KI} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{I}_2 + \text{KCl}$
	2	$\text{NaVO}_3 + \text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{VSO}_4 + \text{ZnSO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{KNO}_2 + \text{PbO}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{PbCl}_2 + \dots$

Продовж. табл. 5

Номер задачі	Номер схеми реакції	Схеми реакцій
594	1	$\text{NaH}_3 + \text{NaClO} \rightarrow \text{Na}_2\text{H}_4 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
	2	$\text{NaVO}_3 + \text{HCl} + \text{Pt} \rightarrow \text{H}_2\text{PtCl}_6 + \text{VOCl}_2 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{HCl} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HCl} \rightarrow \text{Cl}_2 + \dots$
595	1	$\text{CH}_4 + \text{O}_2 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{HCN} + \text{H}_2\text{O}$
	2	$\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{KClO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{HNO}_3 + \text{KCl}$
	3	$\text{KNO}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{KOH} \rightarrow \dots$
596	1	$\text{I}_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{HIO}_3 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
	2	$\text{MnCl}_2 + \text{NaClO} + \text{NaOH} \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \dots$
597	1	$\text{Mn} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
	2	$\text{MnSO}_4 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$
	3	$\text{Na}_3\text{AsO}_3 + \text{Cl}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{Na}_3\text{AsO}_4 + \dots$
598	1	$\text{FeS} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SO}_2$
	2	$\text{KMnO}_4 + \text{K}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{KOH} + \text{S}$
	3	$\text{FeSO}_4 + \text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NO} + \dots$
599	1	$\text{PH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4$
	2	$\text{NaNO}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaNO}_3 + \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{CuS} + \text{HNO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NO} + \dots$
600	1	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Pb} + \text{N}_2 + \text{O}_2$
	2	$\text{Co} + \text{HNO}_{3(\text{розб})} \rightarrow \text{Co}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$
	3	$\text{FeS} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \dots$

Приклад. Для даних окисно-відновних реакцій:

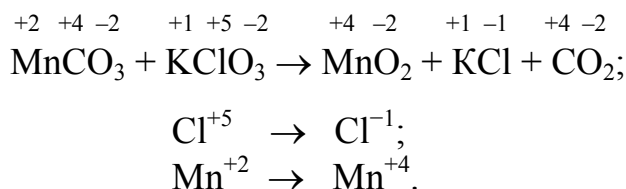
- $\text{MnCO}_3 + \text{KClO}_3 \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{KCl} + \text{CO}_2$;
- $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{S} + \text{K}_2\text{SO}_4$;
- $\text{KMnO}_4 + \text{KBr} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots$

написати рівняння і зробити розрахунки відповідно до встановленого завдання.

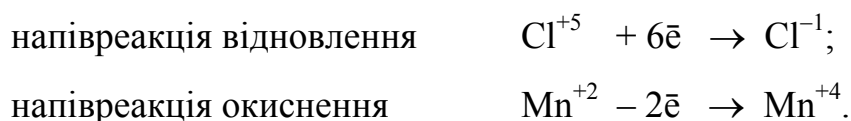
Розв'язання

Схема 1. Підбір коефіцієнтів у схемі реакції виконуємо методом електронного балансу, що складається з наступних етапів.

1. Записуємо формули реагентів і продуктів із зазначенням ступенів окиснення (СО) елементів, що входять до даних сполук; знаходимо елементи, що підвищують або знижують свої СО, і виписуємо їх окремо:

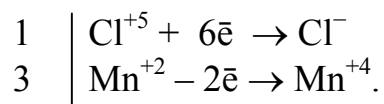


2. Складаємо рівняння напівреакцій відновлення й окиснення, згідно з законами збереження числа атомів і зарядів у кожній напівреакції:

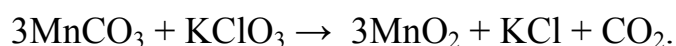


Очевидно, що MnCO_3 – відновник, а KClO_3 – окисник.

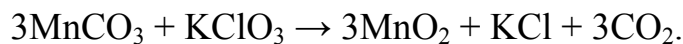
3. Підбираємо додаткові множники для рівнянь напівреакцій так, щоб закон збереження заряду виконувався для реакції в цілому; для цього число прийнятих електронів у напівреакції відновлення повинне бути рівним числу відданих електронів у напівреакції окиснення:



4. Визначаємо стехіометричні коефіцієнти в схемі реакції



5. Зрівнюємо число атомів тих елементів, які не змінюють свого ступеня окиснення в процесі реакції, і одержуємо підсумкове рівняння реакції



У результаті реакції окисник KClO_3 відновився до KCl . Розраховуємо його масу з умови, що маса відновника (MnCO_3) дорівнює 690 г (якщо вважати, що надана задача в збірнику розташована, наприклад, під № 690).

$$M(\text{MnCO}_3) = 55 + 12 + 16 \cdot 3 = 115 \text{ г/моль}; M(\text{KCl}) = 39 + 35,5 = 74,5 \text{ г/моль}.$$

1. $\nu(\text{MnCO}_3) - ?$

$$\nu(\text{MnCO}_3) = \frac{m(\text{MnCO}_3)}{M(\text{MnCO}_3)} = \frac{690}{115} = 6 \text{ моль.}$$

2. $\nu(\text{KCl}) - ?$

Відповідно до рівняння реакції складаємо пропорцію

3 моль MnCO_3 утворюють 1 моль KCl

6 моль MnCO_3 — ν моль KCl

$$\nu(\text{KCl}) = 2 \text{ моль.}$$

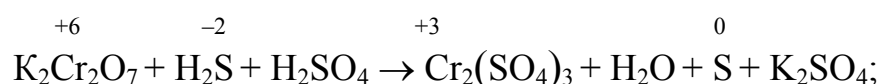
3. $m(\text{KCl}) - ?$

$$m(\text{KCl}) = \nu(\text{KCl})M(\text{KCl}) = 2 \cdot 74,5 = 149 \text{ г.}$$

Відповідь: $m(\text{KCl}) = 149 \text{ г.}$

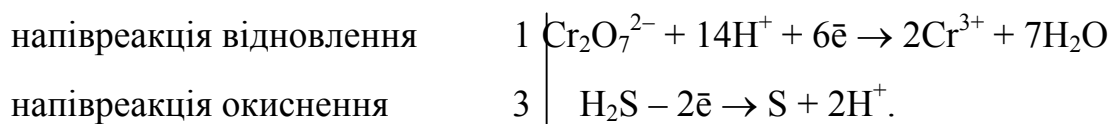
Схема 2. Для визначення коефіцієнтів у схемі окисно-відновної реакції, що відбувається у водному розчині за участю іонів, використовуємо метод електронно-іонного балансу, що складається з наступних етапів.

1. Записуємо схему реакції, де вказуємо вихідні речовини і продукти реакції, визначаємо окисник і відновник розрахунком ступенів окиснення окремих елементів (як у схемі 1):

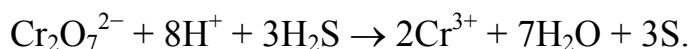


$\text{Cr}^{+6} \rightarrow \text{Cr}^{+3}$, тобто $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ — окисник; $\text{S}^{-2} \rightarrow \text{S}^0$, H_2S — відновник; H_2SO_4 — кисле середовище реакції.

2. Записуємо електронно-іонні напівреакції, де вказуємо не лише окисник або відновник у вигляді іонів або молекул, які реально існують у розчині, але й іони H^+ (кисле середовище), що беруть участь в окисному і відновному процесах; складаємо матеріальний та електронний баланси; визначаємо коефіцієнти в рівнянні поділенням найменшого загального кратного чисел відданих і прийнятих електронів на кількості електронів у напівреакціях:



3. Записуємо сумарне іонне рівняння, підсумовуючи відповідно ліві й праві частини напівреакцій з визначенням коефіцієнтів у вихідному рівнянні:



4. Складаємо повне молекулярне рівняння даної реакції

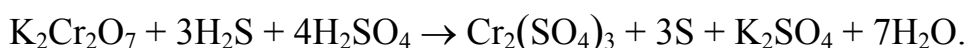
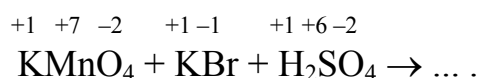


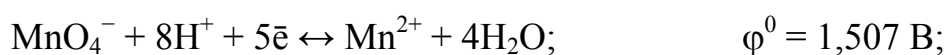
Схема 3. Складання рівняння окисно-відновних реакцій за наданою схемою, в якій не позначені продукти реакції, виконуємо методом електронно-іонного балансу на підставі значень стандартних окисно-відновних потенціалів у наступній послідовності.

1. Визначаємо ступені окиснення елементів, що входять до складу реагуючих речовин:



На підставі цього визначаємо можливу хімічну функцію кожної з них. У даному випадку KMnO_4 – окисник, тому що Манган має вищий ступінь окиснення, який дорівнює +7; KBr – відновник, тому що Бром має нижчий ступінь окиснення –1; H_2SO_4 забезпечує кисле середовище.

2. За табл.6Д знаходимо потенціали напівреакцій:

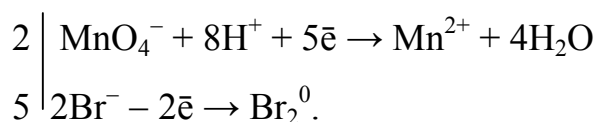


Із значень потенціалів випливає, що $\varphi^0_{\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+/\text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}} > \varphi^0_{\text{Br}_2/2\text{Br}^-}$, звідси робимо висновок, що MnO_4^- – дійсно окисник, а Br^- – відновник, а також, що напівреакції мають такий напрямок:

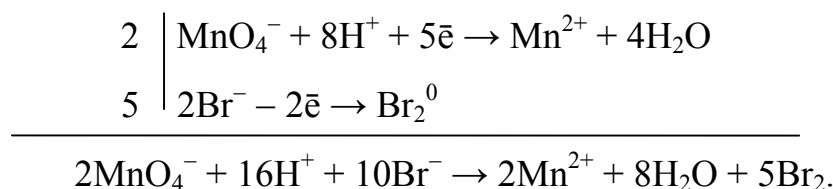
напівреакція відновлення $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\bar{e} \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$;

напівреакція окиснення $2\text{Br}^- - 2\bar{e} \rightarrow \text{Br}_2^0$.

3. Визначаємо коефіцієнти біля окисника і відновника в напівреакціях після поділення найменшого загального кратного чисел відданих та приєднаних електронів у напівреакціях:



4. Записуємо сумарне електронно-іонне рівняння, яке одержуємо при складанні відповідно лівих і правих частин напівреакцій з урахуванням визначених коефіцієнтів:



5. Записуємо підсумкове молекулярне рівняння з коефіцієнтами:



Розраховуємо для цього процесу значення E , $\Delta G^0_{\text{реак}}$. Для визначення електрорушійної сили процесу використовуємо значення стаціонарних окисно-відновних потенціалів окисника і відновника:

$$E = \varphi^0_{\text{окис}} - \varphi^0_{\text{відн}} = \varphi^0_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}} - \varphi^0_{2\text{Br}^-/\text{Br}_2} = 1,507 - 1,06 = 0,447 \text{ В}.$$

Визначаємо $\Delta G^0_{\text{реак}}$ процесу:

$$\Delta G^0 = -nFE = -10 \cdot 96500 \cdot 0,447 = -431355 \text{ Дж} = -431,4 \text{ кДж}.$$

Відповідь: $E = 0,447 \text{ В}$; $\Delta G^0_{\text{реак}} = -431,4 \text{ кДж}$.

13. ГАЛЬВАНІЧНІ ЕЛЕМЕНТИ

Для розв'язування задач із цієї теми використовується рівняння Нернста, математичний вираз якого залежить від типу електрода. Так, для металевих електродів рівняння має вигляд

$$\varphi_{\text{Me}^{+n}|\text{Me}} = \varphi_{\text{Me}^{+n}|\text{Me}}^0 + 0,059 / n \lg C(\text{Me}^{+n}).$$

Для газових електродів, наприклад для водневого, потенціал визначається за формулою $\varphi_{2\text{H}^+|\text{H}_2} = -0,059\text{pH}$.

При розрахунку гальванічного елемента слід дотримуватися наступної схеми:

1. Визначення електродних потенціалів згідно з рівнянням Нернста.
2. Визначення катода й анода.
3. Запис схеми гальванічного елемента.
4. Запис електродних процесів, визначення напрямку руху електронів.
5. Визначення електрорушійної сили (ЕРС) елемента за формулою

$E = \varphi_{\text{кат}} - \varphi_{\text{ан}}$. Слід пам'ятати, що це завжди позитивна величина, тому що $\varphi_{\text{кат}} > \varphi_{\text{ан}}$.

6. Розрахунок зміни енергії Гіббса та максимальної корисної роботи A_{max} , можливої в цьому гальванічному елементі, за формулою $\Delta G^0 = -A_{\text{max}} = -nEF$, де n – число електронів, що беруть участь у реакції; F – стала Фарадея (96500 Кл/моль); E – ЕРС гальванічного елемента.

Приклад 1. Елемент складається з металевого цинку, зануреного в 0,1 *M* розчин цинк нітрату, та металевого свинцю, зануреного в 0,02 *M* розчин плюмбум нітрату. Визначити ЕРС елемента, написати рівняння електродних процесів, скласти схему елемента.

Розв'язання

1. $\varphi_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}}$, $\varphi_{\text{Pb}^{2+}|\text{Pb}}$ – ?

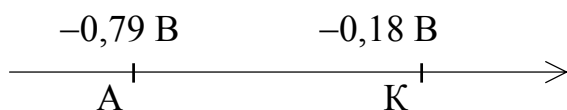
У табл.7Д знаходимо значення стандартних електродних потенціалів систем $\varphi_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}}^0$ та $\varphi_{\text{Pb}^{2+}|\text{Pb}}^0$ і розраховуємо потенціали окремих електродів за рівнянням Нернста:

$$\varphi_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}}^0 = -0,76 \text{ В}, \quad \varphi_{\text{Pb}^{2+}|\text{Pb}}^0 = -0,13 \text{ В};$$

$$\varphi_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}} = \varphi_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}}^0 + 0,059/2 \cdot \lg C(\text{Zn}^{2+}) = -0,76 + 0,059/2 \cdot \lg 0,1 = -0,76 + 0,03(-1) = -0,79 \text{ В};$$

$$\varphi_{\text{Pb}^{2+}|\text{Pb}} = \varphi_{\text{Pb}^{2+}|\text{Pb}}^0 + 0,059/2 \cdot \lg C(\text{Pb}^{2+}) = -0,13 + 0,059/2 \cdot \lg 0,02 = -0,13 + 0,03(-1,7) = -0,18 \text{ В}.$$

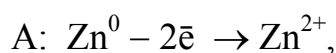
2. Визначення катода й анода:



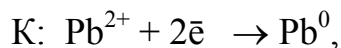
3. Схема гальванічного елемента:



4. Електродні процеси:



на цинковому електроді відбувається процес окиснення цинку;



на свинцевому електроді відбувається відновлення свинцю.

5. ЕРС – ?

$$E = \varphi_{\text{Pb}^{2+}|\text{Pb}} - \varphi_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}}^0 = -0,13 - (-0,73) = 0,63 \text{ В}.$$

Відповідь: ЕРС елемента дорівнює 0,63 В.

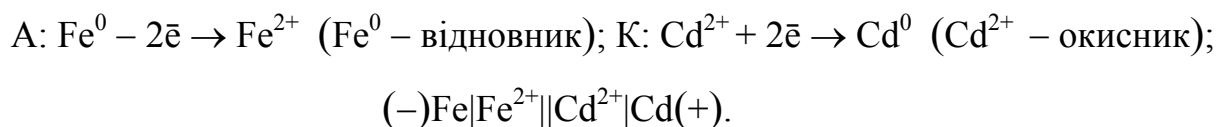
Приклад 2. Користуючись значеннями стандартних електродних потенціалів, визначити, чи можливо в гальванічному елементі здійснити реакцію



Розв'язання

1. Схема гальванічного елемента.

У гальванічному елементі на аноді відбувається окиснення, на катоді – відновлення, тому залізо буде анодом, а кадмій – катодом. Електродні реакції та схема гальванічного елемента будуть такими:



2. ЕРС – ?

$$E = \varphi_{\text{окис}}^0 - \varphi_{\text{відн}}^0 = \varphi_{\text{Cd}^{2+}|\text{Cd}^0}^0 - \varphi_{\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}^0}^0 = -0,40 - (-0,44) = 0,04 \text{ В}.$$

3. ΔG^0 – ?

Зміна енергії Гіббса ΔG^0 та ЕРС елемента пов'язані співвідношенням $\Delta G^0 = -nEF$; $\Delta G^0 = -2 \cdot 96500 \cdot 0,04 = -7720 \text{ Дж}$.

Відповідь: $\Delta G^0 < 0$, тому реакцію можна здійснити в гальванічному елементі.

Задачі

601. Скласти схеми гальванічних елементів, в одному з яких мідь є анодом, а в другому – катодом. Написати рівняння реакцій, які відбуваються на електродах при роботі цих гальванічних елементів, та розрахувати ЕРС, використовуючи стандартні значення потенціалів.

602. Гальванічний елемент складається зі срібного електрода, зануреного в 1 М розчин AgNO_3 , та стандартного водневого електрода. Визначити його ЕРС. Написати електродні реакції та сумарну реакцію, які відбуваються в гальванічному елементі.

603. Розрахувати електродний потенціал цинку в розчині ZnCl_2 з концентрацією іонів Zn^{+2} $7 \cdot 10^{-2}$ моль/л. Які з металів можна використати як аноди при створенні гальванічного елемента?

604. Розрахувати ЕРС мідно-кадмієвого гальванічного елемента, у якому концентрація іонів кадмію складає 0,8 моль/л, а іонів міді – 0,01 моль/л.

605. Скласти схему, написати рівняння електродних процесів і розрахувати ЕРС гальванічного елемента, який складається з пластин кадмію та цинку, занурених у 0,01 M розчини своїх солей.

606. Гальванічний елемент складається із стандартного водневого та хромового електродів, занурених у розчин з концентрацією іонів Cr^{+3} 2 моль/л. Визначити катод і анод, скласти схему і записати електродні реакції та сумарну реакцію, розрахувати ЕРС цього елемента.

607. Який гальванічний елемент називається концентраційним? Скласти схему, написати рівняння електродних процесів та розрахувати ЕРС гальванічного елемента, який складається зі срібних електродів, занурених у 0,01 M та 1 M розчини солей Аргентуму.

608. Записати реакції, які відбуваються на окремих електродах, та сумарну реакцію у гальванічному елементі, який складається з металевих цинку, зануреного в 0,1 M розчин цинк нітрату, та металевих свинцю, зануреного в 0,02 M розчин плюмбум нітрату. Визначити ЕРС та ΔG^0 елемента.

609. ЕРС елемента, який складається із мідного та свинцевого електродів, занурених в 1 M розчини цих металів, складає 0,47 В. Чи зміниться ЕРС, коли розчини стануть 0,001 M ? Відповідь обґрунтувати розрахунком ЕРС.

610. Розрахувати ЕРС концентраційного гальванічного елемента, який складається з двох цинкових електродів і розчинів ZnSO_4 з концентраціями 0,1 та 0,01 моль/л відповідно. В якому напрямку будуть рухатись електрони у зовнішньому колі під час роботи цього гальванічного елемента?

611. Складено гальванічний елемент: $(-)\text{Zn}|\text{ZnSO}_4||\text{CdSO}_4|\text{Cd}(+)$. Розрахувати його ЕРС при концентрації цинк сульфату 2 M та концентрації кадмій сульфату $0,2\text{ M}$. Як зміниться його ЕРС, якщо в розчин кадмій сульфату додати сульфід-іони?

612. Чи можливе розчинення олова в 1 M розчині хлоридної кислоти, якщо $\varphi^0_{\text{Sn}^{+2}|\text{Sn}^0} = -0,14\text{ В}$, $\varphi^0_{2\text{H}^+|\text{H}_2^0} = 0,00\text{ В}$?

613. Записати схему гальванічного елемента, який складається із цинкового та залізного електродів, занурених у розчини своїх солей. Написати рівняння електродних процесів та розрахувати ЕРС і ΔG^0 елемента, використавши значення стаціонарних потенціалів.

614. Гальванічний елемент складається із залізної та срібної пластин, занурених у розчини їх солей $0,005\text{ M}$ концентрації. Скласти схему цього гальванічного елемента і написати рівняння процесів, які відбуваються на аноді та катоді. Розрахувати ЕРС і ΔG^0 елемента.

615. Чому дорівнює потенціал водневого електрода при $\text{pH} = 1$, $\text{pH} = 7$, $\text{pH} = 10$? Скласти гальванічні елементи з водневих електродів. Як називаються такі гальванічні елементи?

616. Скласти схему, написати рівняння електродних процесів та розрахувати ЕРС гальванічного елемента, створеного з пластин нікелю та магнію, занурених у розчини своїх солей з концентрацією $0,1\text{ M}$.

617. Розрахувати ЕРС срібно-кадмієвого гальванічного елемента, в якому концентрація іонів кадмію складає $0,05\text{ моль/л}$, а іонів срібла – $0,1\text{ моль/л}$.

618. Скласти схему двох гальванічних елементів, в одному з яких нікель є катодом, а в другому – анодом. Написати для кожного з них електродні рівняння реакцій, розрахувати ЕРС, використавши значення стандартних потенціалів.

619. Потенціал срібного електрода в розчині AgNO_3 складає 95 % від значення його стандартного потенціалу. Чому дорівнює концентрація іонів Ag^+ ?

620. Розрахувати константу рівноваги реакції, яка відбувається у гальванічному елементі $(-)\text{Zn}|\text{ZnSO}_4||\text{CuSO}_4|\text{Cu}(+)$, використавши стандартні значення потенціалів.

621. Гальванічний елемент складається із двох водневих електродів, один з яких стандартний. В який з перелічених розчинів слід занурити другий електрод, щоб одержати найбільшу ЕРС: 0,1 М HCl ; 0,01 М HCl ; 0,001 М HCl ?

622. Визначити ЕРС гальванічного елемента, схема якого $(-)\text{Ag}|\text{Ag}, 0,01 \text{ М}||\text{Ag}, 0,1 \text{ М}|\text{Ag}(+)$. В якому напрямку будуть рухатись електрони в зовнішньому колі при роботі цього гальванічного елемента?

623. Гальванічний елемент складається із срібного й водневого стандартних електродів. Навести схему цього гальванічного елемента, записати рівняння електродних процесів і сумарної реакції та розрахувати зміну енергії Гіббса під час його роботи.

624. Записати схему і рівняння електродних процесів, розрахувати ЕРС гальванічного елемента, складеного із свинцевої та магнієвої пластин, занурених у розчини своїх солей. Концентрація іонів магнію і свинцю в розчинах дорівнює 0,1 М.

625. Розрахувати потенціали металів Fe , Pb та Cu , які знаходяться в розчинах своїх солей з відповідними концентраціями (моль/л): 0,01; 0,5; 0,005.

626. Водневий електрод занурений у розчин з $\text{pH} = 0$. Як зміниться потенціал електрода, якщо розчин нейтралізувати до $\text{pH} = 7$? Розрахувати ЕРС елемента, складеного з таких електродів.

627. Розрахувати ЕРС гальванічного елемента, в якому відбувається реакція $\text{Cr}^0 + \text{Fe}^{+3} \rightarrow \text{Cr}^{+3} + \text{Fe}^0$. Про що свідчить знак ЕРС цієї реакції? Розрахувати зміну енергії Гіббса за стандартних умов. $\varphi_{\text{Cr}^{3+}|\text{Cr}^0}^0 = -0,744 \text{ В}$, $\varphi_{\text{Fe}^{3+}|\text{Fe}^0}^0 = -0,36 \text{ В}$.

628. Потенціал манганового електрода $\varphi_{\text{Mn}^{2+}|\text{Mn}^0}$, зануреного у розчин своєї солі, становив $-1,1 \text{ В}$. Розрахувати молярну концентрацію розчину.

629. Розрахувати ЕРС і знайти максимально корисну роботу, яка відбувається у гальванічному елементі $(-)\text{Zn}|\text{Zn}^{+2}||\text{Ni}^{+2}|\text{Ni}(+)$. В якому напрямку будуть рухатись електрони в зовнішньому колі елемента? Умови стандартні.

630. Скласти схему гальванічного елемента, в основі якого лежить реакція за схемою $\text{Ni} + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Ni}(\text{NO}_3)_2 + \text{Pb}$. Написати електронні рівняння анодного й катодного процесів. Розрахувати ЕРС цього елемента, якщо $C(\text{Ni}^{+2}) = 0,01 \text{ М}$; $C(\text{Pb}^{+2}) = 1 \text{ М}$.

631. Значення стандартних потенціалів $\varphi_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}}^0$ і $\varphi_{\text{Cd}^{2+}|\text{Cd}}^0$ відповідно становлять $-0,76 \text{ В}$ та $-0,40 \text{ В}$. Яка реакція відбувається самовільно в цьому гальванічному елементі? Розрахувати ЕРС і зміну енергії Гіббса.

632. Які процеси відбуваються на електродах мідного концентраційного гальванічного елемента, якщо концентрації катіонів Cu^{+2} в електролітах відповідно складають 1 моль/л та 10^{-3} моль/л ? У якому напрямку рухаються електрони в зовнішньому колі? Відповідь підтвердити розрахунками ЕРС та ΔG^0 цього кола.

633. Розрахувати ЕРС та максимально корисну роботу, що виконується гальванічним елементом $(-)\text{Pb}|\text{Pb}^{+2}, 0,01 \text{ М}||\text{Cu}^{+2}, 0,1 \text{ М}|\text{Cu}(+)$.

634. При якій концентрації іонів Pt^{+2} (моль/л) потенціал платинового електрода буде менший на $0,01 \text{ В}$, ніж його стандартний потенціал?

635. Написати схему концентраційного гальванічного елемента, складеного з цинкових електродів. Концентрація іонів цинку в розчинах дорівнює

відповідно 0,1 та 0,5 моль/л. Розрахувати ЕРС і максимально корисну роботу, яку виконує цей гальванічний елемент.

636. В якому напрямку будуть рухатись електрони в зовнішньому колі наступних гальванічних елементів: а) $\text{Mg}|\text{Mg}^{+2}||\text{Pd}^{+2}|\text{Pb}$; б) $\text{Pb}|\text{Pb}^{+2}||\text{Cu}^{+2}|\text{Cu}$; в) $\text{Cu}|\text{Cu}^{+2}||\text{Ag}^{+}|\text{Ag}$, якщо всі розчини електролітів одномолярні? Розрахувати ЕРС цих елементів.

637. Розрахувати потенціал мідного електрода в розчині $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ з концентрацією іонів Cu^{+2} 0,12 моль/л. Скласти з цього та стандартного мідного електрода гальванічний елемент і розрахувати його ΔG^0 . Яку назву має такий гальванічний елемент?

638. ЕРС гальванічного елемента, складеного з двох водневих електродів, дорівнює 0,272 В. Чому дорівнює рН розчину, в який занурено анод, якщо катод занурено в розчин з рН = 3?

639. Розрахувати потенціал водневого електрода в розведених розчинах кислот: а) 0,01 М HClO ; б) 0,05 М HCl ; в) 0,01%-й HClO_4 .

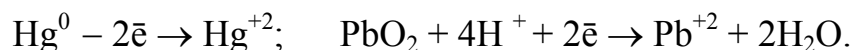
640. ЕРС гальванічного елемента, утвореного нікелем, зануреним у розчин своєї солі з концентрацією іонів Ni^{+2} 0,001 моль/л, та сріблом, зануреним у розчин своєї солі, дорівнює 1,108 В. Визначити концентрацію іонів Ag^{+} у розчині.

641. Обчислити концентрацію іонів H^{+} у розчині, в якому потенціал водневого електрода дорівнює -236 мВ. Чому дорівнюють ЕРС і ΔG^0 гальванічного елемента, складеного цим електродом та залізним електродом за стандартних умов?

642. Виходячи з величин стандартних електродних потенціалів, розрахувати для температури 298 К константи рівноваги наступних реакцій: а) $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \leftrightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2$; б) $\text{Cu} + 2\text{AgNO}_3 \leftrightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{Ag}$.

643. Як зміниться концентрація водневих іонів при зменшенні потенціалу водневого електрода від 0 до -100 мВ?

644. Виходячи з величин стандартних окисно-відновних потенціалів та значень ΔG^0 , визначити, як буде діяти гальванічний елемент, у якому на електродах відбуваються процеси:



645. Обчислити рН розчину, в якому потенціал водневих електродів дорівнює: -201 мВ; -431 мВ; -183 мВ; -413 мВ.

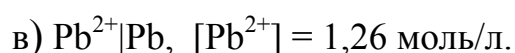
646. Визначити ЕРС гальванічного кола та написати схеми електродних процесів і сумарну реакцію, яка відбувається в цьому джерелі електрики: $(-)\text{Zn}|\text{Zn}^{+2}, 0,01\text{M}||2\text{H}^+(\text{pH} = 2)|\text{H}_2(\text{Pt})(+)$.

647. При якій молярній концентрації Sn^{+2} потенціал олов'яного електрода дорівнює стандартному потенціалу водневого електрода?

648. Концентраційне гальванічне коло складено магнієвими електродами, зануреними в розчини MgCl_2 з різною концентрацією. Визначити концентрацію одного з електродів, якщо концентрація другого дорівнює 2 M , а ЕРС створеного кола $0,103\text{ В}$.

649. Розрахувати ЕРС гальванічного елемента $(-)\text{Mn}|\text{Mn}^{2+}||\text{Ni}^{2+}|\text{Ni}(+)$, якщо електроди, що його утворили, занурені в розчини солей з концентрацією $0,1$ моль/л.

650. Скласти схеми та розрахувати ЕРС гальванічних елементів, що утворені металевими електродами і стандартним електродом. Визначити в кожному випадку знак заряду електрода та записати рівняння електродних процесів:



14. ЕЛЕКТРОЛІЗ

При розв'язуванні задач теми "Електроліз" треба добре розуміти процеси, які відбуваються на електродах при проходженні електричного струму, а в кількісних розрахунках користуватися законами Фарадея.

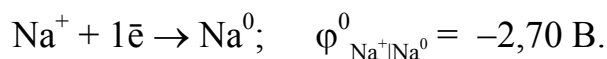
На катодах спочатку відновлюються катіони з більшим значенням електродного потенціалу. На анодах спочатку окиснюються іони з меншим значенням потенціалу.

Процеси на катодах. При електролізі кислот, солей та основ на катодах відновлюються катіони металів і водню (з води або кислот) за наведеними нижче правилами.

1. Метали, які стоять у ряді напруг після водню, завжди відновлюються з водних розчинів і розплавів у порядку зменшення їх потенціалів:



2. Метали, які стоять у ряді напруг до алюмінію включно, відновлюються тільки з розплавів:

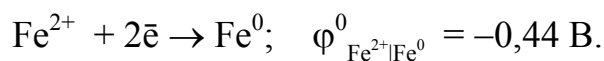


З водних розчинів замість цих металів відновлюється водень, тому що їх потенціал значно менший за потенціал відновлення водню:



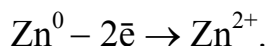
У кислих середовищах (при $\text{pH} = 1 \dots 7$) $2\text{H}^+ + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2$; $\varphi_{2\text{H}^+|\text{H}_2^0} = 0,00 \dots -0,41 \text{ В.}$

3. Метали, які стоять у ряді напруг після алюмінію до водню, теоретично можуть відновлюватися на катоді разом з воднем. У більшості випадків реакцію відновлення водню можна довести до мінімуму збільшенням перенапруги процесу відновлення іонів водню, тому практично відновлюються тільки метали:



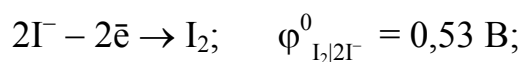
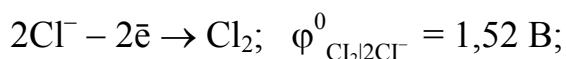
Процеси на анодах відбуваються згідно з наступними правилами:

1. Розчинні аноди завжди розчиняються з утворенням відповідних катіонів:

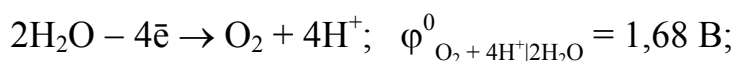
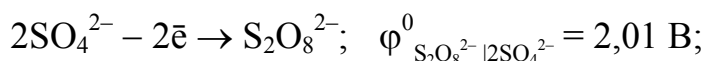


2. На нерозчинних анодах відбувається процес окиснення компонентів електроліту згідно зі значеннями потенціалів реакцій:

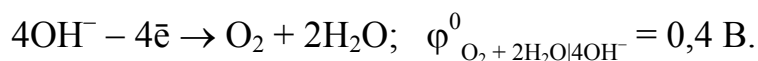
а) якщо в електроліті є аніони безкисневих кислот, вони окиснюються в першу чергу (крім іонів F^-):



б) якщо в розчині є іони кисневмісних кислот, то вони не окиснюються на аноді внаслідок великого значення їх електродних потенціалів; замість них на аноді окиснюються молекули води з виділенням кисню:



в) у випадку лужного середовища (наявність іонів OH^-) відбувається реакція окиснення гідроксид-іонів:



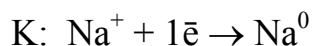
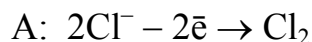
Закони Фарадея можна записати у такому вигляді:

$$m = kQ \text{ (І закон)}, \quad m = M_E It / F \text{ (ІІ закон)},$$

де m – маса електрохімічно перетвореної речовини, г; k – електрохімічний еквівалент перетвореної речовини, $k = M_E / F$ г/Кл; Q – кількість електрики, Кл; M_E – маса еквівалента речовини, г/моль; $M_E = M(\text{реч.}) / n$, де n – кількість електронів у електродній реакції, $M(\text{реч.})$ – молярна маса перетвореної речовини, г/моль; I – сила струму, А; t – час електролізу (с, год); F – число

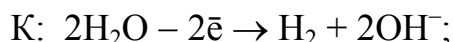
Фарадея (96500 Кл/моль, якщо час виражений у с; 26,8 А·год/моль, якщо час виражений у год).

Приклад 1. Електроліз розплаву NaCl (склад електроліту: Na^+ , Cl^-):

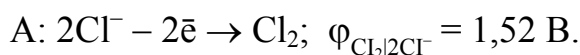


Сумарний процес: $2\text{Cl}^- + \text{Na}^+ \xrightarrow{\text{електроліз}} \text{Na}^0 + \text{Cl}_2$.

Приклад 2. Електроліз розчину KCl (склад електроліту: H_2O , K^+ , Cl^-):



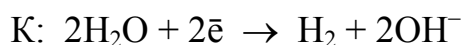
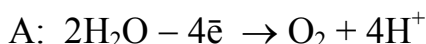
на аноді можливі два процеси:



У даному випадку на аноді будуть окиснюватися іони хлору, тому що потенціал окиснення хлору менший, ніж потенціал окиснення води (з урахуванням перенапруги відділення кисню і хлору).

Сумарний процес: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{KCl} \xrightarrow{\text{електроліз}} \text{H}_2 + 2\text{KOH} + \text{Cl}_2$.

Приклад 3. Електроліз розчину Na_2SO_4 (склад електроліту: H_2O , Na^+ , SO_4^{2-}):



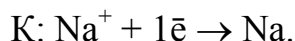
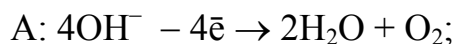
Сумарний процес: $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{електроліз}} \text{O}_2 + 2\text{H}_2$.

У результаті електролізу цієї солі буде відбуватися розкладення води і концентрація солі буде зростати, тому що з водних розчинів Na^+ не буде відновлюватися внаслідок великого від'ємного потенціалу, а іони SO_4^{2-} не будуть окиснюватися, тому що мають потенціал більший ($\varphi_{\text{S}_2\text{O}_8^{2-} | 2\text{SO}_4^{2-}}^0 = 2,01 \text{ В}$), ніж потенціал розкладення води до O_2 та H^+ ($\varphi_{\text{O}_2 + 4\text{H}^+ | 2\text{H}_2\text{O}}^0 = 1,68 \text{ В}$).

Приклад 4. Визначити час, необхідний для одержання 1 кг металевого натрію при електролізі розплаву натрій гідроксиду при силі струму 2500 А. Вихід за струмом η дорівнює 35 %. Визначити об'єм утвореного кисню.

Розв'язання

1. Процеси на електродах (склад електроліту: OH^- , Na^+):



2. $t - ?$

Закон Фарадея $m = M_E It / F$, звідки $t = mF / M_E I$, $M_E(\text{Na}) = 23$ г/моль.

З урахуванням виходу за струмом

$$t = mF / \eta M_E I; t = (1000 \cdot 96500) / (0,35 \cdot 23 \cdot 2500) = 4795 \text{ с} = 1 \text{ год } 20 \text{ хв.}$$

3. $V(\text{O}_2) - ?$

$V(\text{O}_2) = V_E It \eta / F$, де V_E – об'єм окисно-відновного еквівалента кисню.

$$V_E = 5,6 \text{ л/моль}; V(\text{O}_2) = (5,6 \cdot 2500 \cdot 4795 \cdot 0,35) / 96500 = 243,5 \text{ л.}$$

Відповідь: $t = 1 \text{ год } 20 \text{ хв}$, $V(\text{O}_2) = 243,5 \text{ л}$.

Задачі

651. При силі струму 2 А протягом 40 хв виділилося на катоді 4,541 г деякого металу. Обчислити електрохімічний еквівалент металу, г/(А·год).

652. При проходженні крізь розчин електроліту 2 А·год електрики на аноді окислилося 1,196 г сульфід-іонів. Визначити електрохімічний, г/(А·год), та хімічний еквіваленти Сульфур.

653. Крізь розчин ZnCl_2 пройшло 96500 Кл електрики. При цьому маси виділених цинку і хлору відповідно дорівнюють 19,61 та 6,20 г. Записати електродні процеси та розрахувати вихід за струмом.

654. При електролізі солі двовалентного металу струмом силою 1 А протягом 1 год виділилось на катоді 2,219 г металу. Визначити цей метал.

655. При пропусканні струму протягом 9 хв крізь кулонометр, який містить розведений розчин H_2SO_4 , виділилося 0,06 г гримучого газу $2\text{H}_2 + \text{O}_2$ при температурі 20 °С і тиску 99708 Па. Записати повну схему електролізу розчину H_2SO_4 та визначити силу струму.

656. Визначити товщину відкладеного при електролізі на залізному дроті шару олова (густина олова 7298 кг/м³), якщо довжина дроту 2 м, а діаметр його 0,0004 м.

657. Струм силою 2,5 А протягом 30 хв пропускається крізь розчин SnCl_2 . Вихід за струмом 93 %. Записати електродні реакції.

658. Для одержання 1 м³ хлору при електролізі водного розчину хлориду магнію було пропущено крізь розчин 2423 А·год електрики. Обчислити вихід за струмом і навести повну схему електролізу розчину MgCl_2 з застосуванням графітових електродів. Записати рівняння електродних процесів.

659. Обчислити час, протягом якого необхідно пропускати струм силою 1,5 А крізь розчин цинкової солі, щоб покрити металеву пластинку шаром цинку товщиною $2,5 \cdot 10^{-5}$ м, якщо загальна площа поверхні пластинки 0,1 м², а вихід за струмом складає 90,5 % (густина цинку 7233 кг/м³).

660. Яка нормальність розчину AgNO_3 , якщо для виділення всього срібла з 0,065 л цього розчину необхідно пропускати струм силою 0,6 А протягом 20 хв? Електроліз водного розчину AgNO_3 відбувається на графітових електродах. Записати повну схему електролізу.

661. Залізний предмет загальною площею поверхні 0,08 м² занурений як катод у розчин солі нікелю. Визначити товщину утвореного шару металу. Густина нікелю 8900 кг/м³, струм силою 3,15 А пропускали протягом 42 хв.

662. Крізь розчин солі $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ протягом 2,45 год пропускали струм силою 3,5 А. Визначити, на скільки грамів зменшився анод за цей час. Записати електродні процеси.

663. Скільки алюмінію можна одержати при електролізі розплаву Al_2O_3 , якщо протягом 1 год пропускати струм силою 20000 А, взявши вихід за струмом на рівні 85 %?

664. Якої сили струм необхідно пропустити крізь розплавлений магній хлорид протягом 10 год, щоб при виході за струмом 85 % одержати 0,5 кг металевого магнію?

665. Вихід за струмом при одержанні металевого кальцію при електролізі розплаву кальцій хлориду дорівнює 70 %. Скільки енергії необхідно провести через електролізер, щоб одержати 200 г кальцію?

666. Скільки хв необхідно для вилучення всієї міді з 40 мл 0,25 н. розчину CuSO_4 ? Сила струму 1,93 А, вихід за струмом 100 %.

667. При якій силі струму можна за 15 хв виділити всю мідь із 120 мл 0,2 н. розчину $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$? Записати схеми електродних процесів.

668. Яка нормальність розчину AgNO_3 , якщо для виділення всього срібла з 80 мл цього розчину потрібно пропустити струм силою 0,8 А протягом 20 хв?

669. Який час треба здійснювати електроліз із силою струму 5,8 А, щоб вилучити весь метал з 250 мл 6%-го розчину HgCl_2 ($\rho = 1,06 \text{ г/см}^3$)? Взяти вихід за струмом 100 %.

670. Насичений при температурі 20 °С розчин мідного купоросу містить 27 % $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ($\rho = 1,2 \text{ г/см}^3$). При якій силі струму можна протягом 3 год виділити всю мідь з 1 л такого розчину?

671. Струм силою 10 А проходить крізь електролізер, у якому міститься 0,5 л 4,5%-го розчину NaOH ($\rho = 1,05 \text{ г/см}^3$). Через скільки годин концентрація NaOH у розчині досягне 10 %?

672. Крізь електролізер, який містить 10 л 7,4%-го розчину NaOH ($\rho = 1,05 \text{ г/см}^3$), пропускали струм протягом двох діб, після чого виявилося, що концентрація NaOH у розчині складає 8 %. Яка була сила струму?

673. Струм силою 6,7 А пропустили через електролізер, який містить 400 мл 0,7 н. розчину H_2SO_4 . Скільки годин повинен продовжуватись електроліз, щоб досягти концентрації 1 моль екв/л?

674. Скільки хвилин необхідно для виділення 250 мл гримучого газу при електролізі розведеної сульфатної кислоти? Сила струму 0,5 А, газ виміряний при температурі 7 °С і тиску 102,9 кПа.

675. При якій силі струму можна з водного розчину NaOH виділити 6 л кисню протягом 3 год? Газ виміряний при температурі 17 °С і тиску 98 кПа.

676. Скільки літрів водню виділиться на катоді, якщо здійснювати електроліз водного розчину KOH протягом 2,5 год при силі струму 1,2 А? Газ виміряний при температурі 27 °С і тиску 101,8 кПа.

677. Струм силою 3,5 А виділив протягом 15 хв 0,72 г міді з розчину CuSO_4 . Розрахувати коефіцієнт корисної дії процесу.

678. При електролізі водного розчину NiSO_4 на аноді виділилося 3,8 л кисню, виміряного при температурі 27 °С і тиску 100 кПа. Скільки грамів Ni виділилося на катоді?

679. При електролізі протягом 30 хв розчину NaCl на аноді виділилося 3,8 л хлору при температурі 0 °С і тиску 10,3 кПа. Який об'єм 0,75 н. розчину CuSO_4 можна піддати хімічному перетворенню при пропусканні струму цієї ж сили протягом 45 хв?

680. При електролізі AgNO_3 протягом 50 хв при силі струму 3 А на катоді виділилося 9,6 г срібла. Визначити вихід срібла у відсотках від теоретичного.

681. При електролітичному осадженні всього заліза з 200 мл розчину FeSO_4 на аноді виділилося 2712 мл кисню. Об'єм був виміряний при температурі $23\text{ }^\circ\text{C}$ і тиску 103 кПа. Розрахувати молярну концентрацію розчину FeSO_4 .

682. Яка кількість електрики, А·год, потрібна для одержання чистої міді з чорнового металу масою 1 кг та вмістом домішок 5 %?

683. При електролізі розчину CuCl_2 на аноді утворилося 5700 мл газу (н.у.). Визначити масу міді, яка виділилася на катоді.

684. Скільки часу необхідно для повного розкладення двох молів води струмом силою 2 А?

685. Визначити об'єм кисню (н.у.), який виділився при пропусканні протягом 30 хв струму силою 6 А крізь водний розчин КОН.

686. Яка кількість електрики необхідна для виділення з води: 2 г водню; 2 г кисню?

687. При електролізі водного розчину SnCl_2 на аноді утворилося 4,48 л хлору (н.у.). Визначити масу виділеного на катоді олова.

688. При проходженні струму силою 1,5 А протягом 30 хв крізь розчин солі тривалентного металу на катоді виділилося 1,071 г металу. Обчислити атомну масу металу.

689. За 10 хв з розчину платинової солі струмом силою 5 А виділилося 1,517 г Pt. Визначити еквівалентну масу платини.

690. У 200 мл розчинили 20 г солі, яка містить кадмій сульфат. Визначити процентний вміст кадмій сульфату в солі, якщо для повного виділення кадмію пропускали струм силою 1,072 А протягом 4 год.

691. При розчиненні кристалогідрату нікель сульфату $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ у воді утворилося 500 г розчину. Для виділення всього металу зі 100 г цього розчину пропускали струм силою 0,536 А протягом 4 год. Скільки кристалогідрату і води витрачено для приготування розчину?

692. При пропусканні крізь розчин аргентум нітрату струму силою 0,804 А протягом 20 год на катоді виділилося 6,156 г срібла (н.у.). Визначити вихід срібла за струмом.

693. При пропусканні крізь розчин натрій сульфату електричного струму силою 134 А протягом 20 год виділилося 1064 л водню (н.у.). Визначити вихід водню за струмом.

694. Для оцинкування залізної деталі необхідно 327 г цинку. Визначити мінімальну масу цинк сульфату, що повинна міститися в розчині, який використовується для електролізу, якщо вихід за струмом складає 60 %.

695. У 500 мл розчинили 50 г солі, яка містить ферум (II) сульфат. Визначити процентний вміст ферум (II) сульфату в солі, якщо для повного виділення заліза пропускали струм силою 1,5 А протягом 6 год.

696. При електролізі розчину цинк сульфату маса катоду площиною 50 см^2 збільшилась на 0,5 г. Час електролізу 40 хв. Розрахувати густину струму на катоді.

697. При електролізі водного розчину солі значення рН біля катоду збільшилося. Розчин якої з солей підлягав електролізу: LiCl , AgCl , $\text{Cu}(\text{SO}_3)_2$? Яка речовина і в якій кількості виділиться на катоді при проходженні струму 5 А протягом 2 год?

698. При електролізі водного розчину купрум (II) сульфату на аноді відбувається процес $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+$. З якого матеріалу створено анод і скільки кисню виділиться при електролізі за 3 год? Сила струму на ванні дорівнює 5 А.

699. Крізь розчин AgNO_3 пропустили струм силою 5 А протягом 15 хв. Маса виділеного срібла 5,04 г. Якому виходу за струмом це відповідає?

700. При електролізі водного розчину калій сульфату значення рН розчину біля електрода збільшилося. До якого полюса джерела струму приєднаний цей

електрод? Записати схему процесу. Який газ виділився при проходженні струму силою 3 А протягом 1 год? Визначити його об'єм.

15. КОРОЗІЯ МЕТАЛІВ

Для розв'язування задач цього розділу треба вміти складати схеми корозійних гальванічних елементів, у яких повинні бути вказані катодні й анодні складові, компоненти середовища, в якому відбувається корозія, первинні продукти корозії. Наприклад, при корозії сталі у вологому повітрі утворюється корозійний елемент $(-)\text{Fe}, \text{Fe}^{2+}|\text{H}_2\text{O}, \text{O}_2|\text{OH}^-, \text{Fe}(+)$ або $(-)\text{Fe}|\text{H}_2\text{O}, \text{O}_2|\text{OH}^-, \text{Fe}(+)$, де $(-)\text{Fe}$ та $\text{Fe}(+)$ – анодні та катодні ділянки поверхні металу; H_2O та O_2 – компоненти середовища, які беруть участь у корозійному процесі, причому O_2 – окисник (дерольризатор), який зв'язує електрони, що потрапляють з анодних ділянок; Fe^{2+} , OH^- – первинні продукти корозії. Далі треба навести катодні й анодні реакції і, якщо потрібно, розрахувати ЕРС та ΔG^0 процесів.

При розв'язуванні задач про корозію основного металу під плівкою гальванічного покриття спочатку на основі значень стаціонарних потенціалів обох металів визначають тип покриття (анодний чи катодний), далі записують схему корозійного елемента та електродні реакції і роблять висновок про корозійні процеси.

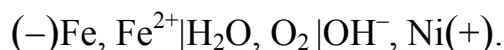
Приклад. Залізо покрите нікелем. Які процеси відбуваються у вологому повітрі при порушенні цілісності нікелевого покриття? Визначити ЕРС утвореного корозійного елемента.

Розв'язання

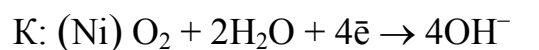
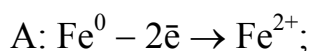
1. Тип покриття – ?

За табл.8Д знаходимо значення стаціонарних потенціалів для заліза і нікелю: $\varphi_{\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}^0}^{\text{стац}} = -0,50 \text{ В}$; $\varphi_{\text{Ni}^{2+}|\text{Ni}^0}^{\text{стац}} = -0,02 \text{ В}$. Оскільки потенціал металу покриття більш позитивний, в парі з залізом він буде катодом, тобто нікелеве покриття – катодне.

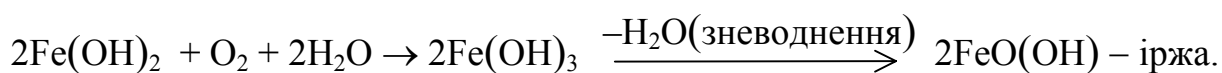
2. Схема корозійного елемента:



3. Катодні й анодні процеси:



Сумарний процес: $2\text{Fe}^0 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Fe}^{2+} + 4\text{OH}^-$, тобто утворюється осад $\text{Fe}(\text{OH})_2$. Цей осад далі реагує з киснем повітря з утворенням іржі:



Висновок. При порушенні цілісності нікелевого покриття на залізі, яке є катодним, на аноді відбувається поступове окиснення заліза, а на катоді (нікель) спостерігається киснева деполяризація, тобто електрони, які накопичуються на катодних ділянках, реагують з компонентами вологого повітря – молекулами води і кисню – з утворенням гідроксидів заліза, які при зневодненні утворюють іржу.

4. ЕРС – ?

$$E = \varphi_{\text{кат.реак}}^{\text{стац}} - \varphi_{\text{анод.реак}}^{\text{стац}}.$$

Катодною напівреакцією є процес відновлення кисню

$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\bar{e} \rightarrow 4\text{OH}^-$. Стаціонарний потенціал катодного процесу $\varphi_{\text{O}_2|\text{OH}^-}^{\text{стац}} = +0,82 \text{ В}$. Треба пам'ятати, що він не дорівнює потенціалу самого катода.

Анодною напівреакцією є процес окиснення заліза $\text{Fe}^0 - 2\bar{e} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$. Потенціал її дорівнює стаціонарному потенціалу $\varphi_{\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}^0}^{\text{стац}} = -0,50 \text{ В}$.

$$\text{Отже, } E = \varphi_{\text{кат.пр}} - \varphi_{\text{анод.пр}} = \varphi_{\text{O}_2|\text{OH}^-}^{\text{стац}} - \varphi_{\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}^0}^{\text{стац}} = +0,82 - (-0,50) = 1,32 \text{ В}.$$

Задачі

701. Хром знаходиться в контакті з міддю. Який з металів буде окиснюватись при корозії, якщо ця пара потрапить у кисле середовище (HCl)? Навести схему утворення гальванічного елемента; написати процеси на електродах і сумарну електрохімічну реакцію.

702. При порушенні поверхневого шару мідного покриття на алюмінії в морській воді буде відбуватися корозія внаслідок роботи гальванопари $(-)\text{Al}|\text{H}_2\text{O}$, сіль, $\text{O}_2|\text{OH}^-$, $\text{Cu}(+)$. Написати процеси на електродах корозійного гальванічного елемента та визначити ΔG^0 , якщо його ЕРС = 0,56 В.

703. Виходячи з величин ΔG^0 , визначити, які з наведених нижче металів будуть кородувати у вологому повітрі за рівнянням $\text{Me} + \text{H}_2\text{O} + 0,5\text{O}_2 \rightarrow \text{Me}(\text{OH})_2$. (Me—Mg, Cu, Au). $\varphi_{\text{O}_2|\text{OH}^-}^{\text{стац}} = +0,82$ В. Використати значення стаціонарних потенціалів металів.

704. Є метали Fe, Ca, Cu. Які з них будуть руйнуватися в атмосфері вологого повітря, насиченого вуглекислим газом? Відповідь дати на підставі розрахунку ΔG^0 відповідних процесів. Для розрахунків взяти реакцію $\text{Me} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{MeCO}_3 + \text{H}_2$. Використати значення стандартних електродних потенціалів металів.

705. Алюміній спаяний з міддю. Який з металів буде кородувати, якщо ці метали потраплять у кисле середовище? Скласти схему утвореного гальванічного елемента. Розрахувати його ΔG , якщо ЕРС дорівнює 1 В.

706. Залізо покрите нікелем. Який з металів буде кородувати у випадку руйнування поверхні покриття? Скласти схему гальванічного елемента, який утворюється в морській воді, та визначити ΔG : $\varphi_{\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}^0}^{\text{М.В}} = -0,50$ В; $\varphi_{\text{Ni}^{2+}|\text{Ni}}^{\text{М.В}} = -0,02$ В; $\varphi_{\text{O}_2|\text{OH}^-}^{\text{стац}} = +0,82$ В.

707. Залізо покрите хромом. Який з металів буде кородувати в разі порушення поверхневого шару покриття в атмосфері вологого повітря? Скласти схему процесів, які відбуваються на електродах утвореного гальванічного елемента, та обчислити його ЕРС, якщо стаціонарні потенціали заліза та хрому в цих умовах відповідно дорівнюють $-0,50$ В та $+0,23$ В, $\varphi_{\text{O}_2|\text{OH}^-}^{\text{стац}} = +0,82$ В.

708. Гальванічний елемент $(-)\text{Cr}|6\text{H}^+, \text{H}_2\text{O}|3\text{H}_2(\text{Pb})(+)$, який утворився при корозії хрому, спаяного зі свинцем, дає струм силою 6 А. Скільки грамів хрому окисниться та скільки літрів водню виділиться за 55 с роботи цього елемента?

709. Мідь покрита оловом. При порушенні олов'яного покриття утворився гальванічний елемент $(-)\text{Sn}|2\text{H}^+, \text{H}_2\text{O}| \text{H}_2(\text{Cu})(+)$, який дає струм силою 7,5 А. Скільки грамів олова розчиниться та скільки літрів водню виділиться на мідному катоді за 25 хв?

710. При роботі гальванопари $(-)\text{Fe}|\text{H}_2\text{O}, \text{O}_2|\text{C}(+)$ за 1,5 хв утворилося 0,125 г $\text{Fe}(\text{OH})_2$. Скільки електрики пройшло по зовнішньому колу гальванічного елемента за цей час?

711. При порушенні поверхневого шару цинкового покриття на залізі відбувається процес корозії внаслідок роботи гальванопари $(-)\text{Zn}|2\text{H}^+, \text{H}_2\text{O}| \text{H}_2(\text{Fe})(+)$. Крізь зовнішнє коло пройшло 550 Кл електрики. Скільки грамів цинку розчинилося при цьому та скільки літрів водню виділилося на залізному катоді?

712. При корозії заліза, покритого міддю, у кислому середовищі працює гальванічний елемент $(-)\text{Fe}|2\text{H}^+, \text{H}_2\text{O}| \text{H}_2(\text{Cu})(+)$. Визначити зміну енергії Гіббса цього елемента, якщо його ЕРС дорівнює 0,06 В, і написати рівняння процесів на електродах.

713. Нікель знаходиться в контакті із золотом у вологому повітрі. Корозія нікелю відбувається внаслідок утворення гальванопари $(-)\text{Ni}|\text{H}_2\text{O}, \text{O}_2|\text{OH}^-(\text{Au})(+)$. ЕРС цього гальванічного елемента дорівнює 0,285 В. Визначити зміну енергії Гіббса та написати електродні процеси цього гальванічного елемента.

714. Залізо спаяне з міддю. Який метал буде піддаватися корозії, якщо метали потраплять у кисле середовище? Скласти схему гальванічного елемента та розрахувати ΔG , якщо його ЕРС дорівнює 0,83 В.

715. Визначити, які з металів: Fe, Ag, Zn – будуть кородувати у вологому повітрі за рівнянням $2\text{Me} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Me}(\text{OH})_2$. Відповідь дати на підставі розрахунку ΔG відповідних процесів, використовуючи стандартні значення потенціалів процесів, $\varphi_{\text{O}_2|\text{OH}^-}^{\text{стан}} = +0,82 \text{ В}$.

716. Олово спаяне зі сріблом. Який з металів буде окиснюватися при корозії, якщо метали потраплять у кисле середовище? Відповідь дайте на підставі розрахунку ЕРС та ΔG у стаціонарних умовах. Скласти схему корозійного гальванічного елемента, $\varphi^{\text{стац}}_{\text{O}_2|\text{OH}^-} = +0,82 \text{ В}$.

717. При роботі корозійного гальванічного елемента, утвореного алюмінієм у контакті з хромом, на хромовому катоді виділилося 0,034 л кисню. Записати схему цього елемента та визначити, на скільки грамів при цьому зменшилась маса алюмінієвого електрода.

718. Який з металів (Fe або Cu) буде руйнуватися в атмосфері вологого повітря, насиченого сульфур (IV) оксидом? Записати схему корозійного гальванічного елемента. Які реакції при цьому відбуваються? Для обґрунтування відповіді використати розраховані значення ЕРС та ΔG^0 .

719. Залізо знаходиться в контакті з міддю. Записати процеси корозії у вологому повітрі, навести схеми процесів, які відбуваються при цьому, та розрахувати ЕРС утвореного гальванічного елемента, якщо стаціонарні потенціали заліза й міді за цих умов відповідно становлять $-0,48 \text{ В}$ та $+0,20 \text{ В}$.

720. За яким механізмом відбувається корозія заліза в морській воді? Що є деполяризатором у даному процесі? Написати відповідні реакції та навести схему утвореного гальванічного елемента.

721. Скласти схему корозійного гальванічного елемента, утвореного при порушенні мідного покриття на залізі в морській воді. Написати рівняння електродних процесів. Розрахувати ЕРС та ΔG для цього елемента, якщо стаціонарні потенціали заліза й міді у морській воді відповідно дорівнюють $-0,50 \text{ В}$ та $-0,05 \text{ В}$.

722. Скласти схему гальванічного елемента, утвореного при порушенні цинкового покриття на залізі в морській воді. Розрахувати його ЕРС, якщо $\varphi^{\text{М.В}}_{\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}^0} = -0,50 \text{ В}$, $\varphi^{\text{М.В}}_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}^0} = -0,8 \text{ В}$, $\varphi^{\text{стац}}_{\text{O}_2|\text{OH}^-} = +0,82 \text{ В}$.

723. Нікель знаходиться в контакті зі сріблом у вологому повітрі. Записати схему утвореного корозійного гальванічного елемента, катодну й анодну реакції та визначити ЕРС, якщо стаціонарні потенціали нікелю і срібла за цих умов відповідно дорівнюють $-0,34 \text{ В}$ та $+0,2 \text{ В}$, $\varphi^{\text{стац}}_{\text{O}_2|\text{OH}^-} = +0,82 \text{ В}$.

724. При порушенні поверхневого шару цинкового покриття на залізі у морській воді відбувається процес корозії внаслідок роботи гальванічного елемента. Надати схему утвореного елемента, написати катодну й анодну реакції, визначити ЕРС та ΔG елемента, якщо стаціонарні потенціали цинку та заліза в морській воді відповідно дорівнюють $-0,83$ В та $-0,50$ В, $\varphi^{\text{стац}}_{\text{O}_2|\text{OH}^-} = +0,82$ В.

725. Згідно з яким принципом вибирають метали для захисного покриття? Навести приклади металів, що застосовуються як анодні покриття для бронз (сплав міді з оловом). Написати схеми процесів, що відбуваються при порушенні цілісності гальванічних покриттів. Користуватися значеннями стаціонарних електродних потенціалів металів.

726. На основі розрахунку ЕРС показати, які з пар металів при роботі в морській воді будуть найбільш корозійно небезпечними: Fe–Cu; Fe–Zn; Zn–Cu. Потенціали металів за цих умов відповідно дорівнюють: $\varphi^{\text{м.в}}_{\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}^0} = -0,50$ В, $\varphi^{\text{м.в}}_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}^0} = -0,8$ В, $\varphi^{\text{м.в}}_{\text{Cu}^{2+}|\text{Cu}^0} = +0,05$ В, $\varphi^{\text{стац}}_{\text{O}_2|\text{OH}^-} = +0,82$ В.

727. Користуючись стандартними значеннями енергії Гіббса, охарактеризувати корозійну стійкість металів Fe, Cu, Zn у середовищі сухого повітря.

728. Користуючись стандартними значеннями енергії Гіббса, охарактеризувати корозійну стійкість металів Cu, Zn, Pb у середовищі пари сірки.

729. Скласти схему гальванічного елемента, що утворюється при порушенні мідного покриття на залізі в морській воді. Написати загальне рівняння процесів. Розрахувати ЕРС гальванічного елемента, що утворився. Потенціали міді й заліза в цих умов дорівнюють відповідно $+0,05$ В та $-0,5$ В; $\varphi^{\text{стац}}_{\text{O}_2|\text{OH}^-} = +0,82$ В.

730. Залізо знаходиться в контакті з міддю. Який з металів буде окиснюватися при корозії, якщо ця пара металів буде знаходитись у кислому середовищі? Навести схему гальванічного елемента, що утворюється. Написати схеми процесів на електродах.

731. Мідь покрита хромом. Які процеси відбуваються при порушенні цілісності покриття в кислому середовищі? Скласти схему гальванічного елемента, що утворюється. Розрахувати ΔG , якщо ЕРС дорівнює $0,93$ В.

732. Залізо покрито нікелем. Яке це покриття? Які процеси відбуваються при порушенні цілісності покриття у вологому повітрі? Скласти схему утвореного гальванічного елемента та розрахувати його ЕРС, якщо стаціонарні потенціали заліза і нікелю за цих умов відповідно дорівнюють $-0,50\text{ В}$ та $+0,10\text{ В}$; $\varphi^{\text{стац}}_{\text{O}_2|\text{OH}^-} = +0,82\text{ В}$.

733. Залізо покрито хромом. Яке це покриття? Які процеси відбуваються при порушенні цілісності покриття? Навести схеми гальванічного елемента, що утворюється в умовах вологого повітря, та розрахувати його ЕРС, якщо стаціонарні потенціали заліза і хрому відповідно дорівнюють $-0,48\text{ В}$ та $-0,25\text{ В}$; $\varphi^{\text{стац}}_{\text{O}_2|\text{OH}^-} = +0,82\text{ В}$.

734. Залізо покрито цинком. Записати процеси, що відбуваються у вологому повітрі при порушенні цілісності покриття. Скласти схему утвореного гальванічного елемента та розрахувати його ЕРС. Стаціонарні потенціали заліза і цинку за цих умов відповідно дорівнюють: $\varphi^{\text{М.В}}_{\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}^0} = -0,50\text{ В}$, $\varphi^{\text{М.В}}_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}^0} = -0,8\text{ В}$, $\varphi^{\text{стац}}_{\text{O}_2|\text{OH}^-} = +0,82\text{ В}$.

735. Залізо покрито кадмієм. Записати процеси, що відбуваються у вологому повітрі при порушенні цілісності покриття. Скласти схему утвореного гальванічного елемента та розрахувати його ЕРС. Стаціонарні потенціали заліза і кадмію за цих умов відповідно дорівнюють: $\varphi^{\text{М.В}}_{\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}^0} = -0,50\text{ В}$, $\varphi^{\text{М.В}}_{\text{Cd}^{2+}|\text{Cd}^0} = -0,42\text{ В}$, $\varphi^{\text{стац}}_{\text{O}_2|\text{OH}^-} = +0,82\text{ В}$.

736. Залізо покрито оловом. Записати процеси, що відбуваються у вологому повітрі при порушенні цілісності покриття. Скласти схему утвореного гальванічного елемента та розрахувати його ЕРС. Стаціонарні потенціали заліза й олова за цих умов відповідно дорівнюють: $\varphi^{\text{М.В}}_{\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}^0} = -0,50\text{ В}$, $\varphi^{\text{М.В}}_{\text{Sn}^{2+}|\text{Sn}^0} = -0,14\text{ В}$, $\varphi^{\text{стац}}_{\text{O}_2|\text{OH}^-} = +0,82\text{ В}$.

737. Порівняти корозійну стійкість заліза у вологому повітрі і в морській воді. Відповідь підтвердити розрахунком ΔG , якщо стаціонарні потенціали відповідно дорівнюють: $\varphi^{\text{М.В}}_{\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}^0} = -0,50\text{ В}$, $\varphi^{\text{Б.П}}_{\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}^0} = -0,48\text{ В}$, $\varphi^{\text{стац}}_{\text{O}_2|\text{OH}^-} = +0,82\text{ В}$.

738. Порівняти корозійну стійкість міді у вологому повітрі і в морській воді. Відповідь підтвердити розрахунком ΔG , якщо стаціонарні потенціали дорівнюють: $\varphi_{\text{Cu}^{2+}|\text{Cu}^0}^{\text{м.в}} = -0,12 \text{ В}$, $\varphi_{\text{Cu}^{2+}|\text{Cu}^0}^{\text{в.п}} = +0,2 \text{ В}$, $\varphi_{\text{O}_2|\text{OH}^-}^{\text{стац}} = +0,82 \text{ В}$.

739. Порівняти корозійну стійкість алюмінію у вологому повітрі і в морській воді. Відповідь підтвердити розрахунком ΔG , якщо стаціонарні потенціали дорівнюють: $\varphi_{\text{Al}^{3+}|\text{Al}^0}^{\text{м.в}} = -0,63 \text{ В}$, $\varphi_{\text{Al}^{3+}|\text{Al}^0}^{\text{в.п}} = +0,26 \text{ В}$, $\varphi_{\text{O}_2|\text{OH}^-}^{\text{стац}} = +0,82 \text{ В}$.

740. Порівняти корозійну стійкість нержавіючої сталі у вологому повітрі і в морській воді. Відповідь підтвердити розрахунком ΔG , якщо стаціонарні потенціали дорівнюють: $\varphi_{\text{нерж}}^{\text{м.в}} = -0,27 \text{ В}$, $\varphi_{\text{нерж}}^{\text{в.п}} = +0,1 \text{ В}$, $\varphi_{\text{O}_2|\text{OH}^-}^{\text{стац}} = +0,82 \text{ В}$.

741. Підібрати протектор для захисту залізного корпусу судна від корозії в морській воді. Відповідь підтвердити розрахунком ЕРС. Враховувати, що $\varphi_{\text{Al}^{3+}|\text{Al}^0}^{\text{м.в}} = -0,63 \text{ В}$, $\varphi_{\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}^0}^{\text{м.в}} = -0,50 \text{ В}$, $\varphi_{\text{Sn}^{2+}|\text{Sn}^0}^{\text{м.в}} = -0,25 \text{ В}$, $\varphi_{\text{Zn}^{2+}|\text{Zn}^0}^{\text{м.в}} = -0,8 \text{ В}$, $\varphi_{\text{Cu}^{2+}|\text{Cu}^0}^{\text{м.в}} = -0,12 \text{ В}$, $\varphi_{\text{O}_2|\text{OH}^-}^{\text{стац}} = +0,82 \text{ В}$.

742. Які з металів: Fe, Cr, Cu – будуть руйнуватися в атмосфері вологого повітря? Відповідь дати на підставі розрахунку ΔG відповідних процесів, використовуючи стандартні значення потенціалів, $\varphi_{\text{O}_2|\text{OH}^-}^{\text{стац}} = +0,82 \text{ В}$.

743. Які з металів: Al, Cr, Cu – будуть руйнуватися в атмосфері вологого повітря? Відповідь дати на підставі розрахунку ΔG відповідних процесів, використовуючи стандартні значення потенціалів, $\varphi_{\text{O}_2|\text{OH}^-}^{\text{стац}} = +0,82 \text{ В}$.

744. При роботі гальванопари за 3 хв утворилось 0,25 г $\text{Ni}(\text{OH})_2$. Розрахувати об'єм кисню, який витрачено на одержання $\text{Ni}(\text{OH})_2$. Скільки електрики пройшло в зовнішньому колі гальванічного елемента за цей час?

745. Мідь покрита оловом. При порушенні цього покриття працює гальванічний елемент, який дає струм силою 15 А. Скільки грамів олова розчиниться за 50 хв? Навести схему гальванічного елемента за умови його роботи в морській воді.

746. Порівняти корозійну стійкість заліза, покритого цинком, і заліза, покритого кадмієм, у середовищі вологого повітря. Відповідь підтвердити

розрахунком ЕРС, якщо стаціонарні потенціали заліза, цинку і кадмію за цих умов відповідно дорівнюють: $-0,40\text{ В}$; $-0,78\text{ В}$; $-0,36\text{ В}$; $\varphi^{\text{стац}}_{\text{O}_2|\text{OH}^-} = +0,82\text{ В}$.

747. Порівняти корозійну стійкість міді, покритої хромом, і міді, покритої нікелем, у середовищі вологого повітря. Відповідь підтвердити розрахунком ΔG , якщо стаціонарні потенціали металів Cu, Cr та Ni відповідно дорівнюють: $+0,20\text{ В}$; $-0,25\text{ В}$; $+0,15\text{ В}$; $\varphi^{\text{стац}}_{\text{O}_2|\text{OH}^-} = +0,82\text{ В}$.

748. Які металеві покриття називаються катодними? Які метали можуть застосовуватись для такого покриття на залізі у вологому повітрі? Скласти схеми наведених Вами корозійних гальванічних елементів; написати процеси, що відбуваються на їх електродах, утворених при порушенні такого покриття.

749. Порівняти корозійну стійкість заліза, покритого цинком, і заліза, покритого міддю, в середовищі вологого повітря. Відповідь підтвердити розрахунком ЕРС, якщо стаціонарні потенціали заліза, цинку і міді за цих умов відповідно дорівнюють: $-0,40\text{ В}$; $-0,78\text{ В}$; $+0,08\text{ В}$; $\varphi^{\text{стац}}_{\text{O}_2|\text{OH}^-} = +0,82\text{ В}$.

750. Залізо покрите свинцем. Який з металів буде кородувати в разі порушення поверхневого шару покриття в атмосфері вологого повітря? Скласти схему процесів, які відбуваються на електродах утвореного гальванічного елемента, та обчислити його ЕРС, якщо стандартні потенціали заліза та свинця за цих умов відповідно дорівнюють $-0,50\text{ В}$ та $-0,26\text{ В}$, $\varphi^{\text{стац}}_{\text{O}_2|\text{OH}^-} = +0,82\text{ В}$.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. *Ахметов Н.С.* Общая и неорганическая химия: Учеб. для вузов. – 3-е изд. – М.: Высшая школа, 1998. – 743 с.
2. *Глинка Н.Л.* Задачи и упражнения по общей химии: Учеб. пособие для вузов / Под ред. *В.А.Рабиновича, Х.М.Рубиной.* – 22-е изд., испр. и доп. – Л.: Химия, 1983. – 264 с.
3. *Григор'єва В.В., Самійленко В.М., Сич А.М.* Загальна хімія: Підручник. – 2-е вид., перероб. і допов. – К.: Вища школа, 1991. – 431 с.
4. *Камінська Є.Г., Кельїна С.Ю.* Методичні вказівки для підготовки до лабораторних робіт з курсу хімії. – Миколаїв: УДМТУ, 2000. – Ч.1. – 48 с.
5. *Кельїна С.Ю., Камінська Є.Г., Соловійова Ж.Ф.* Методичні вказівки для підготовки до лабораторних робіт з курсу хімії: Експериментальна частина. Розд.2. – Миколаїв: УДМТУ, 2001. – 25 с.
6. Методичні вказівки для підготовки до лабораторних робіт з курсу хімії: Експериментальна частина. Розд.1/*Є.Г.Камінська, С.Ю.Кельїна, В.В.Мащенко, О.І.Лічко.* – Миколаїв: УДМТУ, 2000. – 26 с.
7. *Мороз А.С., Ковальова А.Г.* Фізична і колоїдна хімія. – Л.: Світ, 1994.
8. Основи загальної хімії: Підручник / *В.С.Телегус, О.І.Бодак, О.С.Заречнюк, В.В.Кінжбало;* За ред. *В.С.Телегуса.* – Л.: Світ, 2000. – 424 с.
9. *Романцева Л.М., Лецинская З.Л., Суханова В.А.* Сборник задач и упражнений по общей химии: Учеб. пособие для нехим. спец. вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1991. – 288 с.
10. *Угай Я.А.* Общая и неорганическая химия: Учеб. для вузов. – 2-е изд., испр. – М.: Высшая школа, 2000. – 527 с.
11. Хімія. Задачі, вправи, тести: Навчальний посібник. – 2-ге вид., перероб. і допов. / *Я.М.Каличак, В.В.Кінжбало, Б.Я.Котур та ін.* – Л.: Світ, 2001. – 176 с.

ДОДАТОК

Таблиця 1 Д. Варіанти завдань для самостійної роботи студентів

Номер варіанта	Номери завдань														
	1	51	101	151	201	251	301	351	401	451	501	551	601	651	701
1	2	52	102	152	202	252	302	352	402	452	502	552	602	652	702
3	4	53	103	153	203	253	303	353	403	453	503	553	603	653	703
4	5	54	104	154	204	254	304	354	404	454	504	554	604	654	704
5	6	55	105	155	205	255	305	355	405	455	505	555	605	655	705
6	7	56	106	156	206	256	306	356	406	456	506	556	606	656	706
7	8	57	107	157	207	257	307	357	407	457	507	557	607	657	707
8	9	58	108	158	208	258	308	358	408	458	508	558	608	658	708
9	10	59	109	159	209	259	309	359	409	459	509	559	609	659	709
10	11	60	110	160	210	260	310	360	410	460	510	560	610	660	710
11	12	61	111	161	211	261	311	361	411	461	511	561	611	661	711
12	13	62	112	162	212	262	312	362	412	462	512	562	612	662	712
13	14	63	113	163	213	263	313	363	413	463	513	563	613	663	713
14		64	114	164	214	264	314	364	414	464	514	564	614	664	714

Продовж. табл. ІД

Номер варіанта	Номери завдань														
15	15	65	115	165	215	265	315	365	415	465	515	565	615	665	715
16	16	66	116	166	216	266	316	366	416	466	516	566	616	666	716
17	17	67	117	167	217	267	317	367	417	467	517	567	617	667	717
18	18	68	118	168	218	268	318	368	418	468	518	568	618	668	718
19	19	69	119	169	219	269	319	369	419	469	519	569	619	669	719
20	20	70	120	170	220	270	320	370	420	470	520	570	620	670	720
21	21	71	121	171	221	271	321	371	421	471	521	571	621	671	721
22	22	72	122	172	222	272	322	372	422	472	522	572	622	672	722
23	23	73	123	173	223	273	323	373	423	473	523	573	623	673	723
24	24	74	124	174	224	274	324	374	424	474	524	574	624	674	724
25	25	75	125	175	225	275	325	375	425	475	525	575	625	675	725
26	26	76	126	176	226	276	326	376	426	476	526	576	626	676	726
27	27	77	127	177	227	277	327	377	427	477	527	577	627	677	727
28	28	78	128	178	228	278	328	378	428	478	528	578	628	678	728
29	29	79	129	179	229	279	329	379	429	479	529	579	629	679	729

30	30	80	130	180	230	280	330	380	430	480	530	580	630	680	730
31	31	81	131	181	231	281	331	381	431	481	531	581	631	681	731
32	32	82	132	182	232	282	332	382	432	482	532	582	632	682	732
33	33	83	133	183	233	283	333	383	433	483	533	583	633	683	733
34	34	84	134	184	234	284	334	384	434	484	534	584	634	684	734
35	35	85	135	185	235	285	335	385	435	485	535	585	635	685	735
36	36	86	136	186	236	286	336	386	436	486	536	586	636	686	736
37	37	87	137	187	237	287	337	387	437	487	537	587	637	687	737
38	38	88	138	188	238	288	338	388	438	488	538	588	638	688	738
39	39	89	139	189	239	289	339	389	439	489	539	589	639	689	739
40	40	90	140	190	240	290	340	390	440	490	540	590	640	690	740
41	41	91	141	191	241	291	341	391	441	491	541	591	641	691	741
42	42	92	142	192	242	292	342	392	442	492	542	592	642	692	742
43	43	93	143	193	243	293	343	393	443	493	543	593	643	693	743
44	44	94	144	194	244	294	344	394	444	494	544	594	644	694	744
45	45	95	145	195	245	295	345	395	445	495	545	595	645	695	745
46	46	96	146	196	246	296	346	396	446	496	546	596	646	696	746

Продовж. табл. ІД

Номер варіанта	Номери завдань																		
	47	97	147	197	247	297	347	397	447	497	547	597	647	697	747				
47	48	98	148	198	248	298	348	398	448	498	548	598	648	698	748				
49	50	99	149	199	249	299	349	399	449	499	549	599	649	699	749				
51	52	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750				
53	54	101	151	201	251	301	351	401	451	501	551	601	651	701	751				
55	56	52	103	154	205	256	307	358	409	460	511	562	613	664	715				
57	58	53	104	155	206	257	308	359	410	461	512	563	614	665	716				
59	60	54	105	156	207	258	309	360	411	462	513	564	615	666	717				
61	62	55	106	157	208	259	310	361	412	463	514	565	616	667	718				
63	64	56	107	158	209	260	311	362	413	464	515	566	617	668	719				
65	66	57	108	159	210	261	312	363	414	465	516	567	618	669	720				
67	68	58	109	160	211	262	313	364	415	466	517	568	619	670	721				
69	70	59	110	161	212	263	314	365	416	467	518	569	620	671	722				
71	72	60	111	162	213	264	315	366	417	468	519	570	621	672	723				
73	74	61	112	163	214	265	316	367	418	469	520	571	622	673	724				

62	11	62	113	164	215	266	317	368	419	470	521	572	623	674	725
63	12	63	114	165	216	267	318	369	420	471	522	573	624	675	726
64	13	64	115	166	217	268	319	370	421	472	523	574	625	676	727
65	14	65	116	167	218	269	320	371	422	473	524	575	626	677	728
66	15	66	117	168	219	270	321	372	423	474	525	576	627	678	729
67	16	67	118	169	220	271	322	373	424	475	526	577	628	679	730
68	17	68	119	170	221	272	323	374	425	476	527	578	629	680	731
69	18	69	120	171	222	273	324	375	426	477	528	579	630	681	732
70	19	70	121	172	223	274	325	376	427	478	529	580	631	682	733
71	20	71	122	173	224	275	326	377	428	479	530	581	632	683	734
72	21	72	123	174	225	276	327	378	429	480	531	582	633	684	735
73	22	73	124	175	226	277	328	379	430	481	532	583	634	685	736
74	23	74	125	176	227	278	329	380	431	482	533	584	635	686	737
75	24	75	126	177	228	279	330	381	432	483	534	585	636	687	738
76	25	76	127	178	229	280	331	382	433	484	535	586	637	688	739
77	26	77	128	179	230	281	332	383	434	485	536	587	638	689	740
78	27	78	129	180	231	282	333	384	435	486	537	588	639	690	741

Продовж. табл. 1Д

Номер варіанта	Номери завдань														
79	28	79	130	181	232	283	334	385	436	487	538	589	640	691	742
80	29	80	131	182	233	284	335	386	437	488	539	590	641	692	743
81	30	81	132	183	234	285	336	387	438	489	540	591	642	693	744
82	31	82	133	184	235	286	337	388	439	490	541	592	643	694	745
83	32	83	134	185	236	287	338	389	440	491	542	593	644	695	746
84	33	84	135	186	237	288	339	390	441	492	543	594	645	696	747
85	34	85	136	187	238	289	340	391	442	493	544	595	646	697	748
86	35	86	137	188	239	290	341	392	443	494	545	596	647	698	749
87	36	87	138	189	240	291	342	393	444	495	546	597	648	699	750
88	37	88	139	190	241	292	343	394	445	496	547	598	649	700	701
89	38	89	140	191	242	293	344	395	446	497	548	599	650	651	702
90	39	90	141	192	243	294	345	396	447	498	549	600	601	652	703
91	40	91	142	193	244	295	346	397	448	499	550	551	602	653	704
92	41	92	143	194	245	296	347	398	449	500	501	552	603	654	705
93	42	93	144	195	246	297	348	399	450	451	502	553	604	655	706

94	43	94	145	196	247	298	349	400	401	452	503	554	605	656	707
95	44	95	146	197	248	299	350	351	402	453	504	555	606	657	708
96	45	96	147	198	249	300	301	352	403	454	505	556	607	658	709
97	46	97	148	199	250	251	302	353	404	455	506	557	608	659	710
98	47	98	149	200	201	252	303	354	405	456	507	558	609	660	711
99	48	99	150	151	202	253	304	355	406	457	508	559	610	661	712
100	49	100	101	152	203	254	305	356	407	458	509	560	611	662	713
101	50	5	102	153	204	255	306	357	408	459	510	561	612	663	714
102	1	100	103	154	250	299	349	399	449	499	549	599	649	664	715
103	2	99	104	155	249	298	348	398	448	498	548	598	648	665	716
104	3	98	105	156	248	297	347	397	447	497	547	597	647	666	717
105	4	97	106	157	247	296	346	396	446	496	546	596	646	667	718
106	5	96	107	158	246	295	345	395	445	495	545	595	645	668	719
107	6	95	108	159	245	294	344	394	444	494	544	594	644	669	720
108	7	94	109	160	244	293	343	393	443	493	543	593	643	670	721
109	8	93	110	161	243	292	342	392	442	492	542	592	642	671	722
110	9	92	111	162	242	291	341	391	441	491	541	591	641	672	723

Продовж. табл. ІД

Номер варіанта	Номери завдань														
	10	91	112	163	241	290	340	390	440	490	540	590	640	673	724
111	10	91	112	163	241	290	340	390	440	490	540	590	640	673	724
112	11	90	113	164	240	289	339	389	439	489	539	589	639	674	725
113	12	89	114	165	239	288	338	388	438	488	538	588	638	675	726
114	13	88	115	166	238	287	337	387	437	487	537	587	637	676	727
115	14	87	116	167	237	286	336	386	436	486	536	586	636	677	728
116	15	86	117	168	236	285	335	385	435	485	535	585	635	678	729
117	16	85	118	169	235	284	334	384	434	484	534	584	634	679	730
118	17	84	119	170	234	283	333	383	433	483	533	583	633	680	731
119	18	83	120	171	233	282	332	382	432	482	532	582	632	681	732
120	19	82	121	172	232	281	331	381	431	481	531	581	631	682	733
121	20	81	122	173	231	280	330	380	430	480	530	580	630	683	734
122	21	80	123	174	230	279	329	379	429	479	529	579	629	684	735
123	22	79	124	175	229	278	328	378	428	478	528	578	628	685	736
124	23	78	125	176	228	277	327	377	427	477	527	577	627	686	737
125	24	77	126	177	227	276	326	376	426	476	526	576	626	687	738

126	25	76	127	178	226	275	325	375	425	475	525	575	625	688	739
127	26	75	128	179	225	274	324	374	424	474	524	574	624	689	740
128	27	74	129	180	224	273	323	373	423	473	523	573	623	690	741
129	28	73	130	181	223	272	322	372	422	472	522	572	622	691	742
130	29	72	131	182	222	271	321	371	421	471	521	571	621	692	743
131	30	71	132	183	221	270	320	370	420	470	520	570	620	693	744
132	31	70	133	184	220	269	319	369	419	469	519	569	619	694	745
133	32	69	134	185	219	268	318	368	418	468	518	568	618	695	746
134	33	68	135	186	218	267	317	367	417	467	517	567	617	696	747
135	34	67	136	187	217	266	316	366	416	466	516	566	616	697	748
136	35	66	137	188	216	265	315	365	415	465	515	565	615	698	749
137	36	65	138	189	215	264	314	364	414	464	514	564	614	699	750
138	37	64	139	190	214	263	313	363	413	463	513	563	613	700	701
139	38	63	140	191	213	262	312	362	412	462	512	562	612	651	702
140	39	62	141	192	212	261	311	361	411	461	511	561	611	652	703
141	40	61	142	193	211	260	310	360	410	460	510	560	610	653	704
142	41	60	143	194	210	259	309	359	409	459	509	559	609	654	705

Продовж. табл. 1Д

Номер варіанта	Номери завдань														
	42	59	144	195	209	258	308	358	408	458	508	558	608	655	706
143	42	59	144	195	209	258	308	358	408	458	508	558	608	655	706
144	43	58	145	196	208	257	307	357	407	457	507	557	607	656	707
145	44	57	146	197	207	256	306	356	406	456	506	556	606	657	708
146	45	56	147	198	206	255	305	355	405	455	505	555	605	658	709
147	46	55	148	199	205	254	304	354	404	454	504	554	604	659	710
148	47	54	149	200	204	253	303	353	403	453	503	553	603	660	711
149	48	53	150	151	203	252	302	352	402	452	502	552	602	661	712
150	49	52	101	152	202	251	301	351	401	451	501	551	601	662	713
151	50	51	102	153	201	250	350	400	450	500	550	600	650	663	714

Таблиця 2Д. Значення фундаментальних фізичних сталих

Сталі	Позначення	Числове значення
Швидкість світла у вакуумі	c	$2,9979246 \cdot 10^8$ м/с
Стала Планка	h	$6,62618 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
Елементарний електричний заряд	e	$1,602189 \cdot 10^{-19}$ Кл
Число Авогадро	N	$6,022045 \cdot 10^{23}$ моль ⁻¹
Число Фарадея	F	$9,64846 \cdot 10^4$ Кл/моль
Газова стала	R	$8,3144$ Дж/(моль·К)
Маса електрона	m_e	$9,1085 \cdot 10^{-28}$ г
Маса протона	m_p	$1,673 \cdot 10^{-24}$ г

Таблиця 3Д. Значення термодинамічних функцій деяких речовин

Речовина	Агрегатний стан	ΔH_{298}^0	ΔG_{298}^0	S_{298}^0 , Дж/(моль·К)
		кДж/моль		
H ₂	Газ	0	0	130,5
H ₂ O	Газ	-241,8	-228,8	189,0
H ₂ O	Рідина	-285,8	-237,2	69,9
H ₂ O ₂	Рідина	-187,4	-117,6	105,9
HCl	Газ	-92,3	-95,2	187,7
H ₂ SO ₄	Рідина	-811,3	-724,0	157,0
H ₂ S	Газ	-20,2	-33,8	205,6
N ₂	Газ	0	0	191,5
NH ₃	Газ	-46,2	-16,7	192,5
NH ₄ Cl	Крист.	-315,4	-203,7	94,5
(NH ₄) ₂ SO ₄	Крист.	-1172,0	-1232,0	220,5
NO	Газ	+90,4	+86,7	210,2
N ₂ O	Газ	+81,6	+103,6	220,0

Продовж. табл.3Д

Речовина	Агрегатний стан	ΔH_{298}^0	ΔG_{298}^0	S_{298}^0 , Дж/(моль·К)
		кДж/моль		
NO ₂	Газ	+33,5	+51,5	240,2
N ₂ O ₄	Газ	+94,0	+98,3	304,3
Na	Крист.	0	0	51,45
Na ₂ O	Крист.	−416,0	−377,1	75,27
NaOH	Крист.	−426,6	−377,0	64,18
NiO	Крист.	−239,7	−211,6	38,0
Ni	Крист.	0	0	29,7
O ₂	Газ	0	0	205,0
PCl ₅	Газ	−277	−286,3	352,7
PCl ₃	Газ	−369,4	−324,6	311,6
P(білий)	Крист.	0	0	41,1
Pb	Крист.	0	0	64,8
PbO	Крист.	−219,3	−189,1	66,1
PbO ₂	Крист.	−276,6	−219	76,4
S(ромб)	Крист.	0	0	31,9
SO ₂	Газ	−296,9	−300,2	248,1
SO ₃	Газ	−395,2	−370,4	256,2
Si	Крист.	0	0	18,8
SiO ₂	Крист.	−910,9	−856,7	41,8
SnO ₂	Крист.	−580,8	−519,65	52,3
ZnO	Крист.	−350,6	−320,7	43,6
NH ₄ NO ₃	Крист.	−366	−184	151
CO	Газ	−110,5	−137,0	197,5

Продовж. табл.3Д

Речовина	Агрегатний стан	ΔH_{298}^0	ΔG_{298}^0	S_{298}^0 ,
		кДж/моль		Дж/(моль·К)
CO ₂	Газ	−393,5	−394,0	213,7
CH ₄	Газ	−74,9	−50,8	186,2
C ₂ H ₆	Газ	−80,7	−32,9	229,5
C ₂ H ₄	Газ	52,28	68,1	119,4
C ₂ H ₂	Газ	256,8	209,0	200,8
С (графіт)	Крист.	0	0	5,74
С (алмаз)	Крист.	1,828	2,833	2,36
CS ₂	Газ	115,3	65,1	237,8
C ₆ H ₆	Рідина	49,4	124,5	173,2
Cl ₂	Газ	0	0	223,0
Fe	Крист.	0	0	27,1
FeO	Крист.	−263,7	−244,4	59,0
Fe ₂ O ₃	Крист.	−821,32	−741,0	89,96
Fe ₃ O ₄	Крист.	−1117,0	−1014,0	146,2
Cu	Крист.	0	0	33,3
CuO	Крист.	−165,35	−127,0	42,6
Al	Крист.	0	0	28,3
Al ₂ O ₃	Крист.	−1675,0	−1576,4	50,97
FeS	Крист.	−22,7	−23,3	16,1
FeS ₂	Крист.	−42,5	−39,8	12,7

Таблиця 4Д. Потенціали іонізації і спорідненість до електрона

Порядковий номер елемента	Символ елемента	Потенціал іонізації, еВ	Спорідненість до електрона, кДж/моль
		$A^0 - \bar{e} = A^+$	$A^0 + \bar{e} = A^-$
4	Be	9,32	-18
5	B	8,30	29
6	C	11,26	123
7	N	14,53	-20
9	F	17,42	332,7
11	Na	5,14	33
12	Mg	7,65	-21
13	Al	5,97	48
14	Si	8,15	178
15	P	10,49	71
16	S	10,36	200,4
17	Cl	12,97	348,7
19	K	4,34	48
20	Ca	6,11	-186
21	Sc	6,56	-70
22	Ti	6,82	38
23	V	6,74	63
24	Cr	6,76	95
25	Mn	7,43	-94
26	Fe	7,89	56
27	Co	7,87	91
28	Ni	7,64	99
29	Cu	7,73	118,3
30	Zn	9,39	9
31	Ga	8,0	38
32	Ge	7,9	168
33	As	9,82	61
34	Se	9,75	194,9
35	Br	11,84	325
37	Rb	4,17	60
38	Sr	5,69	-146
39	Y	6,21	-39
40	Zr	6,84	43
41	Nb	6,88	109
42	Mo	7,10	114
43	Tc	7,28	96
44	Ru	7,37	171
45	Rh	7,46	163
46	Pd	8,34	98,4
47	Ag	7,58	125,5
48	Cd	8,99	-26

Продовж. табл.4Д

Порядковий номер елемента	Символ елемента	Потенціал іонізації, еВ	Спорідненість до електрона, кДж/моль
		$A^0 - \bar{e} = A^+$	$A^0 + \bar{e} = A^-$
49	In	6,79	79
50	Sn	7,34	163
51	Sb	8,64	96
52	Te	9,01	190
53	I	10,45	297
55	Cs	3,89	38
56	Ba	5,21	-47
57	La	5,58	53
58	Ce	5,47	49
59	Pr	5,42	51
60	Nd	5,49	50
61	Pm	5,55	53
62	Sm	5,63	52
63	Eu	5,64	39
64	Gd	6,16	51
65	Tb	5,85	58
66	Du	5,93	60
67	Ho	6,02	49
68	Er	6,10	67
69	Tm	6,18	64
70	Yb	6,25	32
71	Lu	5,43	79
72	Hf	7,5	-61
73	Ta	5,89	14
74	W	7,98	48
75	Re	7,88	14
76	Os	8,5	139
77	Ir	9,1	190
78	Pt	8,9	205,3
79	Au	9,23	222,7
80	Hg	10,44	-18
81	Tl	7,11	48
82	Pb	7,42	151
83	Bi	8,29	120
84	Po	8,43	127
85	At	9,2	271
87	Fr	3,98	29
88	Ra	5,28	-52
89	Ac	5,1	57
90	Th	6,1	72
91	Pa	5,9	99
92	U	6,19	112
93	Np	6,16	64

Таблиця 5Д. Залежність ступеня іонності зв'язку від різниці відносних електронегативностей ($\Delta\chi$)

Різниця електронегативностей	0	0,5	1,0	1,5	1,9	2,5	3,0	3,5
Ступінь іонності зв'язку, %	0	6	18	34	50	71	82	89
Оцінка характеру зв'язку	Ковалентний неполярний	Ковалентний полярний			Іонно-ковалентний			

Таблиця 6Д. Стандартні електродні потенціали окисно-відновних систем

Окисна форма	Число отриманих електронів	Відновна форма	ϕ^0 , В
$\text{AsO}_4^{3-} + \text{H}_2\text{O}$	2	$\text{AsO}_3^{3-} + 2\text{OH}^-$	-0,71
$2\text{AsO}_4^{3-} + 3\text{SO}_4^{2-} + 40\text{H}^+$	28	$\text{As}_2\text{S}_3 + 20\text{H}_2\text{O}$	+0,273
$\text{BrO}^- + \text{H}_2\text{O}$	2	$\text{Br}^- + 2\text{OH}^-$	+0,76
Br_2	2	2Br^-	+1,065
$2\text{BrO}_3^- + 12\text{H}^+$	10	$\text{Br}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	+1,44
$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 8\text{H}^+$	8	$\text{C}_2\text{H}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$	-0,27
$2\text{ClO}^- + 2\text{H}_2\text{O}$	2	$\text{Cl}_2 + 4\text{OH}^-$	+0,40
$2\text{ClO}_3^- + 6\text{H}_2\text{O}$	6	$\text{Cl}_2 + 12\text{OH}^-$	+0,476
Cl_2	2	2Cl^-	+1,359
$\text{ClO}_3^- + 6\text{H}^+$	6	$\text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	+1,451
$\text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}$	3	$[\text{Cr}(\text{OH})_6]^{3-} + 2\text{OH}^-$	-0,165
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+$	6	$2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$	+1,333
$\text{CrO}_4^{2-} + 8\text{H}^+$	3	$\text{Cr}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$	+1,477
$\text{Fe}(\text{OH})_3$	1	$\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$	-0,53
Fe^{3+}	1	Fe^{2+}	+0,771
2H^+	2	H_2	$\pm 0,000$
I_2	2	2I^-	+0,536
$\text{IO}_3^- + 6\text{H}^+$	6	$\text{I}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	+1,090

Продовж. табл.6Д

Окисна форма	Число отриманих електронів	Відновна форма	φ^0 , В
Cu^{2+}	1	Cu^+	+0,153
MnO_4^-	1	MnO_4^{2-}	+0,564
$\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+$	2	$\text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,228
$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+$	5	$\text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	+1,507
$\text{MnO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$	2	$\text{MnO}_2 + 4\text{OH}^-$	+0,600
$\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$	1	$\text{NO} + 2\text{OH}^-$	-0,46
$\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$	2	$\text{NO}_2^- + 2\text{OH}^-$	-0,01
$\text{N}_2 + 8\text{H}^+$	6	2NH_4^+	+0,272
$\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+$	1	$\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	+0,78
$\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+$	2	$\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$	+0,838
$\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+$	3	$\text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,957
$\text{HNO}_2 + \text{H}^+$	1	$\text{NO} + \text{H}_2\text{O}$	+0,99
$\text{O}_2 + 2\text{H}^+$	2	H_2O_2	+0,682
$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+$	2	$2\text{H}_2\text{O}$	+1,776
$\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+$	2	$\text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,449
$\text{P} + 3\text{H}_2\text{O}$	3	$\text{PH}_3 + 3\text{OH}^-$	-0,89
$\text{H}_3\text{PO}_4 + 4\text{H}^+$	4	$\text{H}_3\text{PO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,39
Sn^{4+}	2	Sn^{2+}	+0,151
S	2	S^{2-}	-0,48
$\text{S} + 2\text{H}^+$	2	H_2S	+0,17
$\text{SO}_4^{2-} + 8\text{H}^+$	8	$\text{S}^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}$	+0,15
$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$	2	$\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,20
$\text{SO}_4^{2-} + 8\text{H}^+$	6	$\text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$	+0,357
$\text{H}_2\text{SO}_3 + 4\text{H}^+$	4	$\text{S} + 3\text{H}_2\text{O}$	+0,45
$\text{SO}_2 + 4\text{H}^+$	4	$\text{S(кр.)} + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,451
$\text{SO}_4^{2-} + \text{Fe}^{2+} + 8\text{H}^+$	8	$\text{FeS(кр.)} + 4\text{H}_2\text{O}$	+0,331
$\text{SO}_4^{2-} + \text{Cu}^{2+} + 8\text{H}^+$	8	$\text{CuS(кр.)} + 4\text{H}_2\text{O}$	+0,451
$\text{SiO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O}$	4	$\text{Si} + 6\text{OH}^-$	-1,7
$\text{SiO}_3^{2-} + 6\text{H}^+$	4	$\text{Si} + 3\text{H}_2\text{O}$	-0,455
Zn^{2+}	2	Zn	-0,763

Таблиця 7Д. Значення стандартних електродних потенціалів

Рівняння електродного процесу	$\varphi^0_{\text{Me}^{n+} \text{Me}}, \text{В, при } 298 \text{ К}$	Рівняння електродного процесу	$\varphi^0_{\text{Me}^{n+} \text{Me}}, \text{В, при } 298 \text{ К}$
$\text{Li}^+ + \bar{e} \rightarrow \text{Li}$	-3,05	$\text{Co}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Co}$	-0,28
$\text{Mg}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Mg}$	-2,36	$\text{Ni}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Ni}$	-0,25
$\text{Mn}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Mn}$	-1,18	$\text{Pb}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Pb}$	-0,13
$\text{Al}^{3+} + 3\bar{e} \rightarrow \text{Al}$	-1,66	$2\text{H}^+ + 2\bar{e} \rightarrow \text{H}_2$	0
$\text{Zn}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Zn}$	-0,76	$\text{Cu}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Cu}$	+0,34
$\text{Cr}^{3+} + 3\bar{e} \rightarrow \text{Cr}$	-0,74	$\text{Ag}^+ + \bar{e} \rightarrow \text{Ag}$	+0,80
$\text{Fe}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Fe}$	-0,44	$\text{Hg}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Hg}$	+0,85
$\text{Cd}^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow \text{Cd}$	-0,40		

Таблиця 8Д. Стаціонарні потенціали металів в морській воді

Метал	$\varphi, \text{В}$	Метал	$\varphi, \text{В}$	Метал	$\varphi, \text{В}$	Метал	$\varphi, \text{В}$
Mn	-0,91	Fe	-0,50	Sn	-0,25	Cu	+0,05
Zn	-0,83	Co	-0,45	Ni	-0,02	Ag	+0,2
Al	-0,63	Pb	-0,26				

ЗМІСТ

Вступ	3
1. Газові закони	4
2. Стехіометричні закони	9
3. Термохімія та елементи хімічної термодинаміки	14
4. Будова атомів і хімічний зв'язок	20
5. Комплексні сполуки	25
6. Хімічна кінетика	29
7. Хімічна рівновага	36
8. Склад і приготування розчинів	44
9. Розчини неелектролітів	50
10. Розчини електролітів. Визначення рН розчинів. Добуток розчинності	57
11. Гідроліз солей	61
12. Окисно-відновні реакції	67
13. Гальванічні елементи	77
14. Електроліз	86
15. Корозія металів	95
Рекомендована література	104
Додаток	105

КЕЛЬІНА Світлана Юріївна
ЛІЧКО Олена Іванівна
НЕВИНСЬКИЙ Олександр Георгійович
МАЩЕНКО Валентина Василівна
КУЛАЛАЄВА Наталя Валеріївна
ГИРЛЯ Людмила Миколаївна

ЗБІРНИК ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ З ХІМІЇ

Редактор М.Д.Белікчі
Комп'ютерна правка та верстка О.С.Нойнець
Коректор Н.О.Шайкіна

Підписано до друку 05.03.2002. Формат 60х84/16. Папір офсетний.
Ум.друк.арк. 7,21. Обл.-вид.арк. 7,75. Тираж 560 прим. Вид. № 33. Зам. № 54.
Ціна договірна.

Видавництво УДМТУ, 54002, м.Миколаїв, вул.Скороходова, 5