Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та природокористування

Кафедра хімії та фізики

05-06-17

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ТА ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

до виконання контрольної та самостійної
роботи з навчальної дисципліни
„ФІЗИЧНА ХІМІЯ ТА ХІМІЯ СИЛІКАТІВ”
для студентів за напрямом підготовки 6.060101 „Будівництво”
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано методичною
комісією за напрямом
підготовки 6.060101
«Будівництво»,
протокол №3 від 19.11.2013 р.

Рівне – 2013

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Методичні вказівки та тестові завдання до виконання контрольної та самостійної роботи з навчальної дисципліни „Фізична хімія та хімія силікатів” для студентів за напрямом підготовки 6.060101 „Будівництво” денної та заочної форм навчання/ Н.М.Буденкова - Рівне: НУВГП, 2013, - 47 с.

Упорядник: Н.М.Буденкова, доцент кафедри хімії та фізики

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Відповідальний за випуск: М.В.Яцков, канд.техн.наук,
завідувач кафедри хімії та фізики

© Н.М.Буденкова, 2013
© НУВГП, 2013

Національний університет
водного господарства
та природокористування

ЗМІСТ

Стор.

ПЕРЕДМОВА.....4
1. Застосування І-го закону термодинаміки до хімічних процесів. Термохімія.....5
1.1. Алгоритм розв'язку типових задач.....5
1.2. Контрольні завдання.....7
2. ІІ-ий закон термодинаміки. Напрямок перебігу хімічних процесів.....10
2.1. Алгоритм розв'язку типових задач.....10
2.2. Контрольні завдання.....12
3. Термодинаміка хімічної рівноваги.....14
3.1. Алгоритм розв'язку типових задач.....14
3.2. Контрольні завдання.....15
4. Фізикохімія дисперсних систем.....17
4.1. Алгоритм розв'язку типових задач.....17
4.2. Контрольні завдання.....20
5. Фазові рівноваги. Рівновага в одно- і двокомпонентних системах.....22
5.1. Алгоритм розв'язку типових задач.....22
5.2. Контрольні завдання.....27
6. Хімія сполук Силіцію.....30
6.1. Алгоритм розв'язку типових задач.....31
6.2. Контрольні завдання.....33
7. Тестові завдання.....34
7.1. Застосування І-го закону термодинаміки до хімічних процесів. Термохімія.....34
7.2. ІІ-ий закон термодинаміки. Напрямок перебігу хімічних процесів.....36
7.3. Термодинаміка хімічної рівноваги.....38
7.4. Фізикохімія дисперсних систем.....39
7.5. Фазові рівноваги. Рівновага в одно- і двокомпонентних системах.....41
7.6. Хімія сполук Силіцію.....42
РЕКОМЕНДОВА ЛІТЕРАТУРА.....44
ДОДАТКИ.....45
ВАРІАНТИ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ.....47

Національний університет
водного господарства
та природокористування

ПЕРЕДМОВА

В процесі вивчення курсу „Фізична хімія та хімія силікатів" студент заочної форми навчання повинен виконати контрольну роботу. Варіант контрольної роботи визначається двома останніми цифрами коду студента в індивідуальному навчальному плані.

Питання, що входять в той чи інший варіант, вказані в кінці методичних вказівок.

Тестові завдання пропонуються студентам як денної, так і заочної форми навчання.

Контрольну роботу з даної дисципліни необхідно виконувати протягом курсу навчання, дотримуючись наступної послідовності:

а) взяти в бібліотеці рекомендовану в методичці літературу;

б) в процесі роботи з літературою необхідно зробити короткий конспект основних положень теми, законів, їх математичних та графічних виразів, хімічних формул та рівнянь;

в) після опрацювання теоретичного матеріалу кожного розділу потрібно виконати контрольну роботу, скориставшись методичними вказівками;

г) контрольну роботу потрібно оформити в учнівському зошиті, переписавши спочатку умови завдань, а потім дати чітку відповідь на них, при розв'язуванні задач необхідно коротко пояснити методику їх розв'язку. Робота повинна бути датована, підписана студентом та подана в НУВГП на кафедру хімії.

д) якщо контрольна робота має оцінку рецензента „не зараховано", її необхідно виконати вдруге, відповідно до вказаних зауважень і подати для повторного рецензування разом з попередньою роботою. Виправлення слід виконувати в кінці зошита, а не в рецензованому тексті.

Контрольна робота виконана не за власним варіантом, викладачем не рецензується і не зараховується.

Запропоновані завдання студенти денної форми навчання застосовують для написання звітів з самостійної роботи.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

1. ЗАСТОСУВАННЯ І-го ЗАКОНУ ТЕРМОДИНАМІКИ ДО ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ. ТЕРМОХІМІЯ

1.1. Алгоритм розв'язку типових задач

1.1.1. 100 г карбон(IV) оксиду знаходиться при 0^0 С та тиску $1{,}013\cdot10^5$ Па. Визначити *Q, W, ΔU, ΔH*: а) при ізотермічному розширенні до об'єму 0,2 м^3; б) при ізобарному розширенні до того самого об'єму; в) при ізохорному нагріванні до досягнення тиску $2{,}026\cdot10^5$ Па ($C_P(CO_2)$ = 37,1 Дж/моль·К).

Розв'язок.

Математичний вираз І-го закону термодинаміки в інтегральній формі має вигляд:

$$Q = \Delta U + A, \qquad (1.1)$$

де Q – теплота; U – внутрішня енергія; A - робота.

а) Для ізотермічного розширення $\Delta U = 0$ і $\Delta H = 0$, тоді:

$$Q_T = A = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}.$$

Кількість CO_2 в 100 г складає $n = \frac{m}{M} = \frac{100}{44} = 2{,}27$ моль. Початковий об'єм визначаємо за рівнянням Менделєєва-Клапейрона:

$$V_1 = \frac{nRT}{P} = \frac{2{,}27 \cdot 8{,}314 \cdot 273}{1{,}013 \cdot 10^5} = 0{,}0509 \text{ м}^3.$$

Кількість теплоти дорівнює:

$$Q = A = 2{,}27 \cdot 8{,}314 \cdot 273 \cdot \ln \frac{0{,}200}{0{,}0509} = 7070 Дж = 7{,}07 кДж.$$

б) Для ізобарного процесу:

$$Q_P = \Delta H = n \cdot C_P (T_2 - T_1); \quad \frac{V}{T} = const; \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2};$$

$$T_2 = \frac{T_1 \cdot V_2}{V_1}; \quad T_2 - T_1 = \frac{T_1 \cdot V_2}{V_1} - T_1 = \frac{T_1}{V_1}(V_2 - V_1);$$

$$Q_P = \Delta H = \frac{C_P \cdot T_1}{V_1}(V_2 - V_1);$$

Національний університет
водного господарства
та природокористування

$$Q_P = \Delta H = \frac{2{,}27 \cdot 37{,}1 \cdot 273}{0{,}0509}(0{,}200 - 0{,}0509) = 67400\,Дж;=$$

$$= 67{,}4\,кДж.$$

Робота розширення в ізобарному процесі дорівнює:

$$A = P(V_2 - V_1) = 1{,}013 \cdot 10^5\,(0{,}200 - 0{,}0509) = 15000\,Дж = 15{,}0\,кДж.$$

З рівняння (1.1) маємо:

$$\Delta U = Q - A = 67{,}4 - 15{,}0 = 52{,}4 \text{ кДж}.$$

в) Для ізохорного процесу:

$$A = 0;\ Q_V = \Delta U = n \cdot C_V\,(T_2 - T_1) = \frac{n \cdot C_V \cdot T_1}{P_1}(P_2 - P_1);$$

$$C_V = C_P - R = 37{,}1 - 8{,}31 = 28{,}8 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}.$$

Звідки:

$$Q_V = \Delta U = \frac{2{,}27 \cdot 28{,}8 \cdot 273}{1{,}013 \cdot 10^5}(2{,}026 \cdot 10^5 - 1{,}013 \cdot 10^5) =$$

$$= 17900\,Дж = 17{,}9\,кДж.$$

1.1.2. Визначити тепловий ефект реакції $CH_4 + Cl_2 = CH_3Cl + HCl$, якщо за даною температурою відомі теплові ефекти наступних реакцій:

$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O(p),$$
$$\Delta H = -890{,}31 \text{ кДж}; \quad (1)$$

$$CH_3Cl(г) + \frac{3}{2}O_2 = CO_2 + 2H_2O(p) + HCl,$$
$$\Delta H = -678{,}00 \text{ кДж}; \quad (2)$$

$$\frac{1}{2}H_2 + \frac{1}{2}Cl_2 = HCl,$$
$$\Delta H = -92{,}31 \text{ кДж}; \quad (3)$$

$$H_2 + \frac{1}{2}O_2 = H_2O(p),$$
$$\Delta H = -285{,}83 \text{ кДж}; \quad (4)$$

Розв'язок.

Щоб одержати потрібне рівняння, робимо відповідні алгебраїчні дії з наведеними термохімічними рівняннями. Сумуємо рівняння (1)

Національний університет водного господарства та природокористування

і рівняння (3), яке множимо на 2, з одержаної суми віднімаємо рівняння (2) і (4). Аналогічні алгебраїчні дії робимо з тепловими ефектами:

$$\Delta H_{X.P.} = \Delta H_1 + 2\Delta H_3 - \Delta H_2 - \Delta H_4;$$

$$\Delta H_{X.P.} = -890{,}31 + 2(-92{,}31) + 687{,}0 + 285{,}83 = -102{,}1 \text{ кДж}.$$

1.2. Контрольні завдання

1.2.1. 1 моль азоту нагрівають від 0 до 110^0 С під тиском $202{,}6 \cdot 10^3$ Па. Визначити зміну внутрішньої енергії, якщо питома теплоємність азоту дорівнює $1{,}04 \cdot 10^3$ Дж/кг · К.

1.2.2. $2{,}5 \cdot 10^{-2}$ м^3 повітря під тиском $101{,}3 \cdot 10^3$ Па розширюються до 0,1 м^3 при 15^0 С. Розрахуйте роботу і кінцевий тиск газу.

1.2.3. Питома теплота випаровування при 80^0 С дорівнює 397,1 Дж/г. Визначити зміну внутрішньої енергії при конденсації 1 моль бензену при 80^0 С (об'ємом рідини порівняно з об'ємом пари знехтувати).

1.2.4. Визначити кількість теплоти, необхідної для нагрівання 25 г O_2 при 350^0 С, якщо початковий тиск газу дорівнює $101{,}3 \cdot 10^3$ Па, а кінцевий – $506{,}5 \cdot 10^3$ Па ($C_V = 20{,}785$ Дж/моль·К).

1.2.5. Під яким тиском знаходиться азот, якщо густина його при 273 К складає 5,625 кг/м^3? Густина азоту за нормальних умов 1,25 кг/м^3.

1.2.6. 0,024 кг кисню при $p = 6{,}0795 \cdot 10^5$ Па займає об'єм $3 \cdot 10^3$ м^3. Розрахувати, який тиск необхідно для того, щоб концентрація кисню була 0,1 моль/л, якщо температура не змінюється.

1.2.7. Визначити зміну внутрішньої енергії при випаровуванні 20 г етанолу при температурі кипіння, якщо питома теплота випаровування дорівнює 857,7 Дж/г, а питомий об'єм при температурі кипіння – 607 см^3/г. Об'ємом рідини знехтувати.

1.2.8. Знайти тепловий ефект реакції $2C + 2H_2 = C_2H_4$, якщо відомі теплові ефекти наступних реакцій:

$$C_2H_4 + H_2 = C_2H_6, \qquad \Delta H = -136{,}95 \text{ кДж}; \qquad (1)$$

Національний університет
водного господарства
та природокористування

$$C_2H_6 + \frac{7}{2}O_2 = 2CO_2 + 3H_2O(p), \quad \Delta H = -1559{,}88 \text{ кДж}; \quad (2)$$

$$C + O_2 = CO_2, \quad \Delta H = -393{,}51 \text{ кДж}; \quad (3)$$

$$H_2 + \frac{1}{2}O_2 = H_2O(p), \quad \Delta H = -285{,}83 \text{ кДж}. \quad (4)$$

1.2.9. Розрахуйте теплоту утворення As_2O_3 на основі наступних даних:

$$As_2O_3 + 3H_2O(p) = 2H_3AsO_3, \quad \Delta H = 31{,}59 \text{ кДж}; \quad (1)$$

$$As(г) + \frac{3}{2}Cl_2(г) = AsCl_3(г), \quad \Delta H = -298{,}7 \text{ кДж}; \quad (2)$$

$$AsCl_3(г) + 3H_2O(p) + \quad = H_3AsO_3 \quad + 3HCl \quad ,$$

$$\Delta H = -73{,}58 \text{ кДж}; \quad (3)$$

$$\frac{1}{2}H_2(г) + \frac{1}{2}Cl_2(г) = HCl(г), \quad \Delta H = -92{,}31 \text{ кДж}; \quad (4)$$

$$HCl(г) = HCl(p) \ , \quad \Delta H = -72{,}45 \text{ кДж}; \quad (5)$$

$$H_2(г) + \frac{1}{2}O_2(г) = H_2O(p), \quad \Delta H = -285{,}83 \text{ кДж} \quad (6)$$

Національний університет
водного господарства
та природокористування

1.2.10. Теплоти нейтралізації хлоридної і бензойної кислот натрій гідроксидом дорівнюють відповідно -57,01 і -56,43 кДж/моль. Розрахувати теплоту дисоціації бензойної кислоти.

1.2.11. Розрахувати тепловий ефект реакції гідрування етилену, користуючись наступними даними:

$$2C + 2H_2 = C_2H_4, \quad \Delta H = 52{,}30 \text{ кДж}; \quad (1)$$

$$C + O_2 = CO_2, \quad \Delta H = -393{,}51 \text{ кДж}; \quad (2)$$

$$C_2H_6 + \frac{7}{2}O_2 = 2CO_2 + 3H_2O, \quad \Delta H = -1559{,}88 \text{ кДж}; \quad (3)$$

$$H_2 + \frac{1}{2}O_2 = H_2O, \quad \Delta H = -285{,}83 \text{ кДж} \quad (4)$$

1.2.12. Визначити тепловий ефект реакції синтезу акрилової кислоти:

$$CH = CH(г) + CO(г) + H_2O(p) \text{ L } CH_2 = CH - COOH(p)$$

Національний університет
водного господарства
та природокористування

за стандартним тиском і 298^0 К. Розрахуйте також тепловий ефект реакції за сталим об'ємом.

1.2.13. Тверда глюкоза згоряє за стандартних умов:

$$C_6H_{12}O_6(кр) + 6O_2(г) = 6CO_2(г) + 6H_2O(р).$$

Розрахуйте, скільки теплоти виділиться при згорянні 20 г глюкози.

1.2.14. Теплота згоряння рідкого бензену дорівнює -3267,7 кДж/моль. Теплота згоряння газоподібного ацетилену за тих самих умов складає -1299,6 кДж/моль. Розрахуйте теплоти утворення рідкого бензену і газоподібного ацетилену, а також теплоти утворення бензену з ацетилену за умов: 1) p = *const*; 2) *V* = *const*.

1.2.15. Визначити тепловий ефект реакції:

$$Al_2O_3(корунд) + 3SO_3 \text{ L } Al_2(SO_4)_3(кр.) + \Delta H_X$$

за температурою 298^0 К і тиску $1{,}013 \cdot 10^5$ н/м^3, якщо відомі теплові ефекти реакцій:

$$2Al + \frac{3}{2}O_2 = Al_2O_3 \text{ (корунд)};$$

$$\Delta H_1 = -1669{,}79 \text{ кДж/моль};$$

$$S(ромб.) + \frac{3}{2}O_2 = SO_3(г);$$

$$\Delta H_2 = -395{,}18 \text{ кДж/моль};$$

$$2Al + 3S(ромб.) + 6O_2 = Al_2(SO_4)_3(кр.);$$

$$\Delta H_3 = -3434{,}98 \text{ кДж/моль}.$$

1.2.16. Знайти зміну внутрішньої енергії при випаровуванні 1 кг води (T = -423^0 К), якщо теплота пароутворення дорівнює $2112{,}8 \cdot 10^3$ Дж/кг. Вважати пару ідеальним газом і знехтувати об'ємом рідини.

1.2.17. 5 л криптону, який знаходився за н.у., нагріли до 873^0 К за сталим об'ємом. Знайти кінцевий тиск газу і кількість теплоти, витраченої на нагрівання.

1.2.18. В посудині за 298^0 К знаходиться невідомий газ (припустимо азот або аргон). При раптовому розширенні 5 л цього газу до об'єму 6 л його температура знижується приблизно на 15^0 С. Який газ міститься в посудині?

Національний університет водного господарства та природокористування

1.2.19. Якої температури можна досягнути, якщо одноатомний, двоатомний, багатоатомний ідеальний газ за температурою 298^0 К та теплоємністю $C_V = 4{,}2 \cdot 10^4$ Дж/кмоль · град. адіабатично стиснути?

1.2.20. Тепловий ефект утворення Fe_2O_3 з простих речовин за 298^0 К і стандартному тиску дорівнює - $822{,}71 \cdot 10^6$ Дж/кмоль, а Al_2O_3 - $1670{,}91 \cdot 10^6$ Дж/моль. Знайти тепловий ефект реакції відновлення 1 кмоль Fe_2O_3 металічним алюмінієм.

2. II-ий ЗАКОН ТЕРМОДИНАМІКИ. НАПРЯМОК ПЕРЕБІГУ ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

2.1. Алгоритм розв'язку типових задач

2.1.1. Розрахуйте зміну ентропії при нагріванні 1 моль бензену від 30 до 100^0 С, якщо молярна теплота випаровування бензену дорівнює 30,88 кДж/моль, температура кипіння 80^0 С, молярні теплоємності рідкого і газоподібного бензену дорівнюють відповідно:

$$C_P(p) = 59{,}50 + 255{,}01 \cdot 10^{-3} T \text{ Дж/моль} \cdot \text{К};$$

$$C_P(г) = -21{,}09 + 400{,}12 \cdot 10^{-3} T - 169{,}87 \cdot 10^{-6} T^2 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}.$$

Розв'язок.

Процес складається з трьох стадій:

1) нагрівання рідкого бензену від 30 до 80^0 С;

2) перехід рідкого бензену від пару при 80^0 С;

3) нагрівання пари бензену від 80^0 до 100^0 С.

При нагріванні *n* моль будь-якої речовини:

$$\Delta S = n \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_P dT}{T} = n C_P \ln \frac{T_2}{T_1} \qquad (2.1)$$

Враховуючи залежність теплоємності від температури, одержуємо:

$$\Delta S = n \cdot a \ln \frac{T_2}{T_1} + nb(T_2 - T_1) + n \frac{C}{2} \left(T_2^2 - T_1^2 \right), \qquad (2.2)$$

Національний університет
водного господарства
та природокористування

або $$n \cdot a \ln \frac{T_2}{T_1} + nb(T_2 - T_1) + n \frac{C'}{2} \left(\frac{1}{T_1^2} - \frac{1}{T_2^2} \right). \qquad (2.3)$$

Зміну ентропії в стадіях 1 і 3 розраховуємо за рівнянням (2.2):

$$\Delta S_1 = 59{,}50 \cdot \ln \frac{353}{303} + 255{,}01 \cdot 10^{-3} \cdot (353 - 303) = 21{,}84 \text{ Дж/моль·К}$$

$$\Delta S_3 = (-21{,}09) \cdot \ln \frac{373}{353} + 400{,}12 \cdot 10^{-3} \cdot (373 - 353) -$$

$$- \frac{1}{2} 169{,}87 \cdot 10^{-6} \cdot (373^2 - 353^2) = 5{,}607 \, Дж / моль \cdot К.$$

<u>При фазовому переході</u>:

$$\Delta S = \frac{n \Delta H}{T}. \qquad (2.4)$$

Зміну ентропії в стадії 2 розраховуємо за рівнянням (2.4):

$$\Delta S_2 = \frac{30880}{353} = 87{,}48 \text{ Дж/моль·К.}$$

Загальна зміна ентропії складає:

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 = 21{,}84 + 87{,}48 +$$

$$+ 5{,}607 = 114{,}93 \, Дж / моль \cdot К.$$

2.1.2. Розрахувати зміну ентропії при ізотермічному розширенні 2 моль метану від p_1 = 101300 гПа до p_2 = 1013 гПа.

<u>При переході *n* моль ідеального газу з одного стану в інший:</u>

$$\Delta S = nC_V \ln \frac{T_2}{T_1} + nR \ln \frac{V_2}{V_1}, \qquad (2.5)$$

$$\Delta S = nC_P \ln \frac{T_2}{T_1} + nR \ln \frac{P_2}{P_1}. \qquad (2.6)$$

Зміну ентропії знаходимо з рівняння (2.6):

$$\Delta S = -2 \cdot 8{,}314 \cdot \ln \frac{1013}{101300} = 76{,}4 \text{ Дж/К.}$$

Національний університет
водного господарства
та природокористування

2.2. Контрольні завдання

2.2.1. Розрахуйте зміну ентропії при перетворенні 0,1 кг води, яка має $t = 0^0$ С. Питома теплота випаровування води при 100^0 С дорівнює 2,255 кДж/г; питома теплоємність рідкої води складає 4,184 дж/г·К; питома теплоємність пари при сталому тиску дорівнює 19,958 Дж/г·К.

2.2.2. Ентропія рідкого етанолу при 25 ^{0}С дорівнює 160,7 Дж/моль·К. Тиск пари при цій температурі складає 78,7 гПа, а теплота випаровування дорівнює 42,635 кДж/моль. Розрахувати ентропію пари етанолу за 1013 гПа і 25^0 С.

2.2.3. Знайдіть зміну ентропії при нагріванні 1 моль ацетону від 25 до 100^0 С, якщо питома теплота випаровування ацетону дорівнює 514,6 Дж/г, температура кипіння складає 56^0 С, молярні теплоємності рідкого ацетону $C_P(p)$ = 125 Дж/моль·К, пари ацетону

$$Cp(n) = 22{,}47 + 201{,}8 \cdot 10^{-3} T - 63{,}5 \cdot 10^{-6} T^2 \text{ Дж/моль·К.}$$

2.2.4. Розрахувати стандартну зміну енергії Гіббса для реакції $CO(г) + 2H_2(г) = CH_3OH(p)$ при 25^0 С за стандартними значеннями ентальпій утворення і абсолютних ентропій, користуючись таблицею стандартних термодинамічних величин (див.додаток 1).

2.2.5. Розрахуйте зміну ентропії реакції $COCl_2\ (г) + 2C_2H_5OH(p) = C_5H_{10}O_3(p) + 2\ HCl(г)$ за стандартних умов (див.додаток 1).

2.2.6. Розрахуйте зміну ентропії при нагріванні 1 моль хлороформу від 25 до 80^0 С, якщо молярна теплота випаровування хлороформу дорівнює 28,39 кДж/моль, температура кипіння $61{,}3^0$ С, молярні теплоємності рідкого хлороформу $C_P(p)$ = 116,3 Дж/моль·К, пари хлороформу

$$Cp(n) = 29{,}50 + 148{,}90 \cdot 10^{-3} T - 90{,}70 \cdot 10^{-6} T^2 \text{ Дж/моль · К.}$$

2.2.7. При 25^0 С ентропії ромбічної і моноклінної сірки дорівнюють відповідно 31,88 і 32,55 Дж/моль·К, а теплоти утворення складають 0,00 і 0,30 Дж/моль. Розрахуйте ΔG при 25^0 С для процесу $S_{РОМБ.} \rightarrow S_{МОН.}$.

2.2.8. Арсен(III) оксид можна одержати за реакцією:

$$2As_2S_3(кр.) + 9O_2(г) = 2As_2O_3(кр.) + 6SO_2(г).$$

За рівнянням Гіббса-Гельмгольца розрахуйте зміну енергії Гіббса в результаті реакції за стандартних умов (див.додаток 1).

Національний університет водного господарства та природокористування

2.2.9. Розрахуйте зміну енергії Гіббса для реакції утворення карбаміду $CO(NH_2)_2$ за наступними даними:

$$CO_2(г) + 2NH_3(г) = H_2O(г) + CO(NH_2)_2(т.),$$

$$\Delta G_{298} = 1{,}906 \text{ кДж}; \quad (1)$$

$$H_2O(г) = H_2(г) + \frac{1}{2} O_2(г.),$$

$$\Delta G_{298} = 228{,}61 \text{ кДж}; \quad (2)$$

$$C(графіт) + O_2(г) = CO_2(г.),$$

$$\Delta G_{298} = -394{,}37 \text{ кДж}; \quad (3)$$

$$N_2(г) + 3H_2(г) = 2NH_3(г.),$$

$$\Delta G_{298} = -32{,}96 \text{ кДж}. \quad (4)$$

2.2.10. Розрахуйте стандартну зміну енергії Гіббса для хімічних реакцій при 25^0 С за стандартними значеннями ентальпій утворення і абсолютних ентропій, користуючись таблицею стандартних величин (див.додаток 1).

Номер варіанта	Р е а к ц і я
2.2.10	$CO_2(г) + 4H_2(г) = CH_4(г) + 2H_2O(р)$
2.2.11	$SO_2(г) + Cl_2(г) = SO_2Cl_2(г)$
2.2.12	$CO(г) + Cl_2(г) = COCl_2(г)$
2.2.13	$CH_3COOH(г) + 2H_2(г) = 2CH_3OH(г)$
2.2.14	$H_2(г) + HCOH(г) = CH_3OH(г)$
2.2.15	$C_2H_5OH(р) = C_2H_4(г) + H_2O(р)$
2.2.16	$CH_4(г) + 2H_2S(г) = CS_2(р) + 4H_2(г)$
2.2.17	$CH_4(г) + 2O_2(г) = CO_2(г) + 2H_2O(р)$

2.2.18. Розрахуйте зміну енергії Гіббса для реакції:

$$6CH_2O(г) + 4NH_3(г) = (CH_2)_6N_4(кр.) + 6H_2O(р)$$

за стандартних умов, користуючись даними додатку 1.

2.1.19. Розрахуйте зміну енергії Гіббса в результаті реакції:

$$C_6H_{12}O_6(кр.) \rightarrow 2C_2H_5OH(р) + 2CO_2(г)$$

за стандартних умов, користуючись даними для величин ентальпій утворення і абсолютних ентропій (див.додаток 1).

Національний університет
водного господарства
та природокористування

2.2.20. В одній з посудин однакової ємності 3 м^3 знаходиться 28 кг азоту, а в іншій 32 кг кисню. В обох посудинах температура однакова. Знайти зміну ентропії при дифузії в результаті зіткнення вмісту цих посудин. Вважати кисень і азот ідеальними газами.

3. ТЕРМОДИНАМІКА ХІМІЧНОЇ РІВНОВАГИ

3.1. Алгоритм розв'язку типових задач

3.1.1. Розрахуйте константу рівноваги K_P при 600^0 К для реакції $2H_2 + CO \rightleftarrows CH_3OH(г)$, якщо за цією температурою для реакції $CH_3OH(г) + CO(г) \rightleftarrows CH_3COOH(г)$, $K_{P_1} = 2{,}78 \cdot 10^{-9}$ Па$^{-1}$, а для реакції:

$$2H_2 + CH_3COOH(г) \rightleftarrows 2CH_3OH(г),$$

$$K_{P_2} = 6{,}5 \cdot 10^{-6} \text{ Па}^{-1}.$$

Розв'язок.

Зміну енергії Гіббса реакції:

$$\nu_1 A_1 + \nu_2 A_2 \rightleftarrows \nu_3 A_3 + \nu_4 A_4,$$

можна розрахувати за рівнянням ізотерми:

$$\Delta G = RT\left(\ln\frac{p_3^{\nu_3} \cdot p_4^{\nu_4}}{p_1^{\nu_1} \cdot p_2^{\nu_2}} - \ln K_P\right), \qquad (3.1)$$

де p_1, p_2, p_3, p_4 – початкові парціальні тиски реагуючих речовин.

Якщо початкові парціальні тиски дорівнюють 1, то

$$\Delta G^0 = -RT \ln K_P, \qquad (3.2)$$

де ΔG^0 – стандартна зміна енергії Гіббса.

Якщо додати рівняння (3.1) до рівняння (3.2) одержуємо:

$$2H_2 + CO \rightleftarrows CH_3OH(г).$$

Тобто $\Delta G^0 = \Delta G_1^0 + \Delta G_2^0$. Враховуючи (3.2), маємо:

$$-RT \ln K_P = -RT \cdot \ln K_{P_1} - RT \ln K_{P_2}.$$

Звідси: $\ln K_P = \ln K_{P_1} + \ln K_{P_2}$ або

$$\ln K_P = K_{P_1} \cdot K_{P_2} = 2{,}78 \cdot 10^{-9} \cdot 6{,}5 \cdot 10^{-6} = 1{,}81 \cdot 10^{-14} \text{ Па}^{-2}.$$

3.1.2. Розрахувати енергію Гіббса і визначити можливість перебігу реакції $CO + Cl_2 \rightarrow COCl_2$ при 700^0 К, якщо константа

Національний університет водного господарства та природокористування

рівноваги реакції дорівнює $1{,}60685 \cdot 10^{-4}$. Парціальний тиск реагуючих речовин однаковий і дорівнює 101325 Па.

Розв'язок.

1. Запишемо рівняння, що пов'язує зміну енергії Гіббса ΔG^0 з константою рівноваги реакцій типу $A + B = C$:

$$\Delta G^0 = 2{,}3RT \cdot \lg \frac{p_C}{p_A \cdot p_B} - \lg K_{РІВН.}.$$

2. Підставимо числові значення у формулу:

$$\Delta G^0 = 2{,}3 \cdot 8{,}314 \cdot 700 \cdot \lg \frac{101325}{101325 \cdot 101325} - \lg 1{,}0685 \cdot 10^{-4}.$$

$$\Delta G^0 = -13{,}9 \text{ кДж},$$

реакція можлива, оскільки $\Delta G^0 < 0$.

3.2. Контрольні завдання

3.2.1. Розрахувати рівноважні концентрації у системі $CO + H_2O(г) \rightleftarrows CO_2 + H_2$, якщо вихідна суміш містила 2 моль CO, 3 моль H_2O у розрахунку на 1 дм^3 газової суміші. Константа хімічної рівноваги дорівнює 1.

3.2.2. У стані хімічної рівноваги системи $N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 3NH_3$ концентрація речовин дорівнює: $[N_2]$ = 3 моль/дм^3; $[H_2]$ = 9 моль/дм^3; $[NH_3]$ = 4 моль/дм^3. Визначити константу рівноваги, вихідні концентрації азоту і водню. У якому напрямку зміститься рівновага при зменшенні об'єму реакційної суміші?

3.2.3. При 873^0 К константа рівноваги K_C реакції $CO + Cl_2 \rightleftarrows COCl_2$ дорівнює 12,12. Вирахувати K_P реакції за цієї ж температури.

3.2.4. Оборотна реакція $N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$ відбувається при 723^0 К. Константа рівноваги при цій температурі дорівнює $K_P = 5{,}34 \cdot 10^{-4}$. Визначити парціальний тиск NH_3, якщо парціальні тиски N_2 і H_2 відповідно дорівнюють 65717 і 20380 Па.

3.2.5. Константа рівноваги реакції $N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$ дорівнює 0,1 при 673^0 К. Рівноважні концентрації (моль/дм^3): $[H_2]$ = 0,6; $[NH_3]$ = = 0,18. Розрахувати рівноважну концентрацію азоту.

3.2.6. Стандартна зміна енергії Гіббса для реакції $A + B = AB$ при 298^0 К дорівнює (-10,1 кДж/моль). Початкові концентрації $[A]$ = 1

моль/дм^3, $[B]$ = 1 моль/дм^3. Знайти константу рівноваги реакції і рівноважні концентрації речовин *A, B, AB*.

3.2.7. За певної температури константа рівноваги реакції термічної дисоціації $N_2O_4 \rightleftarrows 2NO_2$, K_C = 0,26. Рівноважна концентрація NO_2 дорівнює 0,28 моль/дм^3. Вирахувати рівноважну і початкову концентрації N_2O_4. Яка масова частка (в %) цієї речовини продисоціювала.

3.2.8. Вирахувати рівноважну концентрацію водню в реакції $2HJ \rightleftarrows H_2 + J_2$, якщо вихідна концентрація HJ складає 0,55 моль/дм^3, а константа рівноваги K_C = 0,12.

3.2.9. Хімічна рівновага реакції $COCl_2 \rightleftarrows CO + Cl_2$ встановилася при концентраціях реагуючих речовин (моль/дм^3): $[COCl_2]$ = 10; $[CO]$ = 2; $[Cl_2]$ = 4. У рівноважну систему додали Cl_2 у кількості 4 моль/дм^3. Визначити нові рівноважні концентрації реагуючих речовин після заміщення рівноваги.

3.2.10. Вирахувати константу рівноваги K_P реакції $2HBr \rightleftarrows H_2 + Br_2$, якщо початкова маса гідроген броміду була рівною 0,8092 г, а до моменту рівноваги прореагувало 5% вихідної речовини.

3.2.11. При змішуванні 1 моль ацетатної кислоти і 1 моль етанолу відбувається реакція:

$$CH_3COOH + C_2H_5OH \rightleftarrows CH_3COOC_2H_5 + H_2O.$$

При досягненні рівноваги в реакційній суміші знаходяться 1/3 моль кислоти, 1/3 моль спирту, 2/3 моль естеру і 2/3 моль води. Розрахуйте кількість естеру, яка буде в реакційній суміші при досягненні рівноваги, якщо взяти 1 моль кислоти і 2 моль спирту.

3.2.12. При 375^0 К константа рівноваги K_C реакції одержання хлориду сульфурилу $SO_2 + Cl_2$ *L* SO_2Cl_2 дорівнює 9,27 л/моль. Визначити рівноважну концентрацію хлориду сульфурилу, якщо вихідні концентрації диоксиду сульфуру і хлору дорівнюють 1 моль/л.

3.2.13. Розрахуйте константу рівноваги K_C реакції $2C_2H_5OH + CH_3CHO \rightleftarrows CH_3CH(OC_2H_5)_2 + H_2O$, якщо суміш 1 моль етилового спирту і 0,091 моль ацетальдегіду в рівноважному стані при 298^0 К займає об'єм 63 л, при цьому в реакцію вступає 90,72% ацетальдегіду.

3.2.14. Для реакції

Національний університет водного господарства та природокористування

$$C_2H_5OH(p) + CH_3COOH(p) \rightleftarrows CH_3COOC_2H_5(p) + H_2O(p)$$

при 298^0 К $K_C = 4$. Знайти вихід естеру (в грамах), якщо взяті 100 г спирту і 20 г ацетатної кислоти.

3.2.15. За 823 К: $1{,}013 \cdot 10^5$ Па з 1 моль *CO* і 1 моль Cl_2 до моменту досягнення рівноваги утворюється 0,2 моль фосгену. Визначити K_P і K_C реакції: $CO + Cl_2 \rightleftarrows COCl_2$.

3.2.16. Ступені дисоціації водяної пари $H_2O(г) \rightleftarrows H_2 + 1/2O_2$ і диоксиду карбону $CO_2 \rightleftarrows CO + 1/2\ O_2$ за 1500^0 К дорівнюють відповідно $2{,}21 \cdot 10^{-4}$ і $4{,}8 \cdot 10^{-4}$. Розрахуйте при цій температурі константу рівноваги K_P реакції $CO + H_2O(г) \rightleftarrows CO_2 + H_2$.

3.2.17. За 717^0 К константа рівноваги K_P реакції $H_2 + J_2 \rightleftarrows 2HJ$ дорівнює 50. Скільки моль H_2 треба додати до 1 моль *HJ*, щоб ступінь дисоціації стала дорівнювати 10%?

3.2.18. Визначити константу рівноваги K_P реакції $2NO_2 \rightleftarrows 2NO + O_2$ при 767^0 К, якщо ступінь дисоціації диоксиду нітрогену при 767^0 К і $0{,}99 \cdot 10^5$ Па дорівнює 0,565.

3.2.19. Визначити константу рівноваги K_P реакції окиснення метилового спирту за стандартних умов:

$$2CH_3OH(г) + O_2 \rightleftarrows 2HCOH(г) + 2H_2O(г).$$

3.2.20. Константа рівноваги реакції $CO + H_2O \rightleftarrows CO_2 + H_2$ при 373^0 К дорівнює $3{,}85 \cdot 10^3$. В якому напрямку буде відбуватись реакція, якщо вихідні парціальні тиски реагуючих речовин дорівнюють: $p_{CO} = 2{,}026 \cdot 10^5$ Па; $p_{H_2O} = 1{,}013 \cdot 10^5$ Па; $p_{CO_2} = 3{,}039 \cdot 10^5$ Па; $p_{H_2} = 6{,}078 \cdot 10^5$ Па.

4. ФІЗИКОХІМІЯ ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ

4.1. Алгоритм розв'язку типових задач

4.1.1. Визначити питому поверхню силікагелю (в $м^2/кг$), якщо частинки його осідають у водному середовищі на відстань 0,235 м за 1500 с (частинки мають сферичну форму). Густина силікагелю - 1,57 $г/см^3$, води 1 $г/см^3$, в'язкість води $1 \cdot 10^{-3}$ Па · с.

Розв'язок.

В дисперсних системах, в яких відсутній броунівський рух частинок ($d > 5$ мкм), останні завдяки дії сили тяжіння поступово

Національний університет водного господарства та природокористування

осідають. Швидкість ламінарного руху сферичної частинки, яка осідає під дією сили тяжіння, знаходять за допомогою рівняння:

$$V = \frac{2r^2(\rho - \rho_0)\cdot q}{9\eta}, \qquad (4.1)$$

де q – прискорення сили тяжіння; ρ і ρ_0 – густина частинок дисперсної фази і дисперсного середовища відповідно; r – радіус частинки; η – в'язкість дисперсного середовища.

Рівняння 4.1 широко застосовують в седиментаційному методі аналізу для визначення розміру частинок:

$$r = \sqrt{\frac{9qV}{2(\rho - \rho_0)\cdot q}}, \qquad (4.2)$$

де V –швидкість руху частинки, яку знаходять з відношення шляху h до часу t, за який цей шлях був пройдений.

Визначаємо радіус частинок за рівнянням 4.2.

$$r = \sqrt{\frac{9\cdot 1\cdot 10^{-3}\cdot 0{,}235}{2(1{,}57-1)\cdot 10^3\cdot 9{,}81\cdot 1500}} = 1{,}123\cdot 10^{-5}\,м = 11{,}23 мкм.$$

Питому поверхню знаходять як відношення поверхні частинок до її об'єму або маси:

$$S_{ПИТ.} = \frac{S}{V},\ м^{-1} \qquad \text{або} \qquad S_{ПИТ.} = \frac{S}{m},\ м^2/кг \qquad (4.3)$$

Питома поверхня дисперсної системи із сферичними частинками може бути розрахована за рівнянням:

$$S_{ПИТ.} = \frac{3}{r},\ м^{-1} \qquad (4.4)$$

або

$$S_{ПИТ.} = \frac{3}{r\cdot\rho},\ м^2/кг \qquad (4.5)$$

де r – радіус частинки, ρ – густина дисперсної фази.

Знаходимо питому поверхню за рівнянням (4.5):

$$S_{ПИТ.} = \frac{3}{1{,}123\cdot 10^{-5}\cdot 1{,}57\cdot 10^3} = 170{,}15\ м^2/кг.$$

4.1.2. Золь аргентум йодиду одержаний при додаванні до 0,5 л 0,02М розчину *KJ* 0,25 л 0,01М розчину $AgNO_3$. Який заряд мають колоїдні частинки золю і яка будова міцели?

Національний університет водного господарства та природокористування

Розв'язок.

Запишемо рівняння реакції одержання золю аргентум йодиду:

$$AgNO_3 + KJ \rightarrow AgJ + KNO_3.$$

Формула міцели і заряд частинок AgJ буде залежати від того, який з розчинів електролітів знаходиться в залишку (він буде стабілізатором).

В 0,5 л 0,02М розчину KJ міститься $0{,}5 \cdot 0{,}02 = 0{,}01$ моль, а в 0,25 л 0,01М розчину $AgNO_3$ – $0{,}25 \cdot 0{,}01 = 0{,}0025$ моль.

Отже, в залишку KJ, тому міцела має наступну будову:

$$\left\{m[AgJ] \cdot nJ^- (n-x)K^+\right\}^{x-} \cdot xK^+.$$

Заряд колоїдних часточок золю негативний.

4.1.3. Гідрозоль $Al(OH)_3$ стабілізований залишком $AlCl_3$. Який об'єм (л) розчину K_2CrO_4 з концентрацією 0,005 моль/л треба додати до 0,05 л золю, щоб викликати його явну коагуляцію? Який з йонів доданого електроліту викликає коагулюючу дію. Поріг коагуляції гідрозолю $Al(OH)_3$ дорівнює 0,15 ммоль/л.

Розв'язок.

Найменша концентрація електроліту в ммоль/л, яка необхідна для явної коагуляції золю за певний проміжок часу, називається „порогом коагуляції":

$$\gamma = \frac{C_{ЕЛ.} \cdot V_{ЕЛ.}}{V_{ЗОЛЮ}}, \qquad (4.6)$$

де $C_{ЕЛ.}$ – концентрація доданого електроліта, $V_{ЕЛ.}$ – об'єм його розчину, який викликав коагуляцію, $V_{ЗОЛЮ}$ – об'єм золю, який досліджується.

Величину обернену порогу коагуляції називають коагулюючою здатністю, її позначають V_K і визначають за рівнянням:

$$V_K = \frac{1}{\gamma}, \qquad (4.7)$$

Вона показує об'єм золю, який зкоагульований з 1 ммоль йона-коагулятора. Об'єм електроліта-коагулятора K_2CrO_4 визначаємо за рівнянням (4.6):

$$V_{ЕЛ.} = \frac{0{,}15 \cdot 10^{-3}\ моль/л \cdot 0{,}05 л}{0{,}05\ моль/л} = 0{,}015 л.$$

Національний університет водного господарства та природокористування

Записуємо формулу міцели гідрозолю $Al(OH)_3$, щоб визначити знак заряду колоїдної гранули:

$$\left\{m[Al(OH)_3]\cdot nAl^{3+}\cdot 3(n-x)Cl^-\right\}^{3x+}\cdot 3xCl^-.$$

Заряд колоїдної гранули – позитивний. Заряд, протилежний заряду колоїдної гранули, має CrO_4^{2-}-йон, йому властива коагулюючи дія.

4.2. Контрольні завдання

4.2.1. Гідрозоль $Al(OH)_3$ стабілізований залишком $AlCl_3$. Який об'єм (л) розчину K_2CrO_4 з концентрацією 0,02 моль/л треба додати до 10,0 мг гідрозолю, щоб викликати його коагуляцію? Який з йонів електроліту обумовлює коагулюючу дію? Поріг коагуляції золю 0,63 ммоль/л..

4.2.2. До 100,0 мл 0,3% розчину $NaCl$ (ρ = 1 г/см^3) додали 25,0 мл розчину $AgNO_3$ з концентрацією 0,01 моль/л. Для дослідження процесу коагуляції до одержаного гідрозолю $AgCl$ додали розчини електролітів: KBr, $Ba(NO_3)_2$, K_2CrO_4, $MgSO_4$, $AlBr_3$. Для якого з доданих електролітів гідрозоль буде мати найменший поріг коагуляції? Відповідь мотивуйте.

4.2.3. В дві пробірки налили по 50,0 мл гідрозолю силікатної кислоти, щоб викликати явну коагуляцію золю необхідно додати в першу пробірку 5,0 мл розчину KCl з концентрацією 0,1 моль/л, в другу – 25,0 мл розчину K_2SO_4 з концентрацією 0,01 моль/л. Розрахуйте пороги коагуляції гідрозолю електролітами, визначити знак заряду колоїдної частки, оцініть коагулюючу дію йонів.

4.2.4. В три пробірки налили по 5,0 мл золю ферум(II) гідроксиду. Коагуляція золю наступає, якщо додати в першу пробірку 1,05 мл розчину KCl з концентрацією 0,5 моль/л, в другу – 3,0 мл розчину K_2SO_4 з концентрацією 0,02 моль/л, в третю – 0,9 мл розчину K_3PO_4 з концентрацією 0,003 моль/л. Розрахуйте пороги коагуляції гідрозолю електролітами, визначити знак заряду колоїдної частинки золю, оцініть коагулюючу дію йонів.

4.2.5. Розрахуйте радіус частинок полідисперсної суспензії цементу, яка складається з трьох монодисперсних фракцій, які осідають в дисперсійному середовищі під дією сили тяжіння при 298^0 К, якщо густина частинок $1\cdot10^4$ кг/м^3, густина середовища

$1 \cdot 10^3$ кг/м^3, в'язкість середовища $1 \cdot 10^{-3}$ Па·с. Частинки монодисперсних фракцій осіли на відстань 0,1 м за 5 с., 10 хв. і 1,5 години.

4.2.6. Розрахуйте розмір частинок дисперсної фази трьох монодисперсних фракцій полідисперсної суспензії цементу, які осідають у воді під дією сили тяжіння при 298^0 К, якщо густина частинок $5 \cdot 10^3$ кг/м^3, густина води 1 г/см^3, в'язкість води $1 \cdot 10^{-3}$ Па·с. Частинки фракцій осіли на відстань 0,01 м: I – за 10 с.; II – за 5 хв.; III – за 1 годину.

4.2.7. Розрахуйте, за який час частинки гідрозолю срібла під дією сили тяжіння осядуть на відстань 1 см, якщо дисперсність частинок 10 мкм$^{-1}$. Густина дисперсної фази 10% г/см^3, дисперсійного середовища – 1,0 г/см^3. В'язкість дисперсійного середовища $1 \cdot 10^{-3}$ Па·с.

4.2.8. Розрахувати час, за який сферичні частинки барій сульфату осядуть у воді на відстань 22,6 см, якщо питома поверхня барій сульфату складає 142 м^2/кг, густина дисперсної фази 4,5 г/см^3, дисперсійного середовища 1 г/см^3, в'язкість води $1 \cdot 10^{-3}$ Па·с.

4.2.9. Використовуючи дані табл.4.1 напишіть формулу міцели гідрозолю, одержаного конденсаційним методом за допомогою наведеної хімічної реакції з вказаним стабілізатором і визначіть йони, які утворюють потенціалвизначальний, адсорбційний і дифузійний шари. Як заряджена частинка гідрозолю?

Номер варіанта	Хімічна реакція	Стабілізатор
4.2.9	$H_2S + 1/2O_2 \rightarrow S\downarrow + H_2O$	$H_2S_5O_6$
4.2.10	$8KMnO_4 + 3Na_2S_2O_3 + H_2O \rightarrow$ $\rightarrow 8\,MnO_2\downarrow + 3Na_2SO_4 + 3K_2SO_4 + 2KOH$	$KMnO_4$
4.2.11	$Ba(NO_3)_2 + K_2SO_4 \rightarrow BaSO_4\downarrow + 2KNO_3$	$Ba(NO_3)_2$
4.2.12	$Ba(NO_3)_2 + K_2SO_4 \rightarrow BaSO_4\downarrow + 2KNO_3$	K_2SO_4
4.2.13	$3K_4[Fe(CN)_6] + 4FeCl_3 \rightarrow$ $\rightarrow Fe_4[Fe(CN)_6]_3\downarrow + 12KCl$	$K_4[Fe(CN)_6]$
4.2.14	$3K_4[Fe(CN)_6] + 4FeCl_3 \rightarrow$ $\rightarrow Fe_4[Fe(CN)_6]_3\downarrow + 12KCl$	$FeCl_3$
4.2.15	$AgNO_3 + KBr \rightarrow AgBr\downarrow + KNO_3$	$AgNO_3$
4.2.16	$AgNO_3 + KBr \rightarrow AgBr\downarrow + KNO_3$	KBr
4.2.17	$2KAuO_2 + 3HCHO + K_2CO_3 \rightarrow$ $\rightarrow 2Au\downarrow + 3HCOOK + KHCO_3 + H_2O$	$KAuO_2$
4.2.18	$FeCl_3 + 3H_2O \rightarrow Fe(OH)_3\downarrow + 3HCl$	$FeOCl$

4.2.19. Масова концентрація гідрозолю золота 2 г/дм^3, густина частинок дисперсної фази 19,3 г/см^3, частинки мають сферичну форму з радіусом $5 \cdot 10^{-9}$ м. Скільки частинок міститься в 1 м^3 золю? Яка питома поверхня частинок гідрозолю (м$^{-1}$).

4.2.20. Визначити питому поверхню цементу (в розрахунку на одиницю маси), якщо частинки цементу осідають у водному середовищі на відстань 20 см за 20 хвилин. Густина цементу складає 4,5 г/см^3, води - 1 г/см^3, в'язкість води $1 \cdot 10^{-3}$ Па (форма частинок сферична).

5. ФАЗОВІ РІВНОВАГИ. РІВНОВАГИ В ОДНО- І ДВОКОМПОНЕНТНИХ СИСТЕМАХ

5.1. Алгоритм розв'язку типових задач

5.1.1. Розрахуйте число компонентів, фаз і ступенів свободи в рівноважній системі:

$$NH_4HCO_3(кр.) \rightleftarrows NH_3(г) + CO_2(г) + H_2O(г).$$

при 383^0 К для суміші NH_3, CO_2, H_2O, які взяті в довільних співвідношеннях, якщо відомо значення константи рівноваги. Число зовнішніх факторів, які впливають на систему, дорівнюють 2.

Розв'язок.

Рівновага в гетерогенних системах описується правилом фаз Гіббса:

$$C = K - Ф + n,$$

де C – число ступенів свободи; $Ф$ – число фаз; K – число компонентів; n – число зовнішніх факторів, які впливають на систему.

Якщо на рівновагу впливають тільки температура і тиск, то $n = 2$ і правило фаз приймає вигляд:

$$C = K - Ф + 2,$$

число компонентів дорівнює числу речовин, які складають систему (k), мінус число рівнянь (x), зв'язуючих їх концентрації в рівноважній системі:

$$K = k - x.$$

При довільному співвідношенні між NH_3, CO_2 і H_2O існує тільки одне рівняння, яке зв'язує концентрації цих речовин (константа рівноваги), тому $K = 4\text{-}1 = 3$.

Національний університет водного господарства та природокористування

Число фаз в системі дорівнює двом: тверда (NH_4HCO_3) і газоподібна (NH_3, CO_2 і H_2O). Число ступенів свободи:

$$C = K + 2 - \Phi = 3 + 2 - 2 = 3.$$

(температура, тиск і концентрація одного з газів).

5.1.2. На діаграмі стану двокомпонентної системи Al_2O_3–SiO_2 (рис.5.1) визначити:

а) число, рід фаз і кількість ступенів свободи в точках 1, 2, 3 і 4;

б) провести шляхи кристалізації розплавів суміші, які відповідають складам: 90% Al_2O_3 і 10% SiO_2; 65% Al_2O_3 і 35% SiO_2; 15% Al_2O_3 і 85% SiO_2;

в) визначити кількість розплаву і твердої фази, якщо розплав В охолодити до температури 1810^0 С, а також до початку перитектичної реакції після її закінчення;

г) визначити склад вихідної суміші, якщо рідка фаза при 1650^0 С складає 89% SiO_2 і 11% Al_2O_3. Склад твердої фази - муліту – відповідає 71,8% Al_2O_3 і 28,2 SiO_2; кількість розплаву – 40%.

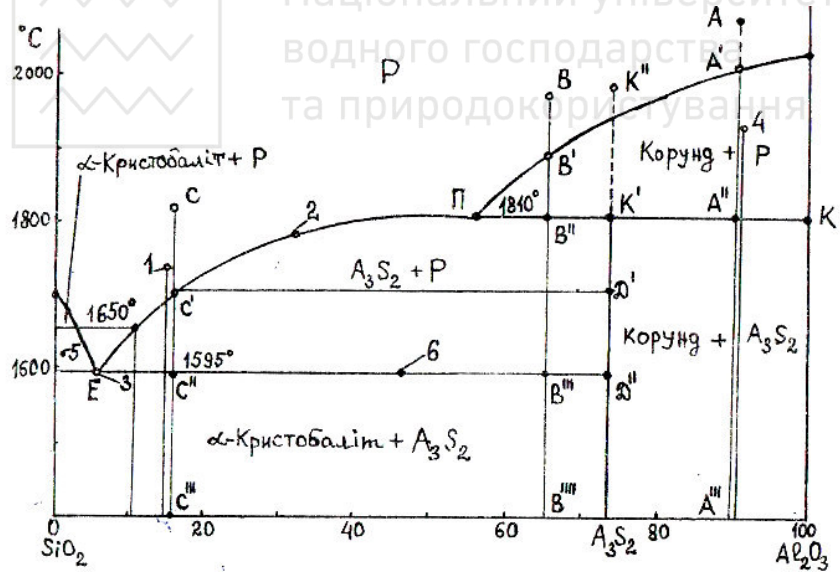


Рис.5.1. Діаграма стану системи Al_2O_3-SiO_2

Національний університет водного господарства та природокористування

Розв'язок.

а) Точка 1 відповідає складу суміші 14% Al_2O_3 і 86% SiO_2, яка нагріта до температури 1760^0 С і знаходяться в розплаві. Таким чином, в системі є одна рідка фаза, а число ступенів свободи при даних умовах буде $C = K\text{-}Ф+I = 2\text{-}1+1=2$.

Точка 2 лежить на ліквідусі, тому рідина (розплав) в цій точці знаходиться в рівновазі з твердою фазою – мулітом ($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$), тобто в ній дві фази. Тоді кількість ступенів свободи буде дорівнювати: $c = 2\text{-}2+1 = 1$.

Точка 3 є евтектичною точкою. В ній знаходяться дві тверді фази муліту і корунду (Al_2O_3), також рідка фаза складу 5,5% Al_2O_3 і 94,5% SiO_2. Тому кількість ступенів свободи буде $C = 2\text{-}3+1 = 0$.

Точка 4 має склад суміші 91% Al_2O_3 і 9% SiO_2, яка нагріта до 1920^0 С і знаходиться під ліквідусом. В цій області є дві фази: тверда фаза корунду і рідка фаза розплаву корунду і кварцу. Кількість ступенів свободи при цьому буде $C = 2\text{-}2+1 = I$.

б) В точці A є одна рідка фаза постійного складу. При охолодженні точка A переміщується до точки A^I, яка лежить на кривій ліквідуса. При цьому ніяких фазових змін не відбувається. В точці A^I з'являються кристали корунду, які знаходяться в рівновазі з розплавом складу A^I. При подальшому охолодженні суміші точка A^I переміщується до точки A^{II}. За цей час буде кристалізуватися корунд, а склад рідкої фази змінюється по кривій ліквідуса A_{II}^{I} до перитектичної точки II.

В точці A^{II} протікає перитектична реакція між рідкою фазою E_2 і твердою фазою корунду з утворенням твердого муліту. При подальшому охолодженні суміші твердих фаз і корунду від A^{II} до A^{III} фазових змін не відбувається.

Точка В відповідає рідкому стану. При охолодженні від точки B до B^I зберігається одна фаза – розплав складає 65% Al_2O_3 і 35% SiO_2. В точці B^I з'являється тверда фаза – корунд. При подальшому охолодженні від точки B^I до B^{II} склад рідкої фази змінюється по кривій ліквідуса від B^I до перитектики II. В точці B^{II} протікає перитектична реакція між рідкою фазою складу II і кристалами корунду з утворенням твердої фази муліту. Закінчується кристалізація суміші складу точки B в точці B^{III}, тобто коли склад розплаву буде відповідати евтектичній точці E. При цьому тверді фази будуть такими ж, як і для суміші точки B^{II}.

Національний університет водного господарства та природокористування

Точка C відповідає рідкій фазі складу 15% Al_2O_3 і 85% SiO_2. До досягнення точки C^I при охолодженні розплаву склад його не змінюється. В точці C^I, яка лежить на ліквідусі, з розплаву починає кристалізуватися муліт і розплав збагачується кремнеземом тому, що муліт містить більше Al_2O_3 ніж суміш C. Якщо з точки C^I провести коноду C^ID^I, то її кінці вкажуть склад рівноважних фаз C^I – рідкої, а D^I – твердої. Склад рідкої фази в міру охолодження зміщується по кривій ліквідуса C^IE. В точці E кристалізація закінчується з виділенням одночасно кристалів муліту і α-кристалобаліту. Склад рідкої і твердої фаз в точці E до початку кристалізації евтектики вказують кінці коноди E-D. При подальшому охолодженні від точки C^{II} до C^{III} фазових змін не відбувається і точка C^{II} переміщується в твердому двофазному полі постійного складу „муліт-α-кристалобаліт”.

Розглянуті шляхи кристалізації представлені в таблиці 5.1.

в) До початку реакції на горизонталі ПК перитектичної реакції точка B^{II} відповідає вихідному розплаву B. Кількість розплаву при цьому буде:

Національний університет водного господарства та природокористування

Таблиця 5.1

Точки виходу суміші	Точка складу рідкої фази	Тверді фази	Примітка
A $A \rightarrow A^I$ A^I $A^I \rightarrow A^{II}$ A^{II}	A $A \rightarrow A^I$ A^I $A^I \rightarrow II$ зникає II	- - З’являється $A1_2O_3$ $A1_2O_3$ З’являється $3A1_2O_3 \cdot 2SiO_2$+ $+ A1_2O_3$	Реакція II+$A1_2O_3 \rightarrow$ $\rightarrow 3A1_2O_3 \cdot SiO_2$. В продукті реакції надлишок $A1_2O_3$. Рідка фаза II зникає
нижче A^{II}	-	$A1_2O_3$ + $+ 3A1_2O_3 \cdot 2SiO_2$	

Національний університет водного господарства та природокористування

Прод.таблиці 5.1

B $B \rightarrow B^I$ B^I $B^I \rightarrow B^{II}$ B^{II}	B $B \rightarrow B^I$ B^I $B^I \rightarrow II$ II	- - З'являється $A1_2O_3$ $A1_2O_3$ Зникає $A1_2O_3$, а з'являється $3A1_2O_3 \cdot 2SiO_2$	Реакція $II+A1_2O_3 \rightarrow$ $\rightarrow 3A1_2O_3 \cdot 2SiO_2$. В продукті реакції також надлишкова рідка фаза. Зникає тверда фаза $A1_2O_3$.
$B^{II} \rightarrow B^{III}$ B^{III}	$II \rightarrow E$ зникає E	$3A1_2O_3 \cdot 2SiO_2$ з'являється SiO_2+ $+3A1_2O_3 \cdot 2SiO_2$	
нижче B^{III}	-	$3A1_2O_3 \cdot 2SiO_2 +$ $+SiO_2$	
C $C \rightarrow C^I$ C	C $C \rightarrow C^I$ C^I	З'являється $3A1_2O_3 \cdot 2SiO_2$	
$C^I \rightarrow C^{II}$ C^{II}	$C^I \rightarrow E$ зникає E	$3A1_2O_3 \cdot 2SiO_2$ З'являється SiO_2+ $+3A1_2O_3 \cdot 2SiO_2$	
нижче C	немає	$3A1_2O_3 \cdot 2SiO_2+$ $+SiO_2$	

$$P = \frac{l_{B^{II} \cdot K}}{l_{ПК}} \cdot 100 = \frac{63}{80} \cdot 100 = 78{,}75\%.$$

Кількість твердої фази (α– Al_2O_3) складає:

$$q\alpha - Al_2O_3 = 100 - 78{,}75 = 21{,}25\%.$$

По закінченні реакції твердою фазою буде муліт. На коноді ПК точка K^I відповідає складу муліту. Кількість розплаву при цьому буде:

Національний університет
водного господарства
та природокористування

$$P = \frac{l_{B^{II} \cdot K^{I}}}{l_{ПК}} \cdot 100 = \frac{15}{33} \cdot 100 = 45{,}4\%.$$

Кількість твердої фази складає:

$$q_{3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2} = 100 - 45{,}4 = 54{,}6\%.$$

г) Проводимо горизонтальну лінію при температурі 1650^0 С до перетину її з кривою ліквідуса ЕП і знаходимо склад розплаву – 11,8% $A1_2O_3$ і 28,2% SiO_2. Приймаючи масу вихідної суміші за 100%, вміст $A1_2O_3$ в рідкій фазі складає:

$$X^{I}_{Al_2O_3} = \frac{40 \cdot 11{,}8}{100} = 4{,}72\%.$$

Вміст $A1_2O_3$ в твердій фазі буде:

$$X^{II}_{Al_2O_3} = \frac{(100 - 40) \cdot 71{,}8}{100} = 43{,}08\%.$$

Загальний вміст віст $A1_2O_3$ в вихідній суміші дорівнює:

$$X_{Al_2O_3} = X^{I}_{Al_2O_3} + X^{II}_{Al_2O_3} = 4{,}72 + 43{,}08 = 46{,}8\%.$$

Вміст SiO_2 в вихідній суміші буде:

$$X_{SiO_2} = 100 - 47{,}8 = 52{,}2\%.$$

Національний університет
водного господарства
та природокористування

5.2. Контрольні завдання

5.2.1. Розрахувати число ступенів свободи для рівноважної системи: $CaCO_3 \xleftrightarrow{t} CaO + CO_2$. Число зовнішніх факторів n=1. Відповідь мотивуйте.

5.2.2. Розрахувати число ступенів свободи рівноважної системи, яка складається з водного розчину Na_2SiO_3, кристалів льоду і водяної пари (із зовнішніх факторів на систему впливають тиск і температура). Відповідь мотивуйте.

5.2.3. Виведіть рівняння основного закону фазової рівноваги, виходячи з умов фазової рівноваги у багатофазній багатокомпонентній системі.

5.2.4. Скільки фаз і ступенів свободи на площині, лінії і в потрійній точці на діаграмі стану води? За яких умов система має мінімум ступенів свободи. Чому він дорівнює?

5.2.5. Виведіть рівняння Клапейрона-Клаузіуса, виходячи з умов фазової рівноваги в однокомпонентній двофазній системі.

5.2.6. Наведіть рівняння Клапейрона-Клаузіуса для процесів плавлення та дайте його аналіз. Проінтегруйте наведене рівняння. У чому полягає практичне застосування отриманого рівняння?

5.2.7. Наведіть приклад застосування правила фаз Гіббса щодо аналізу фазових діаграм.

5.2.8. Дайте аналіз діаграм плавкості з простою евтектикою. Наведіть приклади побудови діаграм плавкості за допомогою кривих охолодження. Що називається евтектикою та евтектичною температурою?

5.2.9. Дайте аналіз діаграм плавкості зі складною евтектикою. Що називають лініями ліквідуса та солідуса?

5.2.10. На діаграмі стану системи $CaO–SiO_2$ (рис.5.2) визначити число фаз і кількість ступенів свободи в точках 1, 2, 3, 4.

Рис.5.2. Діаграма стану системи $CaO–SiO_2$

5.2.11. На діаграмі стану системи $CaO–SiO_2$ (рис.5.2) провести шляхи кристалізації розплавів суміші, які відповідають складам: 20% CaO і 80% SiO_2; 30% CaO і 70% SiO_2; 90% CaO і 10% SiO_2.

5.2.12. За діаграмою стану системи $CaO–SiO_2$ (рис.5.2) визначити, яку кількість (в %) CaO необхідно додати до розплаву складу 75% SiO_2 і 25% CaO, щоб він кристалізувався при температурі 1500^0C.

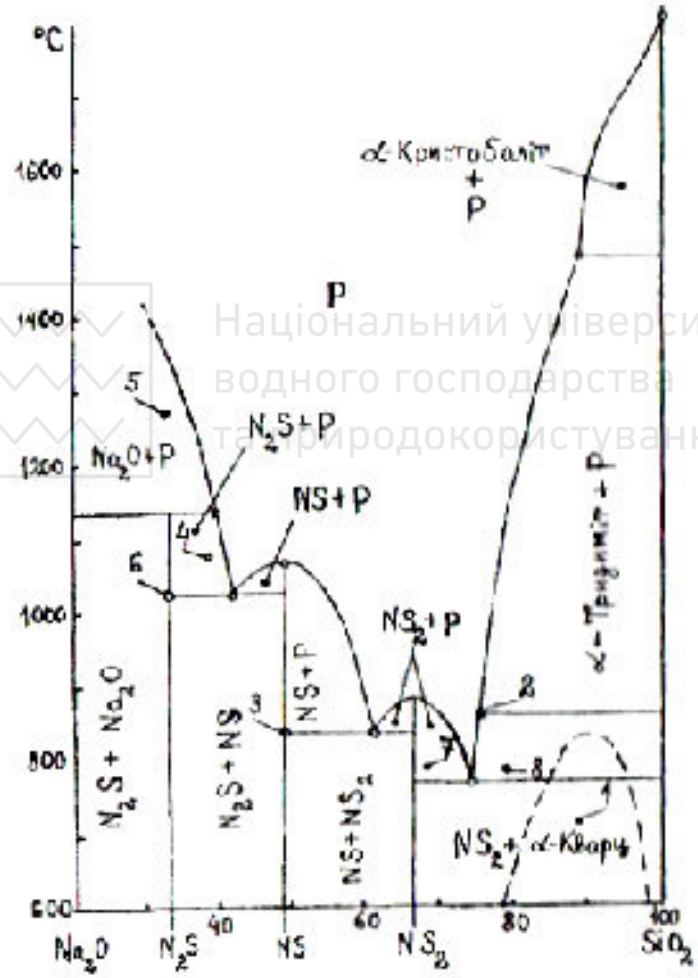


Рис.5.3. Діаграма стану системи $Na_2O–SiO_2$

Національний університет водного господарства та природокористування

5.2.13. Вихідний розплав має склад 70% SiO_2 і 30% CaO (рис.5.2). Визначити вміст твердої фази (в %), яка виділяється при охолодженні до початку кристалізації евтектики 1430^0 С.

5.2.14. На діаграмі стану $Na_2O–SiO_2$ (рис.5.3) визначити число фаз і кількість ступені свободи в точках 1, 2, 3, 4.

5.2.15. На діаграмі стану системи $Na_2O–SiO_2$ (рис.5.3) провести шляхи кристалізації розплавів суміші, які відповідають складам: 30% SiO_2 і 70% Na_2O; 47% SiO_2 і 53% Na_2O; 90% SiO_2 і 10% Na_2O.

5.2.16. Склад вихідної суміші 70% SiO_2 і 30% Na_2O (рис.5.3). Визначити за 800^0 С вміст рідкої і твердої фаз, а також їх склад.

5.2.17. Розплав, який містить 90% SiO_2 і 10% Na_2O охолодили до 1100^0 С. Визначити (в %), яка кількість розплаву затверділа.

5.2.18. Діаграма стану SiO_2 за Фенером.

5.2.19. Розрахуйте число компонентів у системі, яка описується рівнянням реакції:

$$CaCO_3(тв.) \rightleftarrows CaO(тв.) + CO_2(газ.).$$

5.2.20. Обчислити число компонентів у системі, яка описується рівнянням реакції:

$$Na_2CO_3(тв.) + SiO_2(тв.) \rightarrow Na_2SiO_3(тв.) + CO_2(газ.).$$

Національний університет водного господарства та природокористування

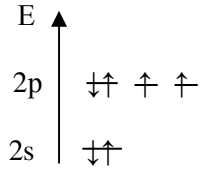
6. ХІМІЯ СПОЛУК СИЛІЦІЮ

6.1. Алгоритм розв'язку типових задач

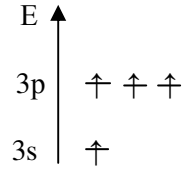
6.1.1. Пояснити, чому силоксановий зв'язок $Si–O$ є одним з найміцніших зв'язків (довжина зв'язку 0,171 нм, енергія зв'язку 470,4 кДж (моль), які утворює Силіцій.

Розв'язок.

Заповнення електронами зовнішнього шару атома Оксигену описується електронною формулою $_8O[1s^2]2s^22p^4$ та енергетичною схемою:



У атома Силіцію заповнення зовнішнього електронного шару в збудженому стані описується електронною формулою $_{14}Si[1s^2 2s^2 2p^6]3s^1 3p^3$ і енергетичною схемою:



Наявність неподільних *2p*-електронів атома Оксигену і вільних *3d*-орбіталей атома Силіцію надає можливість додатково утворити *π*-зв'язок, окрім *σ*-зв'язку між гібридизованими *s* і *p*-електронами атома Силіцію і *p*-електронами атома Оксигену. Він отримав назву *pπ-dπ*-зв'язку (рис.6.1.) Ступінь йонності силоксанового зв'язку дорівнює – 50%.

6.1.2. При лужному гідролізі 20 мг частково метильованого дисилану $Si_2H_{6-X}(CH_3)_X$ утворилося 27,8 мл водню за 294^0 К і тиску 97480 Па.

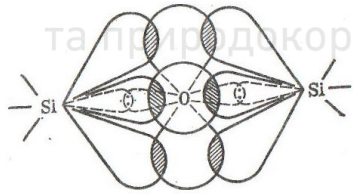


Рис.6.1. pπ-dπ-зв'язок

1. Вказати механізм реакції гідролізу дисилану. Пояснити, чому зв'язок *Si-Si* при гідролізі розривається і чому гідролізується зв'язок *Si-H*.

2. Розрахуйте ступінь заміщення „*X*" в метильованому дисилані.

3. Вкажіть, скільки ізомерів може мати розглянута сполука і наведіть їхні структурні формули. Напишіть рівняння реакції гідролізу метильованого дисилану.

Розв'язок.

Силани гідролізуються в лужному розчині. Зв'язок *Si-H* взаємодіє з протонами води з утворенням молекулярного водню:

$$\equiv Si - H + HOH \xrightarrow{OH^-} \equiv Si - OH + H_2.$$

Національний університет водного господарства та природокористування

Зв'язок *Si-Si* координаційно насичений, тому в лужному розчині дисилани гідролізують за схемою:

$$\equiv Si - Si \equiv +2HOH \xrightarrow{OH^-} 2 \equiv Si - OH + H_2.$$

Запишемо молярну масу заміщеного дисилану $Si_2H_{6-x}(CH_3)_X$ (позначимо його символом *B*) у вигляді суми мас його атомів і груп:

$$M(B) = 2Ar(Si) + (6-x)Ar(H) + xM_r(CH_3) =$$

$$= 56{,}171 + 1{,}008(6-x) + 15{,}035x = 62{,}22 + 14{,}027x.$$

Кількість гідролізованого дисилану складає:

$$n(B) = \frac{m(B)}{M(B)} = \frac{20 \cdot 10^{-3}}{62{,}22 + 14{,}027x} \text{ моль.}$$

З рівняння Клапейрона-Менделєєва визначаємо кількість H_2, одержаного в результаті гідролізу:

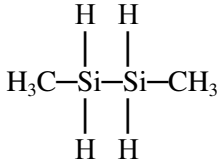
$$n(H_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{97{,}4 \cdot 27{,}8 \cdot 10^{-3}}{8{,}3 \cdot 294} = 1{,}109 \cdot 10^{-3} = 1{,}109 \text{ ммоль.}$$

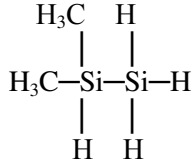
Згідно механізму реакції гідролізу 1 моль дисилану дає 1 моль H_2 в результаті перетворення з розривом зв'язку *Si-Si* і (*6-x*) моль H_2 при розриві всіх зв'язків *Si-H*, тобто (*7-x*) моль H_2 з 1 моль дисилану. Тоді кількість H_2, одержаного з наважки заміщеного дисилану в даному досліді, буде дорівнювати:

$$\frac{(7-x) \cdot 20}{62{,}22 + 14{,}027x} = 1{,}109 \text{ ммоль, звідки}$$

$$x = 1{,}999 = 2.$$

Таким чином, формула метильованого дисилану $Si_2H_4(CH_3)_2$, він може мати два структурних ізомери:





Реакція гідролізу симетричного ізомера відбувається згідно рівняння:

$$Si_2H_4(CH_3)_2 + 6H_2O = 2Si(OH)_3CH_3 + 5H_2.$$

Національний університет
водного господарства
та природокористування

6.2. Контрольні завдання

6.2.1. Написати рівняння гідролізу натрій силікату. Як зміниться ступінь гідролізу цієї солі при додаванні до розчину амоній хлориду? Чому?

6.2.2. Виробництво скла. Хімізм процесу.

6.2.3. Дописати та урівняти за допомогою схеми електронного балансу окисно-відновну реакцію:

$$Si + HNO_3 + HF \rightarrow H_2[SiF_6].$$

6.2.4. Визначте невідомі речовини та напишіть рівняння реакцій, за якими можна здійснити такі перетворення:

$$SiO_2 \xrightarrow{+Mg,t^0} A \xrightarrow{+NaOH} E \xrightarrow{+HCl} D \xrightarrow{t^0} M \xrightarrow{CaO} L.$$

6.2.5. Склад мінералів Силіцію:

$3\,MgSiO_3 \cdot CaSiO_3$ – азбест;

$Al_2[(SiO_4)O]$ – дистен;

$Al_2[(SiO_4)(OH, F)_2]$ – топаз;

$Al_3Ca_2[SiO_4]_3OH$ - кліноцоізит;

$(Al, Fe^3)_3Ca_2[(SiO_4)_3(OH)]$ - епідот;

$Al_4Fe^2[(SiO_4)_2O_2(OH)_2]$ – ставроліт.

Розрахувати процентний вміст SiO_2 в кожному мінералі.

6.2.6. Визначте, який об'єм розчину натрій гідроксиду з масовою часткою лугу 34% і густиною 1,37 г/см^3 витратиться на реакцію із кремнієм, що утворився під час сплавлення 4, 2 г магнію та 14,42 силіцій гідроксиду.

6.2.7. Як отримати силікатну кислоту? Полісилікатні кислоти.

6.2.8. Охарактеризувати фізичні та хімічні властивості силіцій(IV) оксиду.

6.2.9. Виробництво цементу. Хімізм процесу.

6.2.10. Встановіть масову частку кремнію в суміші його з вуглецем та кальцій карбонатом, якщо відомо, що під час дії на 34 г суміші розчином натрій гідроксиду, взятим у надлишку, одержали 22,4 л газу (н.у.), а під час дії на таку ж масу суміші хлоридною кислотою, взятою в надлишку одержали 2,24 л (н.у.) газу.

6.2.11. Суміш магнію і кремнію занурили в надлишок хлоридної кислоти. Утворилися два гази, об'єми яких відносяться як 5:1. Визначити масову частку магнію у вихідній суміші (%).

6.2.12. Суміш цинку і кремнію, маса якої дорівнює 39,05 г, розчинили у надлишку водяного розчину калій гідроксиду. Газ, що виділився, спалили й одержали 19,87 г продукту при виході 96%. Визначити масу кремнію у вихідній суміші.

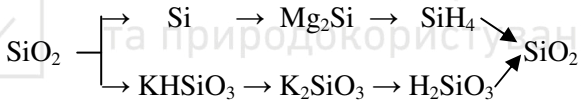
6.2.13. Еквімолярну суміш вуглецю та кремнію розчинили у надлишку сульфатної кислоти. При цьому виділилось 16,8 л (н.у.) газів. Визначте масу вихідної суміші.

6.2.14. Визначте відносну атомну масу елемента Силіцію, який складається з трьох ізотопів: ^{28}Si (молярна частка 92,3%), ^{29}Si (4,7%) і ^{30}Si (3,0%).

6.2.15. Як відновник при добуванні кремнію часто застосовують кокс. Яку масу Силіцій(IV) оксиду можна відновити за допомогою коксу масою 40 кг, якщо масова частка Карбону у коксі становить 90%.

6.2.16. Масові частки елементів у мінералі смарагд дорівнюють: 5,06% *Be*; 10,05% *A1*; 31,49% *Si* і 53,40% *O*. Визначте формулу мінералу і напишіть її у вигляді сполуки оксидів металів.

6.2.17. Запишіть за допомогою хімічних рівнянь такі перетворення:



6.2.18. В якому напрямку і чому буде відбуватися зміщення рівноваг: а) при насиченні диоксидом карбону водного розчину натрій силікату; б) при прожарюванні суміші натрій карбонату і диоксиду силіцію.

6.2.19. Поліморфні перетворення в системі SiO_2.

6.2.20. Кристалічні модифікації диоксиду силіцію.

7. ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

7.1. Застосування І-го закону термодинаміки до хімічних процесів. Термохімія

7.1.1. Системf поглинає 1000 Дж теплоти і виконує роботу 2 Дж. Чому дорівнює зміна внутрішньої енергії системи:

а) – 998 Дж;

б) 998 Дж;

в) 1002 Дж.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

7.1.2. Яке з наступних рівнянь є правильним для визначення стандартної молярної ентальпії утворення $\Delta H_{УТВ.}^{0}$ газоподібного йодоводню?

а) $½\ H_2(г) + ½\ J_2(г) \rightarrow HJ(г)$;

б) $½\ H_2(г) + ½\ J_2(т) \rightarrow HJ(г)$;

в) $H(г) + J(г) \rightarrow HJ(г)$.

7.1.3. Які питання розглядає хімічна термодинаміка?

а) перетворення енергії в хімічних процесах та енергетичні характеристики речовин;

б) основні закономірності перетворення енергії у формі теплоти між тілами;

в) взаємозв'язок між перетвореннями одних видів матерії в інші та енергетичними ефектами.

7.1.4. Яка ентальпія згоряння карбон(II) оксиду за стандартних умов, якщо відомо, що за цих умов ентальпії утворення карбон(II) і карбон(IV) оксидів відповідно дорівнюють 110,50 і 393,8 кДж/моль?

а) 283,3 кДж/моль;

б) 677,1 кДж/моль;

в) 172,8 кДж/моль.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

7.1.5. Наведіть формулювання закону Гесса:

а) тепловий ефект хімічної реакції не залежить від шляху її перебігу, а визначається тільки початковим та кінцевим станами системи;

б) в адіабатному процесі система може виконувати роботу A за рахунок її внутрішньої енергії ΔU;

в) в ізохорному процесі вся теплота, надана системі, витрачається на зміну її внутрішньої енергії.

7.1.6. При сполученні 2,1 г заліза з сіркою виділилось 3,77 кДж. Розрахувати теплоту утворення ферум(III) сульфіду:

а) -100,3 кДж/моль;

б) 100,3 кДж/моль;

в) 200,6 кДж/моль.

7.1.7. Яке з даних рівнянь є термохімічним:

а) $CaCO_3(т) + SiO_2(т) = CaSiO_3(т) + CO_2(г)$, ΔH_{298}^{0}=88,70 кДж/моль;

б) $CaO(т) + H_2O(р) = Ca(OH)_2(р) + Q$;

в) $N_2(г) + O_2(г) = 2NO(г) - Q$.

Національний університет водного господарства та природокористування

7.1.8. Розрахувати, яку кількість тепла необхідно витратити для розкладу 10,62 г соди, виходячи з термохімічного рівняння $Na_2CO_3(к) = Na_2O(к) + CO_2(г) – 324,21$ кДж.

а) 324,21 кДж;

б) 32,421 кДж;

в) 3242,1 кДж.

7.1.9. Вкажіть до якого типу належить хімічна реакція з тепловим ефектом $\Delta H > 0$:

а) каталітичних;

б) екзотермічних;

в) ендотермічних.

7.1.10. Вкажіть, скільки теплоти виділиться чи поглинеться, якщо за рівнянням реакції $2Ca + O_2 = 2\ CaO$; ΔH = - 1274 кДж, утвориться 1 моль CaO:

а) поглинеться 637 кДж теплоти;

б) виділиться 637 кДж теплоти;

в) виділиться 2548 кДж теплоти.

Національний університет водного господарства та природокористування

7.2. ІІ-ий закон термодинаміки. Напрямок перебігу хімічних процесів

7.2.1. Не проводячи розрахунків, вказати для яких з перелічених процесів зміна ентропії позитивна:

а) $MgO(к) + H_2(г) = Mg(к) + H_2O(р)$;

б) $CaCO_3$(т) = CaO(т) + $CO_2(г)$;

в) $4HC1(г) + O_2(г) = 2C1_2(г) + 2H_2O(г)$.

7.2.2. В якому з наступних випадків реакція можлива при будь-яких температурах?

а) $\Delta H<0;\ \Delta S>0$;

б) $\Delta H<0;\ \Delta S<0$;

в) $\Delta H>0;\ \Delta S>0$.

7.2.3. В якому з наступних випадків реакція неможлива при будь-яких температурах:

а) $\Delta H>0;\ \Delta S>0$;

б) $\Delta H>0;\ \Delta S<0$;

в) $\Delta H<0;\ \Delta S<0$.

7.2.4. Якщо $\Delta H<0$; $\Delta S<0$, то в якому з випадків реакція може відбуватися самовільно:

а) $|\Delta H| > |$т.$\Delta S|$;

Національний університет водного господарства та природокористування

б) $|\Delta H| < |\text{т.}\Delta S|$;
в) $|\Delta H| = |\text{т.}\Delta S|$.

7.2.5. Враховуючи знак $\Delta G_{298}^{\ 0}$ наступних реакцій:

$$PbO_2(к) + Pb(к) = 2PbO(к); \quad \Delta G_{298}^{\ 0} < 0;$$
$$SnO_2(к) + Sn(к) = 2SnO(к); \quad \Delta G_{298}^{\ 0} > 0.$$

Зробити висновок про те, які ступені окиснення більш характерні для *Pb* та *Sn*:

а) для *Pb* +2, для *Sn* +2;
б) для *Pb* +2, для *Sn* +4;
в) для *Pb* +4, для *Sn* +2.

7.2.6. Який з нижченаведених процесів, з точки зору термодинаміки, відносять до оборотних:

а) ізотермічне топлення твердого тіла;
б) дифузія;
в) сублімація?

7.2.7. Сформулюйте другий закон термодинаміки:

а) неможливий термодинамічний процес, єдиним результатом якого було б перетворення отриманої зовні теплоти в еквівалентну кількість роботи;

б) в ізольованій системі можливе проходження тільки таких процесів, які супроводжуються збільшенням ентропії;

в) можливо створити періодично діючий тепловий двигун, який би працював з одним джерелом теплоти.

7.2.8. Виразити умови термодинамічної рівноваги системи за допомогою термодинамічних функцій:

а) $\Delta H = 0$;
б) $\Delta S = 0$;
в) $\Delta G = 0$.

7.2.9. Чи можлива реакція:

$SiO_2(к) + 2NaOH(р) = Na_2SiO_3(к) + H_2O(р)$; $\Delta G = -22{,}55$ кДж

а) не можлива;
б) можлива;
в) процес рівноважний, зворотній.

7.2.10. Яка з наведених реакцій найбільш ймовірна?

а) $KNO_3 = K + NO_2 + ½O_2$, $\Delta G = 420$ кДж;
б) $2KNO_3 = K_2O + 2NO_2 + O_2$, $\Delta G = 123$ кДж;
в) $KNO_3 = KNO_2 + ½O_2$, $\Delta G = -33$ кДж.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

7.3.Термодинаміка хімічної рівноваги

7.3.1. Як впливає збільшення температури на перебіг реакції синтезу амоній хлориду: $NH_3 + HC1(г) \rightleftarrows NH_4Cl$(т); $\Delta H = -176{,}89$ кДж?

а) збільшує вихід продукту;

б) зменшує вихід продукту;

в) не впливає на вихід продукту.

7.3.2. Як зміниться вихід SO_3 в реакції $2SO_2(г) + O_2(г) \rightleftarrows 2SO_3(г)$ при підвищенні загального тиску в замкнутій системі?

а) збільшує вихід SO_3;

б) зменшує вихід SO_3;

в) не впливає на вихід SO_3.

7.3.3. Вкажіть реакцію, на рівновагу якої не вплине підвищення тиску:

а) $2NO(г) + Cl_2(г) \rightleftarrows 2NOCl(г)$;

б) $CH_4(г) + H_2O(г) \rightleftarrows CO(г) + 3H_2(г)$;

в) $H_2(г) + S$(т) $\rightleftarrows H_2S(г)$.

7.3.4. Вкажіть правильне твердження. *Якщо реакція відбувається між газами, то в разі підвищення тиску....:*

а) концентрація реагуючих речовин зменшується;

б) концентрація реагуючих речовин збільшується;

в) рівновага реакції зміщується у бік утворення продуктів реакції.

7.3.5. Вкажіть чинники, які сприятимуть утворенню CO за реакцією C(т) $+ CO_2(г) \rightleftarrows 2CO(г)$, $\Delta H < 0$:

а) зниження температури та підвищення концентрації CO;

б) збільшення концентрації вихідних речовин і підвищення тиску;

в) зниження температури та підвищення концентрації CO_2.

7.3.6. Вкажіть вираз константи рівноваги, який відповідає системі A(т) $+ 3B(г) \rightleftarrows 2D$(т) $+ W(г)$:

а) $K_P = \dfrac{[D]^2 \cdot [W]}{[A] \cdot [B]^3}$;

б) $K_P = \dfrac{[B]^3}{[W]}$;

Національний університет
водного господарства
та природокористування

в) $K_P = \dfrac{[W]}{[B]^3}$.

7.3.7. При синтезі амоніаку $N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$ рівновага встановилась при наступних концентраціях реагуючих речовин (моль/л): $C_{N_2} = 2{,}5$; $C_{H_2} = 1{,}8$; $C_{NH_3} = 3{,}6$. Чому дорівнює константа рівноваги цієї реакції?

а) 0,89;

б) 1,125;

в) 1,0.

7.3.8. Константа рівноваги K_P реакції $2SO_2 + O_2 \rightleftarrows 2SO_3$ за 950 К дорівнює $1{,}062 \cdot 10^{-2}$. Чому дорівнює K_C для цієї реакції?

а) 83,88;

б) $1{,}3 \cdot 10^{-5}$;

в) $1{,}11 \cdot 10^{-5}$.

7.3.9. Константа рівноваги деякої реакції за 293 К дорівню є $5 \cdot 10^{-3}$, а за 1000К складає $2 \cdot 10^{-6}$. Який знак ΔH^0 цієї реакції?

а) $\Delta H^0 > 0$;

б) $\Delta H^0 < 0$;

в) $\Delta H^0 = 0$.

7.3.10. Для якої реакції $\Delta G^0 < 0$. Які з наведених тверджень правильні:

а) константа рівноваги більша за одиницю;

б) константа рівноваги менша за одиницю;

в) в рівноважній суміші переважають вихідні речовини.

7.4.Фізикохімія дисперсних систем

7.4.1. Який розмір мають частинки дисперсної фази граничновисокодисперсних систем?

а) $d > 10^{-5}$ м;

б) $d < 10^{-9}$ м;

в) $d = 10^{-9} - 10^{-7}$ м.

7.4.2. Яким методом можна одержати колоїдну систему?

а) коагуляція;

б) диспергування;

в) діаліз.

7.4.3. Що таке міцела?

Національний університет водного господарства та природокористування

а) гетерогенна система, що складається з декількох фаз, одна з яких має високорозвинену поверхню;

б) ядро разом з частиною міцно зв'язаних з ним протийонів;

в) гранула разом із дифузним шаром.

7.4.4. Що таке золь?

а) ультрамікрогетерогенна система, у якій дисперсійним середовищем є рідина, а дисперсною фазою – тверді частинки розміром 10^{-7}– 10^{-9}м;

б) вільнодисперсна система, яка складається з двох рідин, що не змішуються, одна з яких диспергована у вигляді краплинок у іншій;

в) дифільна речовина, молекули якої у водних розчинах не дисоціюють на йони.

7.4.5. Чому дорівнює середній радіус кулястих частинок золю, якщо його дисперсність дорівнює $2 \cdot 10^7$ м$^{-1}$:

а) $0{,}5 \cdot 10^{-7}$ м;

б) $25 \cdot 10^{-8}$м;

в) $1 \cdot 10^{-7}$ м$^{-1}$.

7.4.6. Що таке пептизація?

а) метод очищення колоїдних розчинів;

б) метод одержання колоїдних розчинів;

в) метод руйнування колоїдних розчинів.

7.4.7. Назвіть потенціалвизначальні йони силікатної кислоти:

а) H^+;

б) SiO_3^{2-};

в) Na^+.

7.4.8. Що таке коагуляція?

а) явище ізотермічного оборотного переходу зольLгель, що відбувається під впливом механічної дії;

б) процес зменшення дисперсної системи за рахунок укрупнення частинок дисперсної фази;

в) здатність дисперсності системи протягом певного часу зберігати незмінними склад, дисперсність, концентрацію.

7.4.9. Що таке суспензія?

а) грубодисперсна система з рідким дисперсійним середовищем і твердою дисперсною фазою з розміром частинок 10^{-6} - 10^{-4} м;

б) дисперсна система, яка складається з газопобідного дисперсійного середовища і твердої або рідкої дисперсної фази;

Національний університет
водного господарства
та природокористування

в) вільнодисперсні системи з газоподібним дисперсійним середовищем і твердою дисперсною фазою, розміри частинок якої лежать у межах 10^{-8} - 10^{-4} м.

7.4.10. Який йон в найменшій концентрації зумовлює коагуляцію золю силікатної кислоти:

а) Ca^{2+};

б) SO_4^{2-};

в) Al^{3+}?

7.5.Фазові рівноваги. Рівновага в одно- і двокомпонентних системах

7.5.1. Скільки компонентів у системі, яка описується рівнянням реакції $CaCO_3(тв.) \rightarrow CaO(тв.) + CO_2(газ)$?

а) 2;

б) 3;

в) 1.

7.5.2. Математичний вираз правила фаз Гіббса для систем з твердими, рідкими та газоподібними фазами:

а) $C = K - Ф + 2$;

б) $C = K + Ф + 2$;

в) $C = 2 - K + Ф$.

7.5.3. Чому дорівнює число ступенів свободи у системі *Pb – Bi*, якщо з розплаву будуть випадати кристали *Bi:*

а) 1;

б) 2;

в) 0.

7.5.4. Чому дорівнює число ступенів свободи в системі *Pb – Ag,* якщо з розплаву одночасно виділяються кристали *Pb* і *Ag:*

а) 0;

б) 1;

в) 2.

7.5.5. Сплав містить 24% *Cd* і 76% *Bi*. В 1 кг сплаву міситься 400 г *Cd* у вигляді кристалів у евтектиці. Який склад евтектики:

а) 40% *Cd* і 60% *Bi*;

б) 60% *Cd* і 40% *Bi*;

в) 24% *Cd* і 76% *Bi.*

7.5.6. Яка сполука на діаграмі стану системи $CaO\text{-}SiO_2$ (рис.5.2) відповідає вертикалі *CS*?

Національний університет водного господарства та природокористування

а) $CaO \cdot SiO_2$;
б) $2CaO \cdot SiO_2$;
в) $CaO \cdot SiO_2 \cdot nH_2O$.

7.5.7. Яка сполука на діаграмі стану системи $CaO\text{-}SiO_2$ (рис.5.2) відповідає вертикалі C_2S?
а) $2CaO \cdot SiO_2$;
б) $CaO \cdot SiO_2$;
в) $Ca_3Si_2O_7$.

7.5.8. Яка сполука на діаграмі стану системи $CaO\text{-}SiO_2$ відповідає вертикалі C_3S:
а) $3CaO \cdot SiO_2$;
б) $CaSiO_3$;
в) Ca_2SiO_4.

7.5.9. Яка сполука на діаграмі стану системи $CaO\text{-}SiO_2$ (рис.5.2) відповідає вертикалі C_3S_2:
а) $3CaO \cdot SiO_2$;
б) Ca_3SiO_5;
в) $3CaO \cdot SiO_2$.

7.5.10. Скільки фаз і ступенів свободи в потрійній точці на діаграмі стану води?
а) 3, 0;
б) 1, 1;
в) 2, 1.

Національний університет водного господарства та природокористування

7.6. Хімія сполук Силіцію

7.6.1. Вкажіть формулу речовини, водний розчин якої називають „силікатним клеєм”:
а) Na_2SiO_3;
б) $Ca(HSiO_3)_2$;
в) $CaSiO_3$;
г) $KHSiO_3$.

7.6.2. Виберіть формулу речовини, з якою може взаємодіяти пісок:
а) H_2O;
б) $HC1$;
в) $NaOH$;
г) HNO_3.

7.6.3. Виберіть формулу віконного скла:

Національний університет водного господарства та природокористування

а) $K_2O \cdot CaO \cdot 6SiO_2$;

б) $Na_2O \cdot CaO \cdot 6SiO_2$;

в) $Na_2O \cdot PbO \cdot 6SiO_2$;

г) $B_2O_3 \cdot CaO \cdot 6SiO_2$.

7.6.4. Виберіть природні речовини, у результаті прожарювання яких виробляють цемент:

а) глина;

б) глина та вапняк;

в) пісок та глина;

г) пісок.

7.6.5. Виберіть формулу гірського кришталю:

а) $Cu_2(OH)_2CO_3$;

б) $CaSiO_3$;

в) SiO_2;

г) SiC.

7.6.6. Виберіть речовину, що є сировиною для виготовлення скла:

а) кальцій карбонат;

б) натрій хлорид;

в) ферум(II) карбонат;

г) алюміній оксид.

7.6.7. Виберіть правильне твердження. *Силікатну кислоту добувають дією...:*

а) води на SiO_2;

б) хлоридної кислоти на розчин натрій силікату або калій силікату;

в) лугу на розчин натрій силікату.

7.6.8. Вкажіть формули речовин, які використовують для виробництва кришталю:

а) Na_2CO_3; $CaCO_3$; SiO_2;

б) Na_2CO_3; PbO_2; SiO_2;

в) K_2CO_3, SiO_2, PbO.

7.6.9. Вкажіть відносну молекулярну масу сполуки, що утвориться під час взаємодії кремнію з магнієм:

а) 52;

б) 76;

в) 80.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

7.6.10. Визначте і вкажіть масу кристалічного кремнію, який можна одержати 30,8 кг SiO_2 методом відновлення вуглецем у дугових печах за температури 1800^0 С (вихід кремнію становить 90%):

а) 373 г;

б) 336 г;

в) 37,3 г.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Физическая химия силикатов/ под ред. Пащенко А.А. „Высшая школа", 1986, 256с.

2. Кузнецова Т.В., Кузнецов Я.В., Тамашов В.В. Физическая химия вяжущих материалов. – М.: Высшая школа, 1989, 384 с.

3. Кухолев Г.В., Пивень Н.Я. Задачник по химии кремния и физической химии силикатов. – М.: Высшая школа, 1971, 198 с.

4. Дворкін Л.Й. Теоретичні основи будівельного матеріалознавства. – К.: НМК ВО, 1992, 212 с.

5. Яцков М.В., Турчин П.Ф., Поліщук М.М. Фізична хімія та хімія силікатів. – Рівне: РДТУ, 2000, 115 с.

6. Яцков М.В., Турчин П.Ф., Назарук Г.І. Методичні вказівки з фізичної хімії силікатів до виконання контрольної роботи для студентів заочної форми навчання будівельної спеціальності. – Рівне, УДАВГ, 1997, 36 с.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Термодинамічні властивості деяких простих речовин і сполук

Речовина	ΔH_{298}^0 кДж/моль	S_{298}^0 Дж/моль·К	ΔG_{298}^0 кДж/моль·К	Cp_{298}^0 кДж/моль·К	Температурний інтервал, К
1	2	3	4	5	6
Прості речовини					
Cl_2 (г)	0	222,98	0	33,93	298-1000
H_2 (г)	0	230,52	0	28,83	298-1000
O_2 (г)	0	205,04	0	29,37	298-3000
Неорганічні речовини					
As_2O_3 (кр)	-656,89	108,32	-576,16	95,65	298-548
As_2S_3 (кр)	-125,60	163,70	-	-	-
CO (г)	-110,53	197,55	-137,15	29,14	298-2500
CO_2 (г)	-393,51	213,66	-394,37	37,11	298-2500
$COCl_2$ (г)	-219,50	283,64	-205,31	57,76	298-1000
CS_2 (р)	88,70	151,04	64,41	75,65	-
HCl (г)	-92,31	186,79	-95,30	29,14	298-2000
H_2O (р)	-285,83	69,95	-237,23	75,30	273-380
H_2O (г)	-241,81	188,72	-228,61	33,61	298-2500
H_2S (г)	-20,60	205,70	-33,50	33,44	298-1800
NH_3 (г)	-45,94	192,66	-16,48	35,16	298-1800
SO_2 (г)	-296,90	248,07	-300,21	39,87	298-2000

Національний університет водного господарства та природокористування

1	2	3	4	5	6
Органічні речовини					
CH_4 (г)	-74,85	186,27	-50,85	35,71	298-1500
C_2H_4 (г)	52,30	219,45	68,14	43,56	298-1500
$HCOH$ (г)	-115,90	218,78	-109,94	35,39	298-1500
CH_3OH (р)	-238,57	126,78	-166,27	8,60	-
CH_3OH (г)	-210,00	239,76	-162,38	44,13	298-1000
CH_3COOH (г)	-434,84	282,50	-376,68	66,50	298-1000
C_2H_5OH (р)	-234,80	28,38	-167,96	65,75	-
$C_5H_{10}O_3$ (р)	-685,50	250,00	-	-	-
$C_6H_{12}O_6$ (кр)	-1274,45	212,13	-910,56	-	-

Додаток 2

Національний університет водного господарства та природокористування

Множники і префікси для утворення десяткових кратних і дольних одиниць

Префікс	Позначення префіксу	Множник
мега	М	10^6
кіло	к	10^3
гекто	г	10^2
деци	g	10^{-1}
санти	с	10^{-2}
мілі	М	10^{-3}
мікро	мк	10^{-6}
нано	н	10^{-9}

Національний університет
водного господарства
та природокористування

ВАРІАНТИ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ

№ залікової книжки (останні цифри)	Варіант контрольної роботи	Номер завдання в кожному розділі
1, 21, 41, 61, 81	1	2.1
2, 22, 42, 62, 82	2	2.2
3, 23, 43, 63, 83	3	2.3
4, 24, 44, 64, 84	4	2.4
5, 25, 45, 65, 85	5	2.5
6, 26, 46, 66, 86	6	2.6
7, 27, 47, 67, 87	7	2.7
8, 28, 48 ,68, 88	8	2.8
9, 29, 49, 69, 89	9	2.9
10, 30, 50, 70, 90	10	2.10
11, 31, 51, 71, 91	11	2.11
12, 32, 52, 72, 92	12	2.12
13, 33, 53, 73, 93	13	2.13
14, 34, 54, 74, 94	14	2.14
15, 35, 55, 75, 95	15	2.15
16, 36, 56, 76, 96	16	2.16
17, 37, 57, 77, 97	17	2.17
18, 38, 58, 78, 98	18	2.18
19, 39, 59, 79, 99	19	2.19
20, 40, 60, 80, 100	20	2.20

Національний університет
водного господарства
та природокористування