

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Волинський національний університет
імені Лесі Українки
Факультет хімії, екології та фармації
Кафедра хімії та технологій

Янчук Олександр
Марчук Олег

ФІЗИЧНА ХІМІЯ

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ
ДЛЯ СТУДЕНТІВ ІІ КУРСУ

ЛУЦЬК – 2023

УДК 544
Я 66

Рекомендовано до друку науково-методичною радою
Волинського національного університету імені Лесі Українки
(протокол № 6 від 15 лютого 2023 року)

Рецензенти:

Володимир ДУТКА – доктор хімічних наук, професор, професор кафедри фізичної та колоїдної хімії Львівського національного університету імені Івана Франка

Сергій СУПРУНОВИЧ – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри органічної хімії та фармації Волинського національного університету імені Лесі Українки.

Олександр ЯНЧУК, Олег МАРЧУК.

Я66 **Янчук О. М., Марчук О. В.** Фізична хімія. Тестові завдання для студентів II курсу. Навчально-методичне видання: виправлене і доповнене. Луцьк: ПП Іванюк В. П., 2023. 87 с.

Навчально-методичне видання містить завдання для тестування трьох рівнів складності зі змістових модулів “Основи хімічної термодинаміки”, “Термодинаміка хімічної рівноваги”, “Розчини неелектролітів”, “Фазові рівноваги” та першого рівня складності зі змістового модуля “Основи статистичної термодинаміки”.

Призначається студентам II курсу факультету хімії, екології та фармації спеціальностей 102 – Хімія, 161 – Хімічні технології та інженерія, 014 – Середня освіта (Хімія).

УДК 544

© Янчук О. М., Марчук О. В. 2023

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	4
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ I. ОСНОВИ ХІМІЧНОЇ ТЕРМОДИНАМІКИ.....	5
Завдання першого рівня складності.....	5
Завдання другого рівня складності.....	14
Завдання третього рівня складності.....	17
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ II. ТЕРМОДИНАМІКА ХІМІЧНОЇ РІВНОВАГИ.....	20
Завдання першого рівня складності.....	20
Завдання другого рівня складності.....	31
Завдання третього рівня складності.....	36
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ III. РОЗЧИНИ НЕЕЛЕКТРОЛІТІВ.....	44
Завдання першого рівня складності.....	44
Завдання другого рівня складності.....	49
Завдання третього рівня складності.....	52
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ IV. ФАЗОВІ РІВНОВАГИ.....	55
Завдання першого рівня складності.....	55
Завдання другого рівня складності.....	59
Завдання третього рівня складності.....	63
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ V. ОСНОВИ СТАТИСТИЧНОЇ ТЕРМОДИНАМІКИ.....	68
Завдання першого рівня складності.....	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	86

ПЕРЕДМОВА

Навчально-методичне видання містить 470 завдань для тестування трьох рівнів складності зі змістових модулів “Основи хімічної термодинаміки” (90), “Термодинаміка хімічної рівноваги” (150), “Розчини неелектролітів” (68), “Фазові рівноваги” (100) та першого рівня складності зі змістового модуля “Основи статистичної термодинаміки” (62).

Завдання першого рівня складності – відкритого типу, що вимагають вибрати одну або кілька правильних відповідей. Завдання ж другого та третього рівня – це у більшості завдання закритого типу, де відповідь має бути числом, поданим з певною точністю після розв'язання задачі.

Призначається студентам II курсу факультету хімії, екології та фармацевції спеціальностей 102 – Хімія, 161 – Хімічні технології та інженерія, 014 – Середня освіта (Хімія).

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ I

ОСНОВИ ХІМІЧНОЇ ТЕРМОДИНАМІКИ

Завдання першого рівня складності

1.1. Що вивчає термодинаміка?

- 1) енергетичні ефекти під час перебігу хімічних реакцій і умови їх перебігу і умови настання рівноваги;
- 2) електрохімічні процеси;
- 3) швидкість та механізм перебігу хімічних процесів.

1.2. Тиск (p) і температуру (T) належать до групи:

- 1) інтенсивних параметрів;
- 2) екстенсивні параметрів;
- 3) кінетичні параметрів.

1.3. Маса речовини, об'єм, ентропія належать до групи:

- 1) термохімічних параметрів;
- 2) екстенсивних параметрів;
- 3) кінетичних параметрів.

1.4. Термодинамічною системою називається:

- 1) тіло чи група тіл, мислено чи реально виділених з навколишнього середовища, які характеризуються певними властивостями;
- 2) тіло чи група тіл, які входять до навколишнього середовища;
- 3) системи з надзвичайно великими розмірами.

1.5. Процес називається оборотнім:

- 1) якщо він може бути проведений в прямому і зворотньому напрямку так, що в системі не спостерігається будь-яких змін;
- 2) якщо він проходить тільки в одному напрямку;
- 3) якщо він проходить в обох напрямках із певними змінами в системі.

1.6. Рівноважним називається процес:

- 1) який проходить через безмежно велике число рівноважних станів;
- 2) за якого змінюються з часом лише тиск;
- 3) за якого змінюються з часом лише екстенсивні величини.

1.7. Нерівноважним називається процес:

- 1) за якого затрачається рідна робота на розширення і стиснення;
- 2) за якого не виконується ніяка робота;
- 3) який проходить через безмежно велике число рівноважних станів.

1.8. Ентальпія:

- 1) функція стану, яка є сумою внутрішньої енергії і добутку тиску на об'єм;
- 2) функція стану, яка визначається зміною енергії Гіббса;
- 3) функція стану, яка сумою енергії Гіббса і добутку тиску на об'єм.

1.9. Ентальпія утворення за стандартних умов і 298 К дорівнює нулю для кожної речовини в такій парі:

- 1) Br_2 (г), Cl_2 (г);
- 2) I_2 (г), N_2 (г);
- 3) O_2 (г), Li (кр).

1.10. Ентальпія утворення за стандартних умов і 298 К не дорівнює нулю для кожної речовин лише в такій парі:

- 1) S_2 (г), O_3 (г);
- 2) Sn (кр), Sb (кр);
- 3) H_2 (г), Cl_2 (г).

1.11. Для якої речовини ентальпія утворення не дорівнює нулю:

- 1) H_2 (г);
- 2) I_2 (г);
- 3) N_2 (г);
- 4) O_2 (г);

1.12. Теплоємністю тіла називається:

- 1) кількість тепла, яку треба затратити на охолодження тіла;
- 2) кількість тепла, яку треба затратити для того, щоб нагріти тіло на 1°C за умови відсутності корисної роботи;
- 3) кількість тепла, яку треба затратити для того, щоб нагріти тіло на 1°C за умови виконання корисної роботи.

1.13. Формулювання першого закону термодинаміки:

- 1) теплота не може самочинно переходити від більш гарячого тіла до більш гарячого;
- 2) кількість тепла, яку отримує система від навколишнього середовища, витрачається на зміну її внутрішньої енергії і на виконання нею корисної роботи;
- 3) самочинні процеси супроводжуються зменшенням теплової енергії або теплорозсіянням.

1.14. Математичний запис першого закону термодинаміки:

- 1) $Q = \Delta U + A$;
- 2) $\Delta U = Q + A$;
- 3) $T\Delta S = \Delta U + A$.

1.15. Формулювання другого закону термодинаміки:

- 1) здійснення вічного двигуна другого роду неможливе тому, що неможливо створити таку періодично діючу машину, яка б перетворювала всю теплоту в роботу, тобто без передачі частини теплоти холодильнику;
- 2) самочинні процеси супроводжуються зменшенням теплової енергії або теплорозсіянням;
- 3) енергія не виникає з нічого і не зникає безслідно.

1.16. Ознакою ізохорного процесу в термодинаміці є:

- 1) $T = \text{const}$;
- 2) $p = \text{const}$;
- 3) $V = \text{const}$.

1.17. Який процес в термодинаміці називається ізобарно-ізотермічним?

- 1) $V = \text{const}$, $p = \text{const}$;
- 2) $T = \text{const}$, $V = \text{const}$;
- 3) $T = \text{const}$, $p = \text{const}$.

1.18. Ознакою ізобарного процесу в термодинаміці є:

- 1) $T = \text{const}$;
- 2) $p = \text{const}$;
- 3) $V = \text{const}$.

1.19. Ознакою ізохорно-ізотермічного процесу є:

- 1) $V = \text{const}$, $T = \text{const}$;
- 2) $T = \text{const}$, $p = \text{const}$;
- 3) $p = \text{const}$, $V = \text{const}$.

1.20. Системи, що обмінюються з навколишнім середовищем лише енергією належать до:

- 1) ізольованих;
- 2) відкритих;
- 3) закритих.

1.21. Рівняння стану називається калоричним:

- 1) якщо воно є функцією тиску від температури і об'єму;
- 2) якщо воно є функцією внутрішньої енергії від температури і об'єму;
- 3) якщо воно є функцією об'єму від температури і тиску.

1.22. Тепловий ефект реакції, яка відбувається за постійних тиску і температури:

- 1) це функція стану, яка визначається різницею ентальпії продуктів реакції і вихідних речовин;
- 2) це функція стану, яка визначається різницею ентропії продуктів реакції і вихідних речовин;
- 3) це функція стану, яка визначається зміною енергії Гіббса.

1.23. Хімічний потенціал – це:

- 1) частинна похідна від будь-якого термодинамічного потенціалу за масою речовини при постійності природних змінних цього потенціалу;
- 2) частина похідна від будь-якого термодинамічного потенціалу за кількістю речовини при постійності природних змінних цього потенціалу і сталості складу всіх інших реагентів;
- 3) функція, яка зв'язує внутрішні параметри із зовнішніми.

1.24. Стандартний хімічний потенціал i -го ідеального газу – це:

- 1) хімічний потенціал i -го ідеального газу, коли його парціальний тиск буде рівним одиниці за будь-якої постійної температури;
- 2) частинна похідна від будь-якого термодинамічного потенціалу за масою речовини за постійності природних змінних цього потенціалу;
- 3) хімічний потенціал i – го ідеального газу за певного постійного тиску і за будь-якої постійної температури.

1.25. Хімічна спорідненість визначає:

- 1) зв'язок внутрішніх параметрів з температурою;
- 2) напрямком перебігу хімічної реакції;
- 3) залежність ентальпії від температури.

1.26. Внутрішньою енергією системи називається:

- 1) сума кінетичної і потенціальної енергій продуктів реакції;
- 2) сума кінетичної і потенціальної енергій всіх складових системи;
- 3) сума кінетичної і потенціальної енергій вихідних речовин.

1.27. Термохімія - це:

- 1) розділ фізичної хімії, що вивчає особливості дисперсних систем і поверхневі явища;
- 2) розділ фізичної хімії, що вивчає теплові ефекти хімічних реакцій;
- 3) розділ фізичної хімії, що вивчає процеси зміни швидкості хімічної реакції під дією речовин, які можуть регенеруватися в ході реакції або після її закінчення .

1.28. Формулювання закону Гесса:

- 1) тепловий ефект хімічної реакції є функцією стану;
- 2) тепловий ефект реакції залежить від шляху переходу речовин із стану вихідних речовин до стану продуктів;
- 3) тепловий ефект реакції залежить лише від теплоти утворення вихідних речовин.

1.29. За законом Гесса тепловий ефект реакції можна визначити:

- 1) за зміною ентропії речовин;
- 2) за теплотами утворення або теплотами згоряння речовин;
- 3) за зміною теплоємностей речовин.

1.30. Яке з формулювань є першим наслідком закону Гесса:

- 1) тепловий ефект можна розрахувати за зміною енергій зв'язків, що рвуться, і тих зв'язків, що утворюються з врахуванням коефіцієнтів рівняння;
- 2) тепловий ефект реакції можна обчислити за різницею теплот утворення продуктів і вихідних речовин з врахуванням коефіцієнтів рівняння;
- 3) тепловий ефект можна обчислити за різницею в теплотах згоряння вихідних речовин і продуктів з врахуванням коефіцієнтів рівняння.

1.31. Яке з формулювань є другим наслідком закону Гесса:

- 1) тепловий ефект реакції дорівнює сумі теплот утворення продуктів і вихідних речовин з урахуванням коефіцієнтів рівняння;
- 2) тепловий ефект реакції визначається за різницею теплот згоряння вихідних речовин і продуктів з урахуванням коефіцієнтів рівняння;
- 3) тепловий ефект реакції, що відбувається в розчинах можна визначити за різницею теплот розчинення продуктів і вихідних речовин з урахуванням коефіцієнтів рівняння.

1.32. Рівнянням стану ідеального газу називають:

- 1) рівняння Ван-дер-Ваальса, що пов'язує між собою об'єм, температуру і тиск ідеального газу;
- 2) рівняння Менделєєва-Клапейрона, що пов'язує між собою об'єм, температуру і тиск ідеального газу;
- 3) рівняння Бітті-Бріджмена, що пов'язує між собою об'єм, температуру і тиск ідеального газу.

1.33. Рівняння стану називається термічним:

- 1) якщо воно є функцією тиску від температури і об'єму;
- 2) якщо воно є функцією внутрішньої енергії від температури і об'єму;
- 3) якщо воно є функцією внутрішньої енергії від температури і тиску.

1.34. Здатність системи виконувати корисну роботу в ізохорно-ізотермічних умовах визначається:

- 1) зменшенням внутрішньої енергії;
- 2) зменшення енергії Гельмгольца;
- 3) зменшенням енергії Гіббса.

1.35. Величина корисної роботи, що виконує система в ізобарно-ізотермічних умовах чисельно дорівнює:

- 1) зменшенню внутрішньої енергії системи;
- 2) зменшенню вільної енергії Гельмгольца;
- 3) зменшенню вільної енергії Гіббса.

1.36. Термодинамічна система називається відкритою:

- 1) коли відбувається обмін з навколишнім середовищем масою та енергією;
- 2) коли відбувається обмін з навколишнім середовищем енергією;
- 3) коли не відбувається обміну з навколишнім середовищем ні масою, ні енергією.

1.37. Термодинамічна система називається ізольованою:

- 1) коли відбувається обмін з навколишнім середовищем масою та енергією;
- 2) коли відбувається обмін з навколишнім середовищем енергією;
- 3) коли не відбувається обміну з навколишнім середовищем ні масою, ні енергією.

1.38. Термодинамічна система називається закритою:

- 1) коли система не обмінюється речовиною, але обмінюється енергією, маса такої системи постійна;
- 2) коли система не обмінюється енергією, але обмінюється речовиною;
- 3) коли система обмінюється з навколишнім середовищем масою та енергією, маса такої системи змінна.

1.39. Під роботою розуміють:

- 1) форму передачі енергії шляхом неупорядкованого руху частинок;
- 2) форму передачі енергії шляхом впорядкованого руху частинок;
- 3) функцію стану термодинамічної системи.

1.40. Круговим називається процес:

- 1) за якого відбувається постійний обмін з навколишнім середовищем масою та енергією;
- 2) за якого відбувається постійний обмін з навколишнім середовищем енергією;
- 3) за якого система, зазнавши ряду змін, повертається до вихідного стану.

1.41. За якою формулою обчислюється істинна теплоємність за постійного тиску:

1) $C_V = dU / dT$;

2) $C = \delta Q / dT$;

3) $C_p = dH / dT$;

1.42. За якою формулою обчислюється ентропія для адіабатичних процесів:

1) $dS = 0$;

2) $dS = n C_V dT / T$;

3) $dS = n C_p dT / T$

1.43. Рівняння Кірхгофа в диференціальній формі:

1) $\frac{d\Delta S}{dT} = \Delta C_p$.

2) $\frac{d\Delta G}{dT} = \Delta C_p$;

3) $\frac{d\Delta H}{dT} = \Delta C_p$;

1.44. Перше співвідношення Максвелла:

1) $\left(\frac{dT}{dV}\right)_S = -\left(\frac{dP}{dS}\right)_V$;

2) $\left(\frac{dS}{dV}\right)_T = \left(\frac{dP}{dT}\right)_S$;

3) $\left(\frac{dS}{dp}\right)_T = -\left(\frac{dV}{dT}\right)_p$.

1.45. Друге співвідношення Максвелла:

1) $\left(\frac{dT}{dV}\right)_S = -\left(\frac{dp}{dS}\right)_V$;

2) $\left(\frac{dT}{dp}\right)_S = \left(\frac{dV}{dS}\right)_p$;

3) $\left(\frac{dS}{dp}\right)_T = -\left(\frac{dV}{dT}\right)_p$.

1.46. Третє співвідношення Максвелла:

$$1) \left(\frac{dT}{dV} \right)_S = - \left(\frac{dp}{dS} \right)_V ;$$

$$2) \left(\frac{dS}{dV} \right)_T = \left(\frac{dP}{dT} \right)_S ;$$

$$3) \left(\frac{dS}{dp} \right)_T = - \left(\frac{dV}{dT} \right)_p .$$

1.47. Четверте співвідношення Максвелла:

$$1) \left(\frac{dT}{dV} \right)_S = - \left(\frac{dp}{dS} \right)_V ;$$

$$2) \left(\frac{dS}{dV} \right)_T = \left(\frac{dP}{dT} \right)_S ;$$

$$3) \left(\frac{dS}{dp} \right)_T = - \left(\frac{dV}{dT} \right)_p .$$

1.48. За якою формулою обчислюється тиск для ідеального газу:

$$1) p = \frac{nRV}{T} ;$$

$$2) p = \frac{nC_v T}{V} ;$$

$$3) p = \frac{nRT}{V} ;$$

1.49. За якою формулою обчислюється коефіцієнт корисної дії теплової машини:

$$1) \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} ;$$

$$2) \eta = \frac{G_1 + G_2}{G_1} ;$$

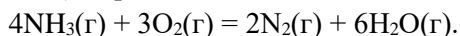
$$3) \eta = \frac{Q_1 + Q_2}{Q_1} ;$$

1.50. Рівняння Гіббса – Гельмгольца описує:

- 1) залежність енергії Гельмгольца від температури, визначає напрямок процесу;
- 2) залежність енергії Гельмгольца від тиску, визначає напрямок процесу і стан хімічної рівноваги;
- 3) залежність енергії Гіббса від температури, визначає напрямок хімічної реакції і стан рівноваги

Завдання другого рівня складності

1.1.2. Визначити стандартну ентальпію згоряння амоніаку за 298 К (в кДж/моль) за реакцією:



Відповідь:

- 1)-1450,8; 2) -1266; 3) -1171,2; 4) -1530; 5) -316,5; 6) 1266; 7) 1450,8; 8) 316,5

1.2.2. Горіння білого фосфору відбувається за рівнянням $4\text{P}(\text{т}) + 5\text{O}_2(\text{г}) = 2\text{P}_2\text{O}_5(\text{т})$. Чому дорівнює стандартна ентальпія згоряння фосфору за 298 К (в кДж/моль)?

Відповідь:

- 1)-1492; 2) -2984; 3) -746; 4) 1492; 5) 2984; 6) 746; 7) -1348,8; 8) -674,4

1.3.2. Обчислити стандартну зміну вільної енергії Гіббса системи (298 К, кДж), в якій взаємодіє NO і NO₂ за схемою: $\text{NO}_2(\text{г}) + \text{NO}(\text{г}) = \text{N}_2\text{O}_3(\text{г})$.

Відповідь:

- 1)-40,5; 2) 40,5; 3) -143,8; 4) -2,4; 5) 143,8; 6) 12,6; 7) -12,6; 8) 2,4

1.4.2. Чому дорівнює ентальпія утворення FeS (кДж), якщо від сполучення 2,1 г заліза з 3,2 г сірки виділиться 3,75 кДж теплоти?

Відповідь:

- 1)-0,14; 2) 0,14; 3) 100; 4) -100; 5) 157; 6) -157; 7) 37,5; 8) -37,5

1.5.2. Обчислити стандартну зміну вільної енергії Гіббса системи (298 К, кДж), в якій проходить реакція тримеризації ацетилену: $3\text{C}_2\text{H}_2(\text{г}) = \text{C}_6\text{H}_6(\text{р})$?

Відповідь:

- 1) 454,8; 2) -454,8; 3) 800,4; 4) -800,4; 5) 631,4; 6) -631,4; 7) 36,4; 8) -36,4

1.6.2. Чому дорівнює стандартна теплота утворення $\Delta\text{H}_{f,298}^0$ сахарози $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ (в кДж/моль), якщо тепловий ефект реакції її повного окиснення дорівнює -5645 кДж?

Відповідь:

- 1) 5010; 2) -5010; 3) -4966; 4) 4966; 5) -1737; 6) 1737; 7) -2221; 8) 2221

1.7.2. Тепловий ефект горіння сірковуглецю за рівнянням $\text{CS}_2 + 3\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{SO}_2$ дорівнює -1102,6 кДж. Чому дорівнює стандартна ентальпія утворення CS_2 за 298 К (кДж/моль)?

Відповідь:

- 1) 115,3; 2) -115,3; 3) 412,2; 4) -412,2; 5) 107,8; 6) -107,8; 7) 408; 8) -408

1.8.2. Яка кількість теплоти (в МДж) виділиться від згоряння 1 м^3 ацетилену (н. у.), якщо тепловий ефект цієї реакції дорівнює -2740 кДж?

Відповідь:

- 1) 0,612; 2) 0,306; 3) 306; 4) 612; 5) 61,2; 6) 122; 7) 0,122; 8) 12,2

1.9.2. Ентальпія згоряння нафталіну за 298 К і тиску 1 атм дорівнює -5153,9 кДж/моль. Яка його стандартна ентальпія утворення за 298 К?

Відповідь:

- 1) 4475; 2) -4475; 3) 251,7; 4) -251,7; 5) 4519; 6) -4519; 7) 75,7; 8) -75,7

1.10.2. Вирахувати стандартну ентальпію розчинення кристалогідрату $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, якщо ентальпія розчинення MgSO_4 становить -84,9 кДж/моль, а ентальпія гідратуутворення дорівнює -101,0 кДж/моль?

Відповідь:

- 1) 185,9; 2) -185,9; 3) 16,1; 4) -16,1; 5) 93,0; 6) -93,0; 7) 32,2; 8) -32,2

- 1.11.2.** Чому дорівнює тепловий ефект реакції
 $3\text{C}_2\text{H}_2(\text{г}) = \text{C}_6\text{H}_6(\text{р})$ (за 298 К, у кДж з точністю до десятих), якщо теплоти згоряння етену та бензену відповідно становлять: $-1299,6$ та $-3267,2$ кДж/моль?
- 1.12.2.** Який тепловий ефект реакції естерифікації ацетатної кислоти етанолом (за 298 К, у кДж з точністю до десятих), якщо ентальпії згоряння кислоти, спирту і ефіру відповідно дорівнюють $-870,7$ кДж, $-1365,4$ кДж і $-1801,2$ кДж?
- 1.13.2.** В результаті реакції поділу ядер урану виділяється $\square 4,6$ млрд ккал/моль енергії. Скільки енергії (в ГДж з точністю до десятих) виділиться від розкладання 1 г урану-235?
- 1.14.2.** Яка маса магнію (грамів з точністю до десятих) прореагує з хлором, якщо в результаті реакції виділилося 64,1 кДж теплоти?
- 1.15.2.** Визначити тепловий ефект реакції повного окиснення глюкози $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ в організмі (за 298 К, у кДж з точністю до десятих).
- 1.16.2.** Який об'єм водню (в м^3 з точністю до сотих) може прореагувати з азотом з утворенням амоніаку за 298 К, якщо в результаті реакції виділилося 4620 кДж теплоти?
- 1.17.2.** Скільки теплоти (в кДж з точністю до цілих) виділиться в результаті вибуху 8,4 л (н.у.) гримучого газу?
- 1.18.2.** Чому дорівнює стандартна ентальпія утворення (в кДж/моль з точністю до цілих) карбаміду $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ за 298 К, якщо тепловий ефект реакції його утворення із амоніаку і карбон діоксиду дорівнює 152,9 кДж?
- 1.19.2.** Чому дорівнює тепловий ефект реакції (в кДж з точністю до цілих) взаємодії цинк оксиду з алюмінієм за 298 К і тиску 1 атм?
- 1.20.2.** Яке значення (в кДж/моль з точністю до десятих) відповідає теплоті утворення пропану, якщо стандартна ентальпія його згорання за 298 К до CO_2 і $\text{H}_2\text{O}(\text{р})$ дорівнює -2220 кДж/моль?

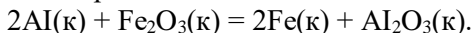
Завдання третього рівня складності

1.1.3. Скільки теплоти (в ккал) виділиться від спалювання 112 л водяного газу, взятого за н.у., за нормального тиску і 298 К?

Відповідь:

1) 314; 2) 680; 3) 628; 4) 340; 5) 666; 6) 1312; 7) 1422; 8) 2844

1.2.3. Обчислити (в кДж) стандартну зміну енергії Гіббса за 1000 К за першим наближенням Уліха для реакції



Відповідь:

1) 815,1; 2) -815,1; 3) 853,8; 4) -853,8; 5) 2498; 6) -2498; 7) 2249; 8) -2249; 9) -38,7; 10) 38,7

1.3.3. Чому дорівнює ентальпія згоряння (в МДж/м³) газової суміші, що містить 40% H₂ і 60% CH₄ (за об'ємом) за 1 атм і 298 К?

Відповідь:

1) 1,46; 2) -1,46; 3) 2,64; 4) -2,64; 5) 14,6; 6) -14,6; 7) 26,4; 8) -26,4; 9) 29,0; 10) -29,0

1.4.3. Обчислити (в кДж) стандартну зміну енергії Гіббса за 1000 К за першим наближенням Уліха для реакції C(графіт) + H₂O(г) = H₂(г) + CO(г)?

Відповідь:

1) 131; 2) -131; 3) 2,5; 4) -2,5; 5) 134; 6) -134; 7) 170; 8) -170; 9) 875; 10) -875

1.5.3. Чому дорівнює енергія зв'язку Н–F (в кДж/моль), якщо енергії зв'язку молекул H₂ і F₂ дорівнюють 432 і 155 кДж/моль?

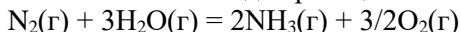
Відповідь:

1) 293,5; 2) -293,5; 3) 587; 4) -587; 5) 277; 6) -277; 7) 564; 8) -564; 9) 1128; 10) -1128; 11) 554; 12) -554

1.6.3. Чому дорівнює енергія зв'язку С–Н в молекулі CH₄, якщо енергія дисоціації H₂ дорівнює 155 кДж, а ентальпія утворення газоподібного вуглецю дорівнює 712,5 кДж?

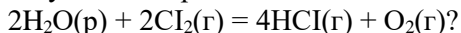
Відповідь: 1) 942,4; 2) 471,2; 3) 235,6; 4) 274,4; 5) 255,6; 6) 1097,6; 7) 1022,4; 8) 947,6; 9) 236,9; 10) 96,2

1.7.3. Обчислити (в кДж) стандартну зміну енергії Гіббса за 1000 К за першим наближенням Уліха для реакції



Відповідь: 1) 633; 2) -633; 3) 64,9; 4) -64,9; 5) 698; 6) -698; 7) 818; 8) -818; 9) 632; 10) -632; 11) 554; 12) -554

1.8.3. Якою є зміна внутрішньої енергії системи (кДж) за 298 К в результаті перебігу хімічної реакції

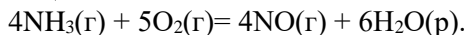


1) 941; 2) -941; 3) 195; 4) -195; 5) 202; 6) -202; 7) 210; 8) -210; 9) 200; 10) -200; 11) 938; 12) -938

1.9.3. Чому дорівнює середня енергія звязку О–Н у молекулі води, якщо енергії дисоціації водню і кисню відповідно дорівнюють 493,6 і 432,0 кДж/моль?

Відповідь: 1) 995,4; 2) 1991; 3) 497,7; 4) 475,7; 5) 951,4; 6) 1903; 7) 1419; 8) 709,6; 9) 354,8; 10) 847,6; 11) 423,8; 12) 211,9; 13) 935,6; 14) 467,8; 15) 233,9

1.10.3. Обчислити (в кДж) стандартну зміну внутрішньої енергії за 298 К для реакції



Відповідь: 1) -1538,4; 2) -1526; 3) -1168,8; 4) -1156,4; 5) -1181,2; 6) -1166,3; 7) -1171,3; 8) -136,9; 9) -241,7; 10) -239,2; 11) -161,7; 12) -146,8; 13) -229,3; 14) 11213; 15) -3645,2

1.11.3. Обчислити стандартну зміну енергії Гіббса (в кДж з точністю до цілих) за 1000 К за першим наближенням Уліха для реакції $4\text{Al} + 3\text{TiO}_2 = 2\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{Ti}$.

1.12.3. Обчислити стандартну зміну енергії Гіббса (в кДж з точністю до цілих) за 1000 К за першим наближенням Уліха для реакції $3\text{Ti} + 2\text{Fe}_2\text{O}_3 = 3\text{TiO}_2 + 4\text{Fe}$.

1.13.3. Визначте з точністю до цілих температуру (у Кельвінах), вище якої починається термоліз $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (скористатися першим наближенням Уліха).

1.14.3. Обчислити стандартну зміну енергії Гіббса (в кДж з точністю до цілих) за 1000 К за першим наближенням Уліха для реакції $3\text{Fe}(\text{к}) + 2\text{TiO}_2(\text{к}) = 2\text{Ti}(\text{к}) + \text{Fe}_3\text{O}_4(\text{к})$.

1.15.3. За якої температури (з точністю до цілих у Кельвінах) константа рівноваги реакції $\text{CH}_4(\text{г}) + \text{CO}_2(\text{г}) = 2\text{CO}(\text{г}) + 2\text{H}_2(\text{г})$ буде дорівнювати 1,0? (скористатися першим наближенням Уліха).

1.16.3. Обчисліть температуру (з точністю до цілих у Кельвінах), вище якої починається термічний розклад CaCO_3 (скориставшись першим наближенням Уліха).

1.17.3. Мольна теплота випаровування води за 298 К складає 44,0 кДж/моль. Визначити теплоту випаровування води за 368 К (в кДж/моль з точністю до десятих), якщо мольна теплоємність рідкої води і пароподібної відповідно дорівнюють 75,31 і 33,56 Дж/(моль·К). Вважати теплоємність в інтервалі температур 298–368 К постійною.

1.18.3. Обчислити зміну ентропії (в Дж/К з точністю до цілих) в процесі розширення 2 моль метану від $P_1 = 101,3 \cdot 10^5$ Па до $P_2 = 1,013 \cdot 10^5$ Па за 300 К та наступному нагріванні до 500 К. Вважати, що теплоємність метану для вказаного температурного інтервалу є постійною і відповідає теплоємності ідеального газу.

1.19.3. Обчислити зміну ентропії (в Дж/К з точністю до цілих) за ізотермічного стиснення 100 л кисню від $1,013 \cdot 10^5$ Па до $10,13 \cdot 10^5$ Па за 298 К. Газ вважати ідеальним.

1.20.3. Визначити зміну ізобарного потенціалу (в кДж з точністю до цілих) при стисненні 1 кмоль рідкого ацетону від $1,013 \cdot 10^5$ Па до $10,13 \cdot 10^5$ Па за 298 К. Стискуваністю рідини у вказаному інтервалі тисків знехтувати. ($V = \text{const}$). Густина ацетону 789 кг/м³.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ II ТЕРМОДИНАМІКА ХІМІЧНОЇ РІВНОВАГИ

Завдання першого рівня складності

2.1.1. Рівноважним називається такий стан системи, за якого:

- 1) концентрації реагуючих речовин однакові;
- 2) швидкості прямої та зворотної реакції рівні;
- 3) концентрації вихідних речовин не змінюються;
- 4) не змінюються маси вихідних речовин.

2.1.2. Концентраційною константою рівноваги реакції називається:

- 1) відношення констант швидкості прямої і зворотної реакції;
- 2) добуток рівноважних концентрацій продуктів реакції в степенях, що дорівнюють стехіометричним коефіцієнтам;
- 3) відношення констант швидкості зворотної і прямої реакції.

2.1.3. Яка формула є математичним виразом стандартної константи рівноваги для хімічної реакції



$$1) K_x = \frac{X_C^c \cdot X_D^d}{X_A^a \cdot X_B^b};$$

$$2) K_C = \frac{C_C^c \cdot C_D^d}{C_A^a \cdot C_B^b};$$

$$3) K^{\circ} = \frac{\tilde{p}_C^c \cdot \tilde{p}_D^d}{\tilde{p}_A^a \cdot \tilde{p}_B^b};$$

$$4) K_p = \frac{p_C^c \cdot p_D^d}{p_A^a \cdot p_B^b}.$$

2.1.4. Математичним виразом термодинамічної константи хімічної рівноваги для реальних розчинів для хімічної реакції $aA + bB \Leftrightarrow cC + dD$ є вираз:

$$1) K_x = \frac{X_C^c \cdot X_D^d}{X_A^a \cdot X_B^b};$$

$$2) K_p = \frac{p_C^c \cdot p_D^d}{p_A^a \cdot p_B^b};$$

$$3) K^\circ = \frac{\tilde{p}_C^c \cdot \tilde{p}_D^d}{\tilde{p}_A^a \cdot \tilde{p}_B^b};$$

$$4) K_a = \frac{a_C^c \cdot a_D^d}{a_A^a \cdot a_B^b}.$$

2.1.5. Математичним виразом концентраційної константи хімічної рівноваги для ідеальних розчинів для реакції $aA + bB \Leftrightarrow cC + dD$ є формула:

$$1) K_x = \frac{X_C^c \cdot X_D^d}{X_A^a \cdot X_B^b};$$

$$2) K_C = \frac{C_C^c \cdot C_D^d}{C_A^a \cdot C_B^b};$$

$$3) K_a = \frac{a_C^c \cdot a_D^d}{a_A^a \cdot a_B^b};$$

$$4) K_p = \frac{p_C^c \cdot p_D^d}{p_A^a \cdot p_B^b}.$$

2.1.6. Яка формула є математичним виразом константи рівноваги для реальних газів для реакції $aA + bB \Leftrightarrow cC + dD$?

$$1) K_x = \frac{X_C^c \cdot X_D^d}{X_A^a \cdot X_B^b};$$

$$2) K_C = \frac{C_C^c \cdot C_D^d}{C_A^a \cdot C_B^b};$$

$$3) K_a = \frac{a_C^c \cdot a_D^d}{a_A^a \cdot a_B^b};$$

$$4) K_f = \frac{f_C^c \cdot f_D^d}{f_A^a \cdot f_B^b}.$$

2.1.7. В яких одиницях вимірюється концентраційна константа рівноваги K_C ?

- 1) [тиск $^{\Delta v}$];
- 2) [концентрація $^{\Delta v}$];
- 3) безрозмірна величина.

2.1.8. Яка розмірність стандартної константи хімічної рівноваги?

- 1) [тиск $^{\Delta v}$];
- 2) [концентрація $^{\Delta v}$];
- 3) безрозмірна величина.

2.1.9. Яка розмірність константи рівноваги K_f ?

- 1) [тиск $^{\Delta v}$];
- 2) [концентрація $^{\Delta v}$];
- 3) безрозмірна величина.

2.1.10. У яких одиницях вимірюється константа рівноваги K_x ?

- 1) [тиск $^{\Delta v}$];
- 2) [концентрація $^{\Delta v}$];
- 3) безрозмірна величина.

2.1.11. Стан хімічної рівноваги визначається такою ознакою:

- 1) якщо система знаходиться в стані рівноваги, то її склад з часом за постійних умов поступово змінюється;
- 2) якщо система знаходиться в стані рівноваги, то її склад з часом за постійних умов не змінюється;
- 3) якщо система, яка знаходиться в рівновазі, буде виведена з цього стану внаслідок зовнішнього впливу, то з припиненням його дії вона не повернеться в попередній стан.

2.1.12. Активністю називається:

- 1) концентрація речовини в ідеальному стані;
- 2) концентрація, яку необхідно підставити у вираз константи рівноваги в ідеальному розчині, щоб отримати дійсне значення константи рівноваги в реальному розчині;
- 3) концентрація, яку необхідно підставити у вираз константи рівноваги в реальному розчині, щоб отримати дійсне значення константи рівноваги в ідеальному розчині;

2.1.13. Легкість або фугітивність – це:

- 1) величина, що дорівнює парціальному тиску ідеального газу;
- 2) величина, яку потрібно використовувати у виразі константи рівноваги для реального газу, щоб отримати значення константи рівноваги для ідеального газу;
- 3) величина, яку потрібно використовувати у виразі константи рівноваги для ідеального газу, щоб отримати значення константи рівноваги для реального газу;

2.1.14. Яке з рівнянь є математичним виразом константи рівноваги K_C реакції $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$?

- 1) $K_C = [\text{SO}_3] \cdot [\text{O}_2] / [\text{SO}_2]^2$;
- 2) $K_C = [\text{SO}_3] / ([\text{O}_2] \cdot [\text{SO}_2]^2)$;
- 3) $K_C = [\text{SO}_3]^2 / ([\text{O}_2] \cdot [\text{SO}_2]^2)$.

2.1.15. Чому дорівнює константа рівноваги реакції $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{HI}$, якщо константа швидкості прямої реакції дорівнює 0,16, а зворотної – 0,05?

- 1) 0,03;
- 2) 3,2;
- 3) 0,3.

2.1.16. Яке рівняння є виразом константи рівноваги реакції $\text{FeO}(\kappa) + \text{H}_2(\text{r}) \rightleftharpoons \text{Fe}(\kappa) + \text{H}_2\text{O}(\text{пара})$?

- 1) $K = [\text{H}_2\text{O}] / [\text{H}_2]$;
- 2) $K = [\text{H}_2\text{O}] [\text{Fe}] / ([\text{H}_2] [\text{FeO}])$;
- 3) $K = [\text{H}_2] / [\text{H}_2\text{O}]$.

2.1.17. Чому дорівнює константа рівноваги K_C реакції $\text{FeO}(\kappa) + \text{CO}(\text{r}) \rightleftharpoons \text{Fe}(\kappa) + \text{CO}_2(\text{r})$, якщо константа швидкості прямої реакції дорівнює 0,15, а зворотної – 0,3?

- 1) 0,5;
- 2) 2;
- 3) 0,05.

2.1.18. Яке рівняння є виразом константи рівноваги реакції $\text{CaCO}_3(\text{r}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{r}) + \text{CO}_2(\text{r})$?

- 1) $K = [\text{CaCO}_3] / ([\text{CaO}] [\text{CO}_2])$;
- 2) $K = ([\text{CaO}] [\text{CO}_2]) / [\text{CaCO}_3]$;
- 3) $K = [\text{CO}_2]$.

2.1.19. Математичним виразом стандартної хімічної спорідненості є:

- 1) $\Delta G_T^\circ = RT \left(\ln \frac{p_C^c p_D^d}{p_A^a p_B^b} - \ln K_p \right)$;

- 2) ~~$\Delta G_T^\circ = RT \left(\ln \frac{p_C^c p_D^d}{p_A^a p_B^b} - \ln K_p \right)$~~

- 3) $\Delta G_T^\circ = RT \left(\ln \frac{C_C^c C_D^d}{C_A^a C_B^b} - \ln K_C \right)$;

- 4) $\Delta G_T^\circ = -RT \ln K^\circ$.

2.1.20. Якщо $\Delta G_r^\circ \ll 0$, то :

- 1) в рівноважній реакційній суміші переважають продукти реакції;
- 2) в рівноважній реакційній суміші переважають вихідні речовини;
- 3) в рівноважній реакційній суміші однаковий вміст вихідних речовин і продуктів.

2.1.21. Згідно з принципом Ле Шательє:

- 1) якщо на систему, що знаходиться в рівновазі, чинити зовні вплив, то рівновага в системі не зміститься;
- 2) якщо на систему, що знаходиться в рівновазі, чинити зовні вплив, то рівновага в системі зміститься так, що зменшиться ефект зовнішнього впливу;
- 3) якщо на систему, що знаходиться в рівновазі, чинити зовні вплив, то рівновага в системі зміститься так, що збільшиться ефект зовнішнього впливу.

2.1.22. Якщо $\Delta H_T^\circ > 0$, то збільшення температури:

- 1) призводить до зменшення константи хімічної рівноваги;
- 2) призводить до зростання константи хімічної рівноваги;
- 3) не впливає на значення константи хімічної рівноваги.

2.1.23. Якщо $\Delta H_T^\circ < 0$, то збільшення температури:

- 1) призводить до зменшення константи хімічної рівноваги;
- 2) призводить до зростання константи хімічної рівноваги;
- 3) не впливає на значення константи хімічної рівноваги.

2.1.24. За якого значення константи рівноваги в рівноважній суміші кількісно переважають вихідні речовини?

- 1) $K = 1$;
- 2) $K \gg 1$;
- 3) $K \ll 1$.

- 2.1.25.** За якого значення константи рівноваги в рівноважній суміші кількісно переважають продукти реакції?
- 1) $K = 1$;
 - 2) $K \gg 1$;
 - 3) $K \ll 1$.
- 2.1.26.** За якого значення константи рівноваги в рівноважній суміші кількості вихідних речовин і продуктів є співмірними?
- 1) $K = 1$;
 - 2) $K \gg 1$;
 - 3) $K \ll 1$.
- 2.1.27.** Якщо $\Delta v < 0$, то з підвищенням тиску константа рівноваги $K_p (K_C)$:
- 1) зростатиме;
 - 2) зменшуватиметься;
 - 3) не буде змінюватися.
- 2.1.28.** Якщо $\Delta v > 0$, то з підвищенням тиску константа рівноваги $K_p (K_C)$:
- 1) зростатиме;
 - 2) зменшуватиметься;
 - 3) не буде змінюватися.
- 2.1.29.** Якщо $\Delta v = 0$, то з підвищенням тиску константа рівноваги:
- 1) зростатиме;
 - 2) зменшуватиметься;
 - 3) не буде змінюватися.
- 2.1.30.** Які фактори не впливають на величину константи хімічної рівноваги?
- 1) температура;
 - 2) природа реагуючих речовин;
 - 3) концентрації реагуючих речовин;
 - 4) всі перелічені фактори.
- 2.1.31.** Співвідношення між константами рівноваги K° і K_p має вигляд:
- 1) $K^\circ = K_p (p^\circ)^{\Delta v}$;
 - 2) $K^\circ = K_p / (p^\circ)^{\Delta v}$;
 - 3) $K^\circ = K_p p^\circ$;
 - 4) $K^\circ = (p^\circ)^{\Delta v} / K_p$.

- 2.1.32.** Співвідношення між константами K° і K_x має вигляд:
- 1) $K^\circ = K_x / (p^\circ)^{\Delta\nu}$;
 - 2) $K^\circ = K_x (p/p^\circ)^{\Delta\nu}$;
 - 3) $K^\circ = K_x (p^\circ)^{\Delta\nu}$
 - 4) $K^\circ = K_x (p^\circ/RT)^{\Delta\nu}$.
- 2.1.33.** Співвідношення між константами K° і K_C має вигляд:
- 1) $K^\circ = K_C (RT/p^\circ)^{\Delta\nu}$;
 - 2) $K^\circ = K_C / (p^\circ)^{\Delta\nu}$;
 - 3) $K^\circ = K_C (p^\circ/RT)^{\Delta\nu}$;
 - 4) $K_C = K^\circ (RT/p^\circ)^{\Delta\nu}$.
- 2.1.34.** В якому напрямку зміститься рівновага реакції $2\text{NOCl} \Leftrightarrow 2\text{NO} + \text{Cl}_2$ за підвищення тиску?
- 1) не зміститься;
 - 2) вліво;
 - 3) вправо.
- 2.1.35.** Синтез метанолу за реакцією $\text{CO}(\text{г}) + 2\text{H}_2(\text{г}) \Leftrightarrow \text{CH}_3\text{OH}(\text{г})$ є процесом екзотермічним, тому для збільшення виходу продукту необхідно:
- 1) підвищити температуру;
 - 2) виводити метанол із зони реакції;
 - 3) понизити температуру.
- 2.1.36.** Які умови сприяють більшому виходу SO_3 за реакцією $\text{SO}_2 + 1/2\text{O}_2 \Leftrightarrow \text{SO}_3$; $\Delta H^\circ_{298} = -98,9$ кДж/моль?
- 1) зменшення об'єму реактора;
 - 2) зниження температури;
 - 3) підвищення температури.
- 2.1.37.** Більшому виходу аміаку в системі $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \Leftrightarrow 2\text{NH}_3$; $\Delta H^\circ_{298} = -92$ кДж сприяє:
- 1) підвищення температури;
 - 2) введення каталізатора;
 - 3) підвищення концентрації азоту і водню.
- 2.1.38.** Введення в рівноважну систему каталізатора:
- 1) сприяє перебігу прямої реакції;
 - 2) сприяє перебігу зворотної реакції;
 - 3) не впливає на стан хімічної рівноваги.

2.1.39. Ступінь перетворення – це :

- 1) відношення кількості речовини, що вступила в реакцію, до загальної кількості речовини усіх реагентів;
- 2) відношення кількості речовини, що вступила в реакцію, до її початкової кількості;
- 3) відношення кількості вихідних речовин до кількості продуктів реакції.

2.1.40. В яку сторону зміститься рівновага реакції $2A(g) + 3B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ за підвищення тиску в системі?

- 1) вліво;
- 2) вправо;
- 3) не зміститься.

2.1.41. В яку сторону зміститься рівновага реакції термічного розпаду кальцій карбонату, якщо збільшити тиск вуглекислого газу?

- 1) в бік карбонату;
- 2) в бік оксиду;
- 3) не зміститься.

2.1.42. Що потрібно зробити, щоб змістити рівновагу реакції $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$; $\Delta H^\circ_{298} = -92$ кДж вправо?

- 1) зменшити тиск;
- 2) зменшити температуру;
- 3) збільшити температуру;
- 4) ввести каталізатор.

2.1.43. Рівняння ізотерми хімічної реакції Вант-Гоффа має вигляд:

1) $-\Delta G = RT(\ln K_p - \ln \frac{p_D^d p_C^c}{p_A^a p_B^b});$

2) $-\Delta G = RT(\ln \frac{p_D^d p_C^c}{p_A^a p_B^b} - \ln K_p);$

3) $-\Delta G = RT \ln \frac{p_D^d p_C^c}{p_A^a p_B^b};$

4) $-\Delta G = RT(\ln K_p + \ln \frac{p_D^d p_C^c}{p_A^a p_B^b}).$

2.1.44. Рівняння ізобари хімічної реакції має вигляд:

$$1) \left(\frac{\partial \ln K_p}{\partial T} \right)_p = \frac{\Delta H^\circ}{RT^2};$$

$$2) \left(\frac{\partial \ln K_C}{\partial T} \right)_V = \frac{\Delta U^\circ}{RT^2};$$

$$3) \left(\frac{\partial \ln K_x}{\partial p} \right)_T = \frac{\Delta U^\circ}{RT^2};$$

$$4) \left(\frac{\partial \ln K_p}{\partial p} \right)_T = \frac{\Delta H^\circ}{T^2}.$$

2.1.45. Рівняння ізохори хімічної реакції має вигляд:

$$1) \left(\frac{\partial \ln K_p}{\partial T} \right)_p = \frac{\Delta H^\circ}{RT^2};$$

$$2) \left(\frac{\partial \ln K_C}{\partial T} \right)_V = \frac{\Delta U^\circ}{RT^2};$$

$$3) \left(\frac{\partial \ln K_x}{\partial p} \right)_T = \frac{\Delta U^\circ}{RT^2};$$

$$4) \left(\frac{\partial \ln K_C}{\partial T} \right)_V = \frac{\Delta H^\circ}{RT^2}.$$

2.1.46. Згідно з третім законом термодинаміки:

- 1) будь-яка ізольована система з часом приходиться у рівноважний стан і самочинно не може з нього вийти;
- 2) ентропія ізольованих систем у необоротних процесах може тільки зростати, а в стані термодинамічної рівноваги вона досягає максимуму;
- 3) за абсолютного нуля температури ($T = 0 \text{ K}$) всі ідеальні кристали мають однакову ентропію, що дорівнює нулю.

2.1.47. Зв'язок між константами рівноваги за різних температур і ΔH_r реакції виражається рівнянням:

$$1) \ln \frac{K_1}{K_2} = \frac{\Delta H_r}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right);$$

$$2) \ln \frac{K_2}{K_1} = \frac{\Delta H_r}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right);$$

$$3) \ln \frac{K_2}{K_1} = \frac{\Delta H_r}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right).$$

2.1.48. Метод визначення ΔG_T° , який враховує степеневу температурну залежність теплоємності, називається:

- 1) методом Гьомкіна-Шварцмана;
- 2) першим наближенням Уліха;
- 3) другим наближенням Уліха;
- 4) методом приведених енергій Гіббса.

2.1.49. Згідно з першим наближенням Уліха ΔG_T° визначається за формулою:

$$1) \Delta G_T^\circ = \Delta H_{298}^\circ - T \Delta S_{298}^\circ - T \Delta C_p \left(\ln \frac{T}{298} + \frac{298}{T} - 1 \right);$$

$$2) \Delta G_T^\circ = \Delta H_T^\circ - T \Delta \Phi_T^\circ;$$

$$3) \Delta G_T^\circ = \Delta H_{298}^\circ - T \Delta S_{298}^\circ;$$

$$4) \Delta G_T^\circ = -RT \ln K^\circ.$$

2.1.50. Згідно з методом приведених енергій Гіббса константа рівноваги визначається за формулою:

$$1) \ln K^\circ = \Delta \Phi_T^\circ - \frac{\Delta H_0^\circ}{RT};$$

$$2) \ln K^\circ = \frac{\Delta H_0^\circ}{RT} - \Delta \Phi_T^\circ;$$

$$3) \ln K^\circ = \frac{\Delta H_0^\circ}{RT} - \frac{\Delta \Phi_T^\circ}{R};$$

$$4) \ln K^\circ = \frac{\Delta \Phi_T^\circ}{R} - \frac{\Delta H_0^\circ}{RT}.$$

Завдання другого рівня складності

- 2.2.1. Рівновага процесу синтезу амоніаку встановилась, коли концентрації азоту, водню та амоніаку становили відповідно 2,5; 2 та 4 моль/л. Знайти концентраційну константу рівноваги K_C процесу $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$.
- 2.2.2. Визначити початкову концентрацію хлору газової реакції синтезу фосгену $CO + Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2$, якщо рівновага встановилась за наступних концентрацій реагентів: $[Cl_2]=2,5$; $[COCl_2] = 3,2$ моль/л.
- 2.2.3. За деякої температури концентрації речовин в газовій реакції $2A + B \rightleftharpoons 2C$ становили відповідно 0,04; 0,05 та 0,02 моль/л. Знайти концентраційну константу рівноваги K_C .
- 2.2.4. У стані рівноваги концентрації речовин в системі $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ дорівнюють: $[N_2] = 0,01$ моль/л; $[H_2] = 3,6$ моль/л; $[NH_3] = 0,40$ моль/л. Обчисліть початкову концентрацію азоту.
- 2.2.5. Визначити рівноважну концентрацію азоту в системі $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$, якщо константа рівноваги K_C за деякої температури дорівнює $10 \text{ л}^2/\text{моль}^2$, а рівноважні концентрації H_2 і NH_3 відповідно дорівнюють 0,2 і 0,08 моль/л.
- 2.2.6. У системі $2CO_2 \rightleftharpoons 2CO + O_2$ рівновага встановилась за таких концентрацій: $[CO_2] = 0,006$ моль/л, $[CO] = 0,024$ моль/л. Чому дорівнює константа рівноваги K_C ?
- 2.2.7. Обчисліть константу рівноваги K_C газової реакції $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$, якщо початкова концентрація N_2O_4 становила 0,08 моль/л, а на момент досягнення рівноваги про дисоціювало 50 % N_2O_4 .
- 2.2.8. Знайти відношення початкових концентрацій SO_2 та O_2 в реакції утворення SO_3 , якщо рівновага встановилась за таких концентрацій: $[SO_2] = 2,8$; $[O_2] = 1,4$; $[SO_3] = 4,2$ моль/л.

- 2.2.9. За деякої температури константа рівноваги K_C газової реакції $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$ дорівнює 0,7 моль/л. Рівноважна концентрація NO_2 становить 0,28 моль/л. Знайти початкову концентрацію N_2O_4 .
- 2.2.10. За деякої температури з 1 моль речовини SO_2Cl_2 розпадається 0,6 моль за схемою: $\text{SO}_2\text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_2 + \text{Cl}_2$. Об'єм посудини 20 л. Знайти константу рівноваги K_C цієї газової реакції.
- 2.2.11. Рівновага процесу синтезу амоніаку встановилась, коли концентрації азоту, водню та амоніаку становили відповідно 2; 1,5 та 4 моль/л. Знайти константу рівноваги K_C процесу $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$.
- 2.2.12. Визначити початкову концентрацію хлору газової реакції синтезу фосгену $\text{CO} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{COCl}_2$, якщо рівновага встановилась за таких концентрацій реагентів: $[\text{Cl}_2] = 2,0$; $[\text{COCl}_2] = 3,4$ моль/л.
- 2.2.13. За деякої температури концентрації речовин в газовій реакції $2\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons 2\text{C}$ становили відповідно 0,08; 0,12 та 0,03 моль/л. Знайти константу рівноваги K_C .
- 2.2.14. У стані рівноваги концентрації речовин в системі $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ дорівнюють: $[\text{N}_2] = 0,10$ моль/л; $[\text{H}_2] = 3,6$ моль/л; $[\text{NH}_3] = 0,40$ моль/л. Обчисліть початкову концентрацію азоту.
- 2.2.15. Визначити рівноважну концентрацію азоту в системі $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$, якщо константа рівноваги K_C за деякої температури дорівнює $1 \text{ л}^2/\text{моль}^2$, а рівноважні концентрації H_2 і NH_3 відповідно дорівнюють 0,2 і 0,08 моль/л.
- 2.2.16. У системі $2\text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO} + \text{O}_2$ рівновага встановилась за концентрацій: $[\text{CO}_2] = 0,012$ моль/л, $[\text{CO}] = 0,024$ моль/л. Чому дорівнює константа рівноваги K_C ?
- 2.2.17. Обчисліть константу рівноваги K_C газової реакції $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$, якщо початкова концентрація N_2O_4 становила 0,1 моль/л, а на момент досягнення рівноваги продисоціювало 50 % N_2O_4 .

- 2.2.18.** Знайти відношення початкових концентрацій SO_2 та O_2 в реакції утворення SO_3 , якщо рівновага встановилася за таких концентрацій: $[\text{SO}_2] = 2,2$; $[\text{O}_2] = 1,6$; $[\text{SO}_3] = 4,8$ моль/л.
- 2.2.19.** За деякої температури K_C газової реакції $\text{N}_2\text{O}_4 \Leftrightarrow 2\text{NO}_2$ дорівнює 0,3 моль/л. Рівноважна концентрація NO_2 становить 0,38 моль/л. Знайти початкову концентрацію N_2O_4 .
- 2.2.20.** За деякої температури з 1 моль речовини SO_2Cl_2 розпадається 0,8 моль за схемою: $\text{SO}_2\text{Cl}_2 \Leftrightarrow \text{SO}_2 + \text{Cl}_2$. Об'єм посудини 10 л. Знайти K_C цієї газової реакції.
- 2.2.21.** Рівновага процесу синтезу амоніаку встановилася, коли концентрації азоту, водню та амоніаку становили відповідно 1,4; 0,8 та 2,6 моль/л. Знайти константу рівноваги K_C процесу $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \Leftrightarrow 2\text{NH}_3$.
- 2.2.22.** Визначити початкову концентрацію хлору газової реакції синтезу фосгену $\text{CO} + \text{Cl}_2 \Leftrightarrow \text{COCl}_2$, якщо рівновага встановилася за наступних концентрацій реагентів: $[\text{Cl}_2] = 1,3$; $[\text{COCl}_2] = 2,0$ моль/л.
- 2.2.23.** За деякої температури концентрації речовин в газовій реакції $2\text{A} + \text{B} \Leftrightarrow 2\text{C}$ становили відповідно 0,06; 0,09 та 0,02 моль/л. Знайти константу рівноваги K_C .
- 2.2.24.** У стані рівноваги концентрації речовин в системі $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \Leftrightarrow 2\text{NH}_3$ дорівнюють: $[\text{N}_2] = 0,05$ моль/л; $[\text{H}_2] = 3,6$ моль/л; $[\text{NH}_3] = 0,40$ моль/л. Обчисліть початкову концентрацію азоту.
- 2.2.25.** Визначити рівноважну концентрацію азоту в системі $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \Leftrightarrow 2\text{NH}_3$, якщо константа рівноваги K_C за деякої температури дорівнює $2 \text{ л}^2/\text{моль}^2$, а рівноважні концентрації H_2 і NH_3 відповідно дорівнюють 0,2 і 0,08 моль/л.
- 2.2.26.** У системі $2\text{CO}_2 \Leftrightarrow 2\text{CO} + \text{O}_2$ рівновага встановилася за таких концентрацій: $[\text{CO}_2]=0,02$ моль/л, $[\text{CO}] = 0,04$ моль/л. Чому дорівнює константа рівноваги K_C ?

- 2.2.27.** Обчисліть константу рівноваги K_C газової реакції $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$, якщо початкова концентрація N_2O_4 становила 0,08 моль/л, а на момент досягнення рівноваги продисоціювало 75 % N_2O_4 .
- 2.2.28.** Знайти відношення початкових концентрацій SO_2 та O_2 в газовій реакції утворення SO_3 , якщо рівновага встановилася за таких концентрацій: $[SO_2] = 2,0$; $[O_2] = 1,0$; $[SO_3] = 4,3$ моль/л.
- 2.2.29.** За деякої температури K_C газової реакції $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$ дорівнює 0,4 моль/л. Рівноважна концентрація NO_2 становить 0,42 моль/л. Знайти початкову концентрацію N_2O_4 .
- 2.2.30.** За деякої температури з 2 моль речовини SO_2Cl_2 розпадається 0,6 моль за схемою: $SO_2Cl_2 \rightleftharpoons SO_2 + Cl_2$. Об'єм посудини 20 л. Знайти K_C цієї газової реакції.
- 2.2.31.** Рівновага процесу синтезу амоніаку встановилася, коли концентрації азоту, водню та амоніаку становили відповідно 3,4; 2,7 та 4,5 моль/л. Знайти константу рівноваги K_C процесу $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$.
- 2.2.32.** Визначити початкову концентрацію хлору газової реакції синтезу фосгену $CO + Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2$, якщо рівновага встановилася за наступних концентрацій реагентів: $[Cl_2] = 2,8$; $[COCl_2] = 3,6$ моль/л.
- 2.2.33.** За деякої температури концентрації речовин в газовій реакції $2A + B \rightleftharpoons 2C$ становили відповідно 0,11; 0,15 та 0,08 моль/л. Знайти константу рівноваги.
- 2.2.34.** У стані рівноваги концентрації речовин в системі $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ дорівнюють: $[N_2] = 0,1$ моль/л; $[H_2] = 2,5$ моль/л; $[NH_3] = 0,6$ моль/л. Обчисліть початкову концентрацію водню.
- 2.2.35.** Визначити рівноважну концентрацію азоту в системі $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$, якщо константа рівноваги K_C за деякої температури дорівнює $4 \text{ л}^2/\text{моль}^2$, а рівноважні концентрації H_2 і NH_3 відповідно дорівнюють 0,2 і 0,08 моль/л.

- 2.2.36. У системі $2\text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO} + \text{O}_2$ рівновага встановилася за таких концентрацій: $[\text{CO}_2] = 0,04$ моль/л, $[\text{CO}] = 0,1$ моль/л. Чому дорівнює константа рівноваги K_C ?
- 2.2.37. Обчисліть константу рівноваги K_C газової реакції $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$, якщо початкова концентрація N_2O_4 становила 0,1 моль/л, а на момент досягнення рівноваги продисоціювало 80 % N_2O_4 .
- 2.2.38. Знайти відношення початкових концентрацій SO_2 та O_2 в газовій реакції утворення SO_3 , якщо рівновага встановилася за таких концентрацій: $[\text{SO}_2] = 3,0$; $[\text{O}_2] = 1,5$; $[\text{SO}_3] = 6,5$ моль/л.
- 2.2.39. За деякої температури K_C реакції $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$ дорівнює 1 моль/л. Рівноважна концентрація NO_2 становить 1,2 моль/л. Знайти початкову концентрацію N_2O_4 .
- 2.2.40. За деякої температури з 2 моль речовини SO_2Cl_2 розпадається 0,8 моль за схемою: $\text{SO}_2\text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_2 + \text{Cl}_2$. Об'єм посудини 10 л. Знайти K_C цієї газової реакції.
- 2.2.41. Рівновага процесу синтезу амоніаку встановилась за концентрацій азоту, водню та амоніаку, що становлять відповідно 4,0; 3,2 та 5,2 моль/л. Знайти константу рівноваги K_C процесу $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$.
- 2.2.42. Визначити початкову концентрацію хлору у газовій реакції синтезу фосгену $\text{CO} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{COCl}_2$, якщо рівновага встановилася за наступних концентрацій реагентів: $[\text{Cl}_2] = 3,2$; $[\text{COCl}_2] = 4,0$ моль/л.
- 2.2.43. За деякої температури концентрації речовин в газовій реакції $2\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons 2\text{C}$ становили відповідно 0,2; 0,26 та 0,18 моль/л. Знайти константу рівноваги K_C .
- 2.2.44. У стані рівноваги концентрації речовин в системі $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ дорівнюють: $[\text{N}_2] = 0,01$ моль/л; $[\text{H}_2] = 2,3$ моль/л; $[\text{NH}_3] = 0,60$ моль/л. Обчисліть початкову концентрацію водню.
- 2.2.45. Визначити рівноважну концентрацію азоту в системі $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$, якщо константа рівноваги K_C за деякої температури дорівнює $1 \text{ л}^2/\text{моль}^2$, а рівноважні концентрації H_2 і NH_3 відповідно дорівнюють 0,4 і 0,3 моль/л.

- 2.2.46.** У системі $2\text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO} + \text{O}_2$ рівновага встановилася за таких концентрацій: $[\text{CO}_2] = 0,016$ моль/л, $[\text{CO}] = 0,036$ моль/л. Чому дорівнює константа рівноваги K_C ?
- 2.2.47.** Обчисліть константу рівноваги K_C газової реакції $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$, якщо початкова концентрація N_2O_4 становила 0,1 моль/л, а на момент досягнення рівноваги продисоціювало 65 % N_2O_4 .
- 2.2.48.** Знайти відношення початкових концентрацій SO_2 та O_2 в газовій реакції утворення SO_3 , якщо рівновага встановилася за таких концентрацій: $[\text{SO}_2] = 5,0$; $[\text{O}_2] = 0,5$; $[\text{SO}_3] = 7,0$ моль/л.
- 2.2.49.** За деякої температури K_C газової реакції $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$ дорівнює 0,4 моль/л. Рівноважна концентрація NO_2 становить 1,0 моль/л. Знайти початкову концентрацію N_2O_4 .
- 2.2.50.** За деякої температури з 1 моль речовини SO_2Cl_2 розпадається 0,5 моль за схемою: $\text{SO}_2\text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_2 + \text{Cl}_2$. Об'єм посудини 10 л. Знайти K_C цієї газової реакції.

Завдання третього рівня складності

- 2.3.1.** За деякої температури константа рівноваги реакції $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}$ становить $2,3 \cdot 10^{-4}$. Знайти рівноважну концентрацію нітроген монооксиду (в моль/л, з точністю до тисячних), якщо початкові концентрації кисню та азоту становили по 1 моль/л.
- 2.3.2.** Знайти ступінь термічної дисоціації HI (у відсотках, з точністю до цілих) за деякої температури, якщо константа рівноваги газової реакції $2\text{HI} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{I}_2$ за цієї температури становить 0,5.
- 2.3.3.** Знайти константу рівноваги K_C (з точністю до цілих) газової реакції $\text{A} + 2\text{B} \rightleftharpoons \text{C} + \text{D}$, якщо початкові концентрації речовин A і B становили 6 і 5 моль/л відповідно, а до моменту настання рівноваги прореагувало 80 % речовини B .

- 2.3.4. Початкові концентрації чадного газу та водяної пари в реакції $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$ дорівнюють відповідно 0,8 та 0,6 моль/л, а рівноважна концентрація карбон діоксиду становить 0,05 моль/л. Знайти константу рівноваги процесу (з точністю до тисячних).
- 2.3.5. Константа рівноваги реакції $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$ за деякої температури дорівнює 1. Знайти вміст (у об'ємних відсотках, з точністю до цілих) вуглекислого газу в рівноважній суміші, якщо в початковій суміші було 2 об'єми CO і 3 об'єми водяної пари.
- 2.3.6. За деякої температури константа рівноваги газової реакції $2\text{AB} \rightleftharpoons \text{A}_2 + \text{B}_2$ дорівнює 2. Визначити ступінь термічної дисоціації (у відсотках, з точністю до цілих) речовини AB за цієї температури.
- 2.3.7. Константа рівноваги K_C реакції $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$ за деякої температури дорівнює 3,6 л/моль. Розрахувати ступінь перетворення (у відсотках, з точністю до цілих) сульфур діоксиду в триоксид, якщо початкова концентрація кисню становила 0,6 моль/л, а рівноважна – 0,2 моль/л.
- 2.3.8. Реакція $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C}$ проходить за температури 1000 K, для неї константа рівноваги K_p дорівнює $3,28 \text{ МПа}^{-1}$. Чи буде утворюватися PCl_5 в газоподібній суміші, що містить C, B і A, якщо парціальні тиски реагентів відповідно рівні 0,05, 0,2 і 0,01 МПа? Вкажіть значення ΔG_{pT} (в кДж, з точністю до цілих).
- 2.3.9. Хімічна рівновага газової реакції $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C} + \text{D}$ встановилася за таких концентрацій речовин: $[\text{A}] = 6$; $[\text{B}] = 2$; $[\text{C}] = 4$ і $[\text{D}] = 3$ моль/л. У рівноважну систему додали 4 моль/л речовини B. Знайти нову рівноважну концентрацію (у моль/л з точністю до сотих) речовини A.
- 2.3.10. Для реакції $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ за 298 K константа рівноваги K_p дорівнює $7,2 \cdot 10^5 \text{ атм}^{-2}$, а $\Delta H_{\text{утв}}^\circ(\text{NH}_3)$ дорівнює $-46,1 \text{ кДж/моль}$. Оцінити значення константи рівноваги K_p за 500 K (у атм^{-2} , з точністю до сотих).

- 2.3.11.** За деякої температури константа рівноваги реакції $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}$ становить 2,3. Знайти рівноважну концентрацію нітроген моно оксиду (в моль/л, з точністю до сотих), якщо початкові концентрації кисню та азоту становили по 2 моль/л.
- 2.3.12.** Знайти ступінь термічної дисоціації HI (у відсотках, з точністю до цілих) за деякої температури, якщо константа рівноваги газової реакції $2\text{HI} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{I}_2$ за цієї температури становить 0,75.
- 2.3.13.** Знайти константу рівноваги K_C (з точністю до сотих) газової реакції $\text{A} + 2\text{B} \rightleftharpoons \text{C} + \text{D}$, якщо початкові концентрації речовин A і B становили 7 і 4 моль/л відповідно, а до моменту настання рівноваги прореагувало 50 % речовини B.
- 2.3.14.** Вихідні концентрації чадного газу та водяної пари в реакції $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$ дорівнюють відповідно 1 та 0,6 моль/л, а рівноважна концентрація карбон діоксиду становить 0,09 моль/л. Знайти константу рівноваги процесу (з точністю до сотих).
- 2.3.15.** Константа рівноваги реакції $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$ за деякої температури дорівнює 2. Знайти вміст (у об'ємних відсотках, з точністю до цілих) вуглекислого газу в рівноважній суміші, якщо в початковій суміші було 2 об'єми CO і 3 об'єми водяної пари.
- 2.3.16.** За деякої температури константа рівноваги газової реакції $2\text{AB} \rightleftharpoons \text{A}_2 + \text{B}_2$ дорівнює 3. Визначити ступінь термічної дисоціації (у відсотках, з точністю до цілих) речовини AB за цієї температури.
- 2.3.17.** Константа рівноваги K_C реакції $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$ за деякої температури дорівнює 2,4 л/моль. Розрахувати ступінь перетворення (у відсотках, з точністю до цілих) сульфур діоксиду в триоксид, якщо початкова концентрація кисню становила 0,6 моль/л, а рівноважна – 0,2 моль/л.

- 2.3.18.** Реакція $A + B \rightleftharpoons C$ проходить за температури 1000 K, для неї константа рівноваги K_p дорівнює $5,00 \text{ МПа}^{-1}$. Чи буде утворюватися PCl_5 в газоподібній суміші, що містить C, B і A, якщо парціальні тиски реагентів відповідно рівні 0,05, 0,2 і 0,01 МПа? Вкажіть значення ΔG_{pT} (в кДж, з точністю до цілих).
- 2.3.19.** Хімічна рівновага газової реакції $A + B \rightleftharpoons C + D$ встановилася за таких концентрацій речовин: $[A] = 6$; $[B] = 2$; $[C] = 4$ і $[D] = 3$ моль/л. У рівноважну систему додали 2 моль/л речовини B. Знайти нову рівноважну концентрацію (у моль/л з точністю до сотих) речовини A.
- 2.3.20.** Для реакції $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ за 298 K константа рівноваги K_p дорівнює $7,20 \cdot 10^5 \text{ атм}^{-2}$, а $\Delta H_{\text{утв}}^\circ(\text{NH}_3)$ дорівнює $-46,1 \text{ кДж/моль}$. Оцінити значення константи рівноваги K_p за 450 K (у атм^{-2} , з точністю до сотих).
- 2.3.21.** За деякої температури константа рівноваги реакції $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$ становить 1,3. Знайти рівноважну концентрацію нітроген моно оксиду (в моль/л, з точністю до сотих), якщо початкові концентрації кисню та азоту становили по 1 моль/л.
- 2.3.22.** Знайти ступінь термічної дисоціації HI (у відсотках, з точністю до цілих) за деякої температури, якщо константа рівноваги газової реакції $2HI \rightleftharpoons H_2 + I_2$ за цієї температури становить 1.
- 2.3.23.** Знайти константу рівноваги K_C (з точністю до десятих) газової реакції $A + 2B \rightleftharpoons C + D$, якщо початкові концентрації речовин A і B становили 6 і 5 моль/л відповідно, а до моменту настання рівноваги прореагувало 90 % речовини B.
- 2.3.24.** Початкові концентрації чадного газу та водяної пари в реакції $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$ дорівнюють відповідно 1 та 0,8 моль/л, а рівноважна концентрація карбон діоксиду становить 0,3 моль/л. Знайти константу рівноваги процесу (з точністю до сотих).

- 2.3.25. Константа рівноваги реакції $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$ за деякої температури дорівнює 1. Знайти вміст (у об'ємних відсотках, з точністю до цілих) вуглекислого газу в рівноважній суміші, якщо в початковій суміші було 3 об'єми CO і 4 об'єми водяної пари.
- 2.3.26. За деякої температури константа рівноваги газової реакції $2\text{AB} \rightleftharpoons \text{A}_2 + \text{B}_2$ дорівнює 3,25. Визначити ступінь термічної дисоціації (у відсотках, з точністю до цілих) речовини AB за цієї температури.
- 2.3.27. Константа рівноваги K_C реакції $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$ за деякої температури дорівнює 4 л/моль. Розрахувати ступінь перетворення (у відсотків, з точністю до цілих) сульфур діоксиду в триоксид, якщо початкова концентрація кисню становила 1 моль/л, а рівноважна – 0,5 моль/л.
- 2.3.28. Реакція $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C}$ проходить за температури 1000 K, для неї константа рівноваги K_p дорівнює 10 МПа^{-1} . Чи буде утворюватися PCl_5 у газоподібній суміші, що містить C, B і A, якщо парціальні тиски реагентів відповідно рівні 0,05, 0,2 і 0,01 МПа? Вкажіть значення ΔG_{pT} (в кДж, з точністю до цілих).
- 2.3.29. Хімічна рівновага газової реакції $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C} + \text{D}$ встановилася за таких концентрацій речовин: $[\text{A}] = 6$; $[\text{B}] = 2$; $[\text{C}] = 4$ і $[\text{D}] = 3$ моль/л. У рівноважну систему додали 3 моль/л речовини B. Знайти нову рівноважну концентрацію (у моль/л з точністю до сотих) речовини A.
- 2.3.30. Для реакції $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ за 298 K константа рівноваги K_p дорівнює $7,20 \cdot 10^5 \text{ атм}^{-2}$, а $\Delta H_{\text{утв}}^\circ(\text{NH}_3)$ дорівнює $-46,1 \text{ кДж/моль}$. Оцінити значення константи рівноваги K_p за 400 K (у атм^{-2} , з точністю до цілих).
- 2.3.31. За деякої температури константа рівноваги реакції $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}$ становить 2,0. Знайти рівноважну концентрацію нітроген моно оксиду (в моль/л, з точністю до сотих), якщо початкові концентрації кисню та азоту становили по 0,1 моль/л.

- 2.3.32.** Знайти ступінь термічної дисоціації HI (у відсотках, з точністю до цілих) за деякої температури, якщо константа рівноваги газової реакції $2\text{HI} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{I}_2$ за цієї температури становить 0,8.
- 2.3.33.** Знайти константу рівноваги K_C (з точністю до цілих) газової реакції $\text{A} + 2\text{B} \rightleftharpoons \text{C} + \text{D}$, якщо початкові концентрації речовин A і B становили 3 і 2 моль/л відповідно, а до моменту настання рівноваги прореагувало 80 % речовини B.
- 2.3.34.** Початкові концентрації чадного газу та водяної пари в реакції $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$ дорівнюють відповідно 1 та 0,7 моль/л, а рівноважна концентрація карбон діоксиду становить 0,2 моль/л. Знайти константу рівноваги процесу (з точністю до десятих).
- 2.3.35.** Константа рівноваги реакції $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$ за деякої температури дорівнює 4. Знайти вміст (у об'ємних відсотках, з точністю до цілих) вуглекислого газу в рівноважній суміші, якщо в початковій суміші було 2 об'єми CO і 3 об'єми водяної пари.
- 2.3.36.** За деякої температури константа рівноваги газової реакції $2\text{AB} \rightleftharpoons \text{A}_2 + \text{B}_2$ дорівнює 2,5. Визначити ступінь термічної дисоціації (у відсотках, з точністю до цілих) речовини AB за цієї температури.
- 2.3.37.** Константа рівноваги K_C реакції $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$ за деякої температури дорівнює 4 л/моль. Розрахувати ступінь перетворення (у відсотках, з точністю до цілих) сульфур діоксиду в триоксид, якщо початкова концентрація кисню становила 0,1 моль/л, а рівноважна – 0,06 моль/л.
- 2.3.38.** Реакція $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C}$ проходить за температури 1000 K, для неї константа рівноваги K_p дорівнює $3,00 \text{ МПа}^{-1}$. Чи буде утворюватися PCl_5 у газоподібній суміші, що містить C, B і A, якщо парціальні тиски реагентів відповідно рівні 0,06, 0,4 і 0,02 МПа? Вкажіть значення ΔG_{pT} (в кДж, з точністю до цілих).

- 2.3.39.** Хімічна рівновага газової реакції $A + B \rightleftharpoons C + D$ встановилася за таких концентрацій речовин: $[A] = 6$; $[B] = 1$; $[C] = 4$ і $[D] = 3$ моль/л. У рівноважну систему додали 3 моль/л речовини В. Знайти нову рівноважну концентрацію (у моль/л з точністю до сотих) речовини А.
- 2.3.40.** Для реакції $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ за 298 K константа рівноваги K_p дорівнює $7,20 \cdot 10^5 \text{ атм}^{-2}$, а $\Delta H_{\text{утв}}^\circ(NH_3)$ дорівнює $-46,1 \text{ кДж/моль}$. Оцінити значення константи рівноваги K_p за 380 K (у атм^{-2} , з точністю до цілих).
- 2.3.41.** За деякої температури константа рівноваги реакції $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$ становить 3,0. Знайти рівноважну концентрацію нітроген моно оксиду (в моль/л, з точністю до сотих), якщо початкові концентрації кисню та азоту становили по 0,1 моль/л.
- 2.3.42.** Знайти ступінь термічної дисоціації HI (у відсотках, з точністю до цілих) за деякої температури, якщо константа рівноваги газової реакції $2HI \rightleftharpoons H_2 + I_2$ за цієї температури становить 2.
- 2.3.43.** Знайти константу рівноваги K_c (з точністю до десятих) газової реакції $A + 2B \rightleftharpoons C + D$, якщо початкові концентрації речовин А і В становили 0,5 і 0,2 моль/л відповідно, а до моменту настання рівноваги прореагувало 80 % речовини В.
- 2.3.44.** Початкові концентрації чадного газу та водяної пари в реакції $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$ дорівнюють відповідно 1 та 0,5 моль/л, а рівноважна концентрація карбон діоксиду становить 0,1 моль/л. Знайти константу рівноваги процесу (з точністю до сотих).
- 2.3.45.** Константа рівноваги реакції $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$ за деякої температури дорівнює 3. Знайти вміст (у об'ємних відсотках, з точністю до цілих) вуглекислого газу в рівноважній суміші, якщо в початковій суміші було 3 об'єми CO і 5 об'ємів водяної пари.

- 2.3.46.** За деякої температури константа рівноваги газової реакції $2AB \rightleftharpoons A_2 + B_2$ дорівнює 5. Визначити ступінь термічної дисоціації (у відсотках, з точністю до цілих) речовини АВ за цієї температури.
- 2.3.47.** Константа рівноваги K_C реакції $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$ за деякої температури дорівнює 3,5 л/моль. Розрахувати ступінь перетворення (у відсотках, з точністю до цілих) діоксиду в триоксид, якщо початкова концентрація кисню становила 0,1 моль/л, а рівноважна – 0,04 моль/л.
- 2.3.48.** Реакція $A + B \rightleftharpoons C$ проходить за температури 1000 К, для неї константа рівноваги K_p дорівнює 2,5 МПа⁻¹. Чи буде утворюватися PCl₅ у газоподібній суміші, що містить С, В і А, якщо парціальні тиски реагентів відповідно рівні 0,06, 0,4 і 0,02 МПа? Вкажіть значення ΔG_{pT} (в кДж, з точністю до цілих).
- 2.3.49.** Хімічна рівновага газової реакції $A + B \rightleftharpoons C + D$ встановилася за таких концентрацій речовин: [А] = 6; [В] = 1; [С] = 4 і [D] = 3 моль/л. У рівноважну систему додали 5 моль/л речовини В. Знайти нову рівноважну концентрацію (у моль/л з точністю до сотих) речовини А.
- 2.3.50.** Для реакції $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ за 298 К константа рівноваги K_p дорівнює $7,20 \cdot 10^5$ атм⁻², а $\Delta H_{утв}^\circ(NH_3)$ дорівнює -46,1 кДж/моль. Оцінити значення константи рівноваги K_p за 420 К (у атм⁻², з точністю до десятих).

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ III РОЗЧИНИ НЕЕЛЕКТРОЛІТІВ

Завдання першого рівня складності

3.1.1. Який фізичний зміст коефіцієнту розподілу?

- 1) відношення активностей або концентрацій речовини в двох рідинах, що не змішуються,
- 2) величина, що чисельно дорівнює ізотонічному коефіцієнту,
- 3) відношення кількості продисоційованих молекул до кількості всіх розчинених молекул,
- 4) величина, що чисельно відношенню констант швидкостей розподілу речовини в двох рідинах, що не змішуються.

3.1.2. За яких значень термодинамічних функцій розчинність буде оптимальною?

- 1) $\Delta H < 0, \Delta S < 0,$
- 2) $\Delta H < 0, \Delta S > 0,$
- 3) $\Delta H > 0, \Delta S > 0,$
- 4) $\Delta H > 0, \Delta S < 0.$

3.1.3. Коефіцієнт розчинності аргентум нітрату AgNO_3 за 0°C становить 122г. Знайти масову частку розчиненої речовини (%).

- 1) 55,
- 2) 18,
- 3) 12,2,
- 4) 82,
- 5) 45.

3.1.4. Насичений розчин калій дихромату за 50°C містить 27 % солі. Чому дорівнює коефіцієнт розчинності $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$?

- 1) 43,
- 2) 41,
- 3) 37,
- 4) 27,
- 5) 21.

3.1.5. Вирахувати масову частку амоніаку в розчині (у відсотках), який містить 1 моль амоніаку NH_3 у 3 моль води.

- 1) 31,5,
- 2) 23,9,
- 3) 18,3,
- 4) 49,3.

3.1.6. В якому співвідношенні необхідно змішати 50- і 20-відсотковий розчини, щоб одержати 40 % розчин?

- 1) 1 : 3,
- 2) 1 : 2,
- 3) 2 : 1,
- 4) 3 : 1.

3.1.7. Знайти масову частку розчиненої речовини в розчині (у відсотках), одержаному змішуванням 200 г 40-відсоткового і 800 г 10-відсоткового розчину.

- 1) 20,
- 2) 16,
- 3) 24,
- 4) 50,
- 5) 30.

3.1.8. В якому співвідношенні необхідно змішати 40- і 10-відсотковий розчини, щоб отримати 20-відсотковий?

- 1) 1 : 3,
- 2) 1 : 1,
- 3) 1 : 2,
- 4) 3 : 1,
- 5) 2 : 1.

3.1.9. Яка відсоткова концентрація розчину, одержаного змішуванням 200 г 40-відсоткового розчину та 600 г 20-відсоткового розчину?

- 1) 25,
- 2) 20,
- 3) 30,
- 4) 33,
- 5) 22.

3.1.10. Яка молярна концентрація розчину, що містить 6 г карбаміду в 200 мл розчину ?

- 1) 0,1,
- 2) 0,5,
- 3) 1,0,
- 4) 0,2,
- 5) 2,0.

3.1.11. Математичним виразом першого закону Рауля є рівняння:

- 1) $\Delta P_A = P_A^0 n_B / (n_A + n_B)$;
- 2) $\Delta P_A / P_A^0 = n_A / n_B$;
- 3) $(P_A^0 - P_A) / P_A^0 = n_A / (n_A + n_B)$;
- 4) $P_A = P_A^0 n_A / n_B$.

3.1.12. Математичним виразом рівняння Вант-Гоффа для осмотичного тиску є:

- 1) $\pi = x_2 RT$;
- 2) $\pi = CRT$;
- 3) $\pi = kC_m$;
- 4) $\pi = \omega RT$.

3.1.13. Математичним виразом другого закону Рауля є рівняння:

- 1) $\Delta t = (m/M) \cdot (\Delta H / 1000)$;
- 2) $\Delta t = KC_m$;
- 3) $\Delta t = KE$;
- 4) $\Delta t = (m/M) \cdot (1000/L)$.

3.1.14. Колігативні – це такі властивості розчинів, які залежать від:

- 1) природи розчиненої речовини;
- 2) природи розчинника;
- 3) кількості частинок розчиненої речовини.

3.1.15. Кріоскопічна та ебуліоскопічна сталі залежать від:

- 1) концентрації розчину;
- 2) природи розчиненої речовини;
- 3) природи розчинника.

3.1.16. Ідеальним називається розчин:

- 1) від змішування компонентів якого спостерігається тепловиділення і змінюється об'єм, зміна ентропії є такою ж, як і від змішування ідеальних газів;
- 2) від змішування компонентів якого не спостерігається виділення чи поглинання теплоти і не змінюється об'єм, тоді як зміна ентропії є такою ж, як і від змішування ідеальних газів;
- 3) від змішування компонентів якого не спостерігається виділення чи поглинання теплоти і не змінюється об'єм та ентропія;
- 4) компоненти якого підпорядковуються закону Генрі;
- 5) від змішування компонентів якого спостерігається виділення чи поглинання теплоти і змінюється об'єм та ентропія;
- 6) в якому розчинник підкоряється закону Рауля, а розчинена речовина – закону Генрі.

3.1.17. Гранично розбавленим називається розчин:

- 1) від змішування компонентів якого спостерігається тепловиділення і змінюється об'єм, зміна ентропії є такою ж, як і від змішування ідеальних газів;
- 2) від змішування компонентів якого не спостерігається виділення чи поглинання теплоти і не змінюється об'єм, тоді як зміна ентропії є такою ж, як і від змішування ідеальних газів;
- 3) від змішування компонентів якого не спостерігається виділення чи поглинання теплоти і не змінюється об'єм та ентропія;
- 4) компоненти якого підпорядковуються закону Генрі;
- 5) в якому розчинник підкоряється закону Рауля, а розчинена речовина – закону Генрі;
- 6) від змішування компонентів якого спостерігається виділення чи поглинання теплоти і змінюється об'єм та ентропія.

3.1.18. Серед реальних розчинів виділяють:

- 1) ідеальні, гранично розбавлені та регулярні розчини;
- 2) ідеальні тверді, рідкі та газові;
- 3) атермальні і регулярні;
- 4) гранично розбавлені тверді, рідкі та газові;
- 5) ті, в яких розчинник підкоряється закону Рауля, а розчинена речовина – закону Генрі;
- 6) ті, в яких розчинник і розчинена речовина підкоряються закону Рауля.

3.1.19. Термодинамічними характеристиками багатоконпонентних систем, зокрема розчинів, є парціальні мольні величини. Парціальною мольною величиною компонента розчину є:

- 1) термодинамічна величина, яку використовують для опису залежності інтенсивної властивості розчину від концентрації;
- 2) термодинамічна величина, яку використовують для опису концентраційної залежності екстенсивної властивості розчину;
- 3) термодинамічна величина, яку використовують для опису залежності парціального тиску пари окремого компонента над розчином від вмісту цього компонента в розчині;
- 4) термодинамічна величина, яку використовують для опису залежності температури розчину від вмісту окремого компонента в розчині.

3.1.20. Парціальна мольна величина окремого компонента в розчині є:

- 1) частинною похідною від будь-якого термодинамічного потенціалу за кількістю окремого компонента при умові постійності кількостей всіх інших компонентів та природних змінних потенціалу;
- 2) частинною похідною від будь-якого термодинамічного потенціалу за кількістю цього компонента при умові постійності кількостей всіх інших компонентів, тиску і температури;
- 3) частинною похідною від будь-якої інтенсивної властивості розчину за кількістю цього компонента при умові постійності кількостей всіх інших компонентів, тиску і температури;
- 4) частинною похідною від будь-якої екстенсивної властивості розчину за кількістю цього компонента при умові постійності кількостей всіх інших компонентів, тиску і температури;
- 5) частинною похідною від будь-якого термодинамічного потенціалу за кількістю цього компонента при умові постійності кількостей всіх інших компонентів, об'єму і температури.

3.1.21. Хімічний потенціал окремого компонента в розчині є:

- 1) частинною похідною від будь-якого термодинамічного потенціалу за кількістю окремого компонента при умові постійності кількостей всіх інших компонентів та природних змінних потенціалу;
- 2) частинною похідною від будь-якого термодинамічного потенціалу за кількістю цього компонента при умові постійності кількостей всіх інших компонентів, тиску і температури;
- 3) частинною похідною від будь-якої інтенсивної властивості розчину за кількістю цього компонента при умові постійності кількостей всіх інших компонентів, тиску і температури;
- 4) частинною похідною від будь-якої екстенсивної властивості розчину за кількістю цього компонента при умові постійності кількостей всіх інших компонентів, тиску і температури;
- 5) частинною похідною від будь-якого термодинамічного потенціалу за кількістю цього компонента при умові постійності кількостей всіх інших компонентів, об'єму і температури.

3.1.22. Для обчислення ебуліоскопічної константи потрібно знати:

- 1) зміну температури кипіння розчину, молярну масу розчиненої речовини та розчинника;
- 2) нормальну температуру кипіння розчинника, молярну масу розчиненої речовини і мольну теплоту випаровування розчиненої речовини;
- 3) температуру кристалізації розчину, масову частку розчиненої речовини і молярну масу розчинника;
- 4) нормальну температуру кипіння розчинника, зміну ентропії його випаровування і мольну зміну об'єму в процесі випаровування;
- 5) нормальну температуру кипіння розчинника, мольну теплоту випаровування і молярну масу розчинника;
- 6) нормальну температуру кристалізації розчинника, мольну теплоту кристалізації і молярну масу розчинника;
- 7) зміну температури замерзання розчину і молярність розчину.

- 3.1.23.** Для обчислення криоскопічної константи потрібно знати:
- 1) зміну температури кипіння розчину, молярну масу розчиненої речовини та розчинника;
 - 2) нормальну температуру кипіння розчинника, молярну масу розчиненої речовини і мольну теплоту випаровування розчиненої речовини;
 - 3) температуру кристалізації розчину, масову частку розчиненої речовини і молярну масу розчинника;
 - 4) нормальну температуру кипіння розчинника, зміну ентропії його випаровування і мольну зміну об'єму в процесі випаровування;
 - 5) нормальну температуру кипіння розчинника, мольну теплоту випаровування і молярну масу розчинника;
 - 6) нормальну температуру кристалізації розчинника, мольну теплоту кристалізації і молярну масу розчинника.

Завдання другого рівня складності

3.2.1. Теплота розчинення натрій карбонату Na_2CO_3 становить $-25,1$ кДж/моль, а кристалогідрату $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ $66,9$ кДж/моль. Знайти теплоту гідратоутворення реакції $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{т}) + 10\text{H}_2\text{O}(\text{р}) = \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}(\text{т})$ (в кДж/моль з точністю до цілих).

3.2.2. Від розчинення 7 г калій гідроксиду KOH у воді виділяється $6,7$ кДж тепла. Чому дорівнює ентальпія розчинення (кДж/моль з точністю до десятих)?

3.2.3. Який об'єм води (в мілілітрах з точністю до десятих) необхідно взяти для приготування $4,1$ -відсоткового розчину сульфітної кислоти з $8,96$ л (н. у.) сульфур (IV) оксиду?

3.2.4. Від розчинення 1 моль сульфатної кислоти у 902 г води температура підвищилась на 20 К. Визначити ентальпію розчинення H_2SO_4 (в кДж/моль з точністю до цілих), якщо питома теплоємність розчину становить $3,9$ Дж/(г·К).

3.2.5. Від розчинення 10 г натрій гідроксиду NaOH в 250 мл води температура розчину підвищилась на $9,7$ К. Вирахувати теплоту розчинення натрій гідроксиду (в кДж/моль з точністю до десятих), якщо питома теплоємність розчину дорівнює $4,1$ Дж/(г·К).

- 3.2.6.** Визначити з точністю до десятих молярну концентрацію сульфатної кислоти H_2SO_4 у розчині, який утвориться від розчинення 80 г сульфур (VI) оксиду в 920 г води.
- 3.2.7.** Визначити з точністю до десятих масову концентрацію у відсотках хлоридної кислоти, що утворилася від розчинення $179,2 \text{ дм}^3$ хлористого водню (н. у.) в 708 см^3 води.
- 3.2.8.** В якому об'ємі води (в мілілітрах з точністю до цілих) необхідно розчинити 27,8 г кристалогідрату $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, щоб утворився 3,8-відсотковий розчин ферум (II) сульфату?
- 3.2.9.** Ентальпія розчинення амоній нітрату дорівнює $26,7 \text{ кДж/моль}$. Якою буде зміна температури (з точністю до десятих) розчину, якщо в 180 мл води розчинити 20 г амоній нітрату? Питома теплоємність розчину дорівнює $3,96 \text{ Дж/(г}\cdot\text{K)}$.
- 3.2.10.** Чому дорівнює ентальпія розчинення (в кДж/моль з точністю до десятих) калій хлориду у воді, якщо від розчинення 25 г KCl в 1 л води температура понизиться на $1,5 \text{ }^\circ\text{C}$? Питома теплоємність розчину дорівнює $4,1 \text{ Дж/(г}\cdot\text{K)}$.
- 3.2.11.** Тиск насиченої пари води за $50 \text{ }^\circ\text{C}$ дорівнює $12,33 \text{ кПа}$. Розрахувати тиск (в кПа з точністю до сотих) пари розчину, який містить 50 г етиленгліколю в 900 г води.
- 3.2.12.** За певної температури тиск пари над розчином, який містить 62 г фенолу і 60 моль діетилового етеру, дорівнює $50,7 \text{ кПа}$. Знайти тиск (в кПа з точністю до десятих) пари чистого етеру за цієї ж температури.
- 3.2.13.** Обчислити тиск (в кПа з точністю до десятих) пари 10-відсоткового водного розчину глюкози за 100°C .
- 3.2.14.** Розрахувати тиск (в кПа з точністю до сотих) пари розчину, який містить 450 г глюкози в 720 г води за 25°C , якщо тиск насиченої пари води за цієї температури дорівнює $3,167 \text{ кПа}$.
- 3.2.15.** Знайти тиск (в мм.рт.ст. з точністю до сотих) пари над 5-відсотковим водним розчином карбаміду $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ за 25°C , якщо тиск насиченої пари води за цієї температури дорівнює $23,75 \text{ мм.рт.ст.}$
- 3.2.16.** За якої температури (в Кельвінах з точністю до десятих) осмотичний тиск розчину, один літр якого містить 45 г глюкози, досягне $607,8 \text{ кПа}$?

- 3.2.17.** Розчин, що містить 0,0405 г невідомої речовини у 1 мл є ізотонічним до 0,225 М розчину сахарози. Яка молекулярна маса цієї речовини (з точністю до цілих)?
- 3.2.18.** Скільки молекул неелектроліту міститься в 1 мл розчину, осмотичний тиск якого за 54°C становить 606,5 кПа ?
- 3.2.19.** Водно-спиртовий розчин з масовою часткою спирту 15 % замерзає за -10,26°C. Знайти молярну масу спирту (з точністю до цілих).
- 3.2.20.** Розрахувати молярну масу неелектроліту (з точністю до цілих), якщо за розчинення 2,3 г цієї речовини в 250 г води осмотичний тиск розчину за 27°C дорівнює 249 кПа.
- 3.2.21.** Розрахувати осмотичний тиск (атм) одномолярного розчину сахарози за 273 К.
- 3.2.22.** Розрахувати осмотичний тиск (атм) розчину, у 1 л якого знаходиться 1 моль неелектроліту ($t = 37^\circ\text{C}$).
- 3.2.23.** Яка температура кристалізації розчину, що містить 1 моль гліцерину в 500 г води.
- 3.2.24.** Визначити температуру замерзання (в °C) розчину, що містить 15 г ацетатної кислоти у 500 г води ?
- 3.2.25.** В 500 г води розчинено 33 г неелектроліту. Розчин кипить за 100,52 °C. Визначити молекулярну масу розчиненої речовини.

Завдання третього рівня складності

- 3.3.1.** Визначити з точністю до цілих у грамах масу натрій оксиду, який треба розчинити у 676 г 23,67 % розчину натрій гідроксиду NaOH, щоб одержати його 40-відсотковий розчин.
- 3.3.2.** Яка маса кристалогідрату $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (у грамах з точністю до цілих) виділиться, коли охолодити 1026,4 г насиченого за 80 °C розчину до 10 °C, якщо розчинність Na_2SO_4 за 80 °C становить 28,3 г, а за 10 °C – 9 г у 100 г H_2O ?
- 3.3.3.** Визначити з точністю до цілих в грамах масу ацетатного ангідриду, який потрібно розчинити в 400 г 91-відсоткового розчину ацетатної кислоти, щоб утворилася безводна кислота?

- 3.3.4.** Під час електролізу 10 л 5 М розчину сірчаної кислоти ($\rho = 1,27$ г/мл) виділилось 560 л водню (н.у.). Визначити з точністю до цілих масову частку (у відсотках) кислоти після електролізу.
- 3.3.5.** Від розчинення 8 г купрум сульфату CuSO_4 в 192 г води температура розчину підвищилася на 3,95 К. Теплоємність утвореного розчину 4,15 Дж/(г·К). Визначити з точністю до десятих ентальпію утворення кристалогідрату $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ з безводної солі і води, якщо ентальпія його розчинення складає 11,7 кДж/моль.
- 3.3.6.** За якого тиску (в атмосферах з точністю до десятих) треба розчинити вуглекислий газ у воді ($t = 0$ °С), щоб одержати одновідсотковий розчин вугільної кислоти H_2CO_3 ? (Розчинність вуглекислого газу за н.у. складає 1,7 г/л H_2O).
- 3.3.7.** Визначити з точністю до цілих масу натрій оксиду, яку необхідно розчинити в 1014 г розчину, який вміщує 240 г натрій гідроксиду NaOH , щоб одержати його 40-відсотковий розчин.
- 3.3.8.** Яку масу кристалогідрату $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (грамів з точністю до десятих) можна одержати від випаровування 200 мл 15-відсоткового розчину натрій сульфату, густина якого дорівнює 1,14 г/мл?
- 3.3.9.** Визначити з точністю до цілих масу 50-відсоткового розчину сірчаної кислоти, в якій потрібно розчинити 250 г сірчаного ангідриду, щоб одержати 95,3-відсотковий розчин H_2SO_4 .
- 3.3.10.** Коефіцієнт розчинності ферум (II) сульфату за 30 °С становить 33 г. Із насиченого розчину за 30° С випарували 20 г води. Яка маса кристалогідрату $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ при цьому викристалізується (грамів з точністю до десятих)?
- 3.3.11.** Тиск пари водного розчину, який містить нелетку розчинену речовину на 2 % нижчий від тиску насиченої пари води. Визначити температуру його замерзання з точністю до десятих градусів Цельсія.
- 3.3.12.** Обчислити в градусах Кельвіна з точністю до сотих температуру замерзання 3-відсоткового водного розчину сечовини, якщо кріоскопічна константа води 1,85 К·кг/моль, а температура замерзання чистої води 273,15 К.

3.3.13. Обчислити з точністю до десятих в атмосферах осмотичний тиск 3-відсоткового розчину аніліну в діетиловому етері за 22 °С, якщо його густина становить 0,717 г/мл.

3.3.14. Температура кипіння сірководню CS_2 дорівнює 319,2 К, а його ебуліоскопічна константа дорівнює 2,37 К·кг/моль. Визначте з точністю до цілих кількості атомів у молекулі сірки, якщо розчин, що містить 217 мг сірки в 1,913 г CS_2 кипить за 320,6 К.

3.3.15. У 10,72 г спиртового розчину міститься 0,4 г карбонової кислоти. Розчин кипить за температури на 0,337 °С вищої, ніж чистий етанол. Обчислити з точністю до цілих молярну масу кислоти. Ебуліоскопічна константа етанолу 1,2 К·кг/моль.

3.3.16. Визначити з точністю до десятих градусів Цельсія нормальну температуру кипіння водного розчину неелектроліту, який замерзає за 268,15 К. Кріоскопічна і ебуліоскопічна константи води відповідно дорівнюють 1,85 і 0,52 К·кг/моль.

3.3.17. Визначити в відсотках з точністю до цілих мольну частку сахарози в водному розчині, якщо цей розчин кипить за температури на 0,26 К вищої, ніж нормальна температура кипіння води.

3.3.18. Визначити з точністю до десятих мінімальну масу гліцерину в грамах, яку потрібно додати до 0,1 кг води, щоб вона не кристалізувалась за 268,15 К. Кріоскопічна константа води 1,85 К·кг/моль. Вода кристалізується за 273,15 К.

3.3.19. Визначити з точністю до сотих градусів Цельсія температуру замерзання розчину, одержаного розчиненням 45 г фруктози в 250 г води. Кріоскопічна константа води 1,85 К·кг/моль.

3.3.20. За якої температури (в °С з точністю до десятих) буде замерзати розчин, одержаний змішуванням рівних об'ємів етиленгліколю ($\rho = 1,116$ г/мл) і води ($\rho = 1,0$ г/мл)? Кріоскопічна константа води 1,85 К·кг/моль.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ IV ФАЗОВІ РІВНОВАГИ

Завдання першого рівня складності

4.1.1. Як формулюється перший закон Коновалова?

- 1) пара порівняно з рідиною збагачена більш легким компонентом, тобто компонентом, додавання якого до системи збільшує її загальний тиск;
- 2) пара порівняно з рідиною збагачена більш легким компонентом, тобто компонентом, додавання якого до системи зменшує її загальний тиск;
- 3) пара порівняно з рідиною збагачена менш легким компонентом, тобто компонентом, додавання якого до системи збільшує її загальний тиск;
- 4) пара порівняно з рідиною збагачена менш легким компонентом, тобто компонентом, додавання якого до системи зменшує її загальний тиск.

4.1.2. Як формулюється другий закон Коновалова?

- 1) у точках екстремуму густини рідини і газової фази однакові;
- 2) у точках екстремуму склади рідини і газової фази однакові;
- 3) у точках екстремуму рідина і газова фаза мають однакову масу;
- 4) у точках екстремуму рідина і газова фаза мають однакову ентропію.

4.1.3. Вкажіть рівняння, яке виражає евтектичну рівновагу.

- 1) $L + \alpha \Leftrightarrow \beta$;
- 2) $\alpha + \beta \Leftrightarrow L$;
- 3) $L \Leftrightarrow \alpha + \beta$;
- 4) $L + A \Leftrightarrow C$.

4.1.4. Вкажіть рівняння, яке виражає перитектичну рівновагу.

- 1) $L + \alpha \Leftrightarrow \beta$;
- 2) $\alpha + \beta \Leftrightarrow L$;
- 3) $L \Leftrightarrow \alpha + \beta$;
- 4) $L + A \Leftrightarrow C$.

4.1.5. Вкажіть рівняння, яке виражає евтектоїдну рівновагу.

- 1) $L \Leftrightarrow \alpha + \beta$;
- 2) $\alpha + \beta \Leftrightarrow L$;
- 3) $\beta \Leftrightarrow \alpha + B$;
- 4) $L + A \Leftrightarrow C$.

4.1.6. Вкажіть рівняння, яке виражає перитектоїдну рівновагу.

- 1) $L \Leftrightarrow \alpha + \beta$;
- 2) $\beta \Leftrightarrow \alpha + B$;
- 3) $\alpha + \beta \Leftrightarrow L$;
- 4) $\beta + B \Leftrightarrow \alpha$.

4.1.7. Яке рівняння є математичним виразом правила фаз Гіббса для однокомпонентної системи?

- 1) $C + \Phi = 2$;
- 2) $C + \Phi = K + 1$;
- 3) $C + \Phi = 3$;
- 4) $C + \Phi = 4$.

4.1.8. Яке рівняння є математичним виразом правила фаз Гіббса для двохкомпонентної системи, якщо $p = const$?

- 1) $C + \Phi = K + 1$;
- 2) $C + \Phi = K + 2$;
- 3) $C + \Phi = 3$;
- 4) $C + \Phi = 4$.

4.1.9. Яке рівняння є математичним виразом правила фаз Гіббса для двокомпонентної системи, якщо $p = const$ і $T = const$?

- 1) $C + \Phi = K$;
- 2) $C + \Phi = 1$;
- 3) $C + \Phi = 2$;
- 4) $C + \Phi = 3$.

4.1.10. Яке рівняння є математичним виразом правила фаз Гіббса для трикомпонентної системи, якщо $p = const$?

- 1) $C + \Phi = K$;
- 2) $C + \Phi = 3$;
- 3) $C + \Phi = 4$;
- 4) $C + \Phi = 5$.

4.1.11. Яке рівняння є математичним виразом правила фаз Гіббса для трикомпонентної системи, якщо $p = const$ і $T = const$?

- 1) $C + \Phi = K$;
- 2) $C + \Phi = 3$;
- 3) $C + \Phi = 4$;
- 4) $C + \Phi = 5$.

4.1.12. Яке із приведених рівнянь є фундаментальним термодинамічним рівнянням Гіббса?

- 1) $dU = TdS - pdV + \sum_i \left(\frac{\partial U}{\partial n_i} \right)_{S,V,n_j \neq n_i} dn_i$;
- 2) $dU = SdT + pdV - \sum_i \left(\frac{\partial U}{\partial n_i} \right)_{S,V,n_j \neq n_i} dn_i$;
- 3) $dU = TdS + Vdp - \sum_i \left(\frac{\partial U}{\partial n_i} \right)_{S,V,n_j \neq n_i} dn_i$;
- 4) $dU = TdS + pdV - \sum_i \left(\frac{\partial U}{\partial n_i} \right)_{S,T,n_j \neq n_i} dn_i$.

4.1.13. Яке із приведених рівнянь є рівнянням Клаузіуса-Клапейрона?

- 1) $\frac{d \ln p}{dV} = \frac{\Delta U_{\text{ф.п.}}}{RT_{\text{ф.п.}}^2}$;
- 2) $\frac{d \ln p}{dT} = \frac{\Delta H_{\text{ф.п.}}}{RT_{\text{ф.п.}}^2}$;
- 3) $\frac{d \ln T}{dp} = \frac{\Delta H_{\text{ф.п.}}}{RT_{\text{ф.п.}}^2}$;
- 4) $\frac{d \ln T}{dp} = \frac{\Delta U_{\text{ф.п.}}}{RT_{\text{ф.п.}}^2}$.

4.1.14. Яке із приведених рівнянь описує фазові переходи другого роду?

1) $\left(\frac{\partial U}{\partial S}\right)_V = T$;

2) $\frac{\partial^2 G}{\partial T^2} = -\frac{\partial S}{\partial T}$;

3) $\frac{\partial^2 U}{\partial S \partial V} = \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_S$;

4) $dU = TdS - pdV$.

4.1.15. Скільки фаз має система, яка містить кристалічний барій сульфат у воді?

1) 4;

2) 3;

3) 2;

4) 1.

4.1.16. Нехай система містить розчинений у воді натрій хлорид, який повністю продисоціював на іони. Скільки компонентів є в цій системі?

1) 2;

2) 1;

3) 4;

4) 3.

4.1.17. Яка варіантність двокомпонентної системи в точці кристалізації евтектики?

1) 0;

2) 1;

3) 2;

4) 3.

4.1.18. Яка варіантність трикомпонентної системи в точці кристалізації потрійної евтектики?

1) 3;

2) 2;

3) 1;

4) 0.

4.1.19. Що є геометричним образом області співіснування трьох фаз на фазовій діаграмі типу води?

- 1) точка;
- 2) лінія;
- 3) поле.

4.1.20. Відомо, що є дві кристалічні модифікації сірки: ромбічна та моноклінна. Скільки компонентів містить рівноважна система

$$S_{\text{ромб.}} \leftrightarrow S_{\text{монокл.}} ?$$

- 1) 0;
- 2) 1;
- 3) 2;
- 4) 3.

Завдання другого рівня складності

4.2.1. Нормальна температура кипіння йоду $185\text{ }^{\circ}\text{C}$, теплота пароутворення $\Delta H_{\text{пар}} = 164,013\text{ Дж/г}$. До якої приблизно температури слід нагрівати йод в апараті, в якому підтримується тиск 100 мм рт. ст. , щоб забезпечити його перегонку?

4.2.2. Під яким тиском кипітиме диетиламін за $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, якщо нормальна температура кипіння $58\text{ }^{\circ}\text{C}$, а теплота пароутворення $27844,52\text{ Дж/моль}$.

4.2.3. Температура кипіння рідкого метанолу за 200 мм рт. ст. дорівнює $34,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, а за тиску 400 мм рт. ст. $49,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Обчислити питому теплоту випаровування метанолу.

4.2.4. Тиск пари кристалічного ацетилену за $132\text{ }^{\circ}\text{K}$ дорівнює $1,7\text{ мм рт. ст.}$, а за $153\text{ }^{\circ}\text{K}$ – $27,6\text{ мм рт. ст.}$. Розрахувати мольну теплоту плавлення ацетилену, якщо питома теплота його пароутворення складає $828,014\text{ Дж/г}$.

4.2.5. Тиск пари телуру за 671 і $578\text{ }^{\circ}\text{C}$ відповідно дорівнює 1885 і $445,9\text{ Па}$. Визначити середнє значення питомої теплоти випаровування в цьому температурному інтервалі.

4.2.6. Тиск пари BCl_3 за 10 і $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ відповідно дорівнює $562,9$ і $807,5\text{ мм рт. ст.}$. Яка питома теплота випаровування BCl_3 ?

4.2.7. Тиск пари етанолу за 70 і $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ відповідно дорівнює $540,9$ і 811 мм рт. ст. . Розрахувати питому теплоту випаровування.

- 4.2.8.** Тиск пари бензену за 20 і 30 °С відповідно дорівнює 75 і 118 мм рт. ст. Розрахувати питому теплоту випаровування.
- 4.2.9.** Температура кипіння бутанолу-1 під тиском $1,0133 \cdot 10^5$ Па 117,8 °С а теплота випаровування 591,199 кДж/кг. Яка температура кипіння бутанолу-1 за тиску 750 мм рт. ст.?
- 4.2.10.** Теплота випаровування діетилового етеру 360,242 кДж/кг за температури кипіння 34,66 °С під тиском 760 мм рт. ст. Обчислити температуру кипіння за 740 мм рт. ст.
- 4.2.11.** Питома теплота випаровування діетилового етеру 360,242 кДж/кг за температури кипіння 34,66 °С під тиском 760 мм рт. ст. Визначити тиск пари за 36,50 °С.
- 4.2.12.** Тиск пари CCl_4 621,15 мм рт. ст. за 70 і 843,29 мм рт. ст. за 80 °С. Розрахувати теплоту випаровування для 1 кг CCl_4 .
- 4.2.13.** Тиск етиламіну за температур $-22,9$ і $-13,9$ °С відповідно дорівнює 111,2 і 183,0 мм рт. ст. Визначити питому теплоту випаровування в цьому температурному інтервалі.
- 4.2.14.** Тиск пари тетрахлорметану дорівнює 621,15 мм рт. ст. за 70 °С, теплота випаровування 1 кмоль CCl_4 30781,688 кДж/кмоль. Розрахувати нормальну температуру кипіння.
- 4.2.15.** Тиск пари етиламіну за $-13,9$ і $-5,6$ °С відповідно дорівнює 183,0 і 281,8 мм рт. ст. Визначити теплоту випаровування в цьому температурному інтервалі.
- 4.2.16.** Тиск пари етиламіну за $-5,6$ і $5,8$ °С відповідно дорівнює 281,8 і 481,2 мм рт. ст. Визначити мольну теплоту випаровування для етиламіну.
- 4.2.17.** Тиск пари етиламіну за 5,8 і 16,2 °С відповідно дорівнює 481,2 і 750,5 мм рт. ст. Розрахувати мольну теплоту випаровування етиламіну в цьому температурному інтервалі.
- 4.2.18.** Визначити тиск насиченої пари тетрахлорметану за 60 °С, якщо CCl_4 кипить за 75 °С і $1,0133 \cdot 10^5$ Па а теплота його паротворення 30833,03 кДж/моль.
- 4.2.19.** Тиск пари діетилового етеру за -10 °С 114,8 мм рт. ст., а за 0 °С тиск 184,4 мм рт. ст. Розрахувати мольну теплоту випаровування етеру.

- 4.2.20.** Тиск пари діетилового етеру за $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ дорівнює $184,4\text{ мм рт. ст.}$, а за температури $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ тиск становить $286,8\text{ мм рт. ст.}$ Визначити мольну теплоту випаровування етеру.
- 4.2.21.** Нормальна температура кипіння йоду $458,7\text{ К}$, а за тиску 152 мм рт. ст. йод кипить за 400 К . Визначити з точністю до десятих в кДж/моль теплоту випаровування йоду.
- 4.2.22.** Під тиском 217 мм рт. ст. діетиламін кипітиме за $293,2\text{ К}$, а нормальна температура його кипіння $329,5\text{ К}$. Визначити з точністю до десятих в кДж/моль теплоту випаровування діетиламіну.
- 4.2.23.** Температура кипіння рідкого метанолу за 200 мм рт. ст. дорівнює $308,2\text{ К}$, а за тиску 400 мм рт. ст. $323,1\text{ К}$. Визначити з точністю до десятих в кДж/моль теплоту випаровування метанолу.
- 4.2.24.** Тиск пари кристалічного ацетилену за 132 К дорівнює $1,7\text{ мм рт. ст.}$, а за 153 К $27,6\text{ мм рт. ст.}$ Визначити з точністю до десятих в кДж/моль теплоту сублімації ацетилену.
- 4.2.25.** Тиск пари телуру за $944,2$ і 820 К відповідно дорівнює 1900 і 710 Па . Визначити з точністю до десятих в кДж/моль теплоту випаровування.
- 4.2.26.** Тиск пари BCl_3 за 283 і 293 К відповідно дорівнює $562,9$ і $807,5\text{ мм рт. ст.}$ Визначити з точністю до десятих в кДж/моль теплоту випаровування BCl_3 ?
- 4.2.27.** Тиск пари етанолу за 343 і 353 К відповідно дорівнює $540,9$ і 811 мм рт. ст. Визначити з точністю до десятих в кДж/моль теплоту випаровування.
- 4.2.28.** Тиск пари бензену за 293 і 303 К відповідно дорівнює 75 і 118 мм рт. ст. Визначити з точністю до десятих в кДж/моль теплоту випаровування.
- 4.2.29.** Нормальна температура кипіння бутанолу-1 $390,4\text{ К}$, а тиск пари за $349,9\text{ К}$ дорівнює 118 мм рт. ст. Визначити з точністю до десятих в кДж/моль теплоту випаровування.
- 4.2.30.** Нормальна температура кипіння діетилового етеру $307,8\text{ К}$, а зі зменшенням тиску насиченої пари вдвічі температура кипіння дорівнює $288,5\text{ К}$. Визначити з точністю до десятих в кДж/моль теплоту випаровування.

- 4.2.31.** Нормальна температура кипіння бромю 332,4 К, а тиск насиченої пари за 313,6 К становить 400 мм рт.ст. Визначити з точністю до десятих в кДж/моль теплоту випаровування бромю.
- 4.2.32.** Тиск пари CCl_4 621 мм рт. ст. за 343,2 і 843 мм рт. ст. за 353,2 К. Визначити з точністю до десятих в кДж/моль теплоту теплоту випаровування.
- 4.2.33.** Тиск етиламіну за температури 250,3 К і 259,3 К відповідно дорівнює 111 і 183 мм рт. ст. Визначити з точністю до десятих кДж/моль теплоту випаровування.
- 4.2.34.** Тиск пари трихлорметану дорівнює 621 мм рт. ст. за 328,2 К, а нормальна температура його кипіння 334,3 К. Визначити з точністю до десятих кДж/моль теплоту випаровування.
- 4.2.35.** Тиск пари хлоропрену за 325,4 К дорівнює 600 мм рт. ст., а нормальна температура його кипіння 332,6 К. Визначити з точністю до десятих кДж/моль теплоту випаровування.
- 4.2.36.** За атмосферного тиску декан (насичений вуглеводень, а не Марушко Л. П.) закипає за 447,3 К, а за тиску 300 мм рт. ст. він закипає за 419,2 К. Визначити з точністю до десятих кДж/моль теплоту випаровування.
- 4.2.37.** За атмосферного тиску пентан закипає за 309,2 К, а за тиску 600 мм рт. ст. він закипає за 302,2 К. Визначити з точністю до десятих кДж/моль теплоту випаровування.
- 4.2.38.** За атмосферного тиску бензиловий спирт закипає за 478,5 К, а за тиску 30 мм рт. ст. він закипає за 381,2 К. Визначити з точністю до десятих кДж/моль теплоту випаровування.
- 4.2.39.** За атмосферного тиску ацетон закипає за 329,4 К, а за тиску 600 мм рт. ст. він закипає за 322,4 К. Визначити з точністю до десятих кДж/моль теплоту випаровування.
- 4.2.40.** За атмосферного тиску бензальдегід закипає за 452 К, а за тиску 20 мм рт. ст. він закипає за 335 К. Визначити з точністю до десятих кДж/моль теплоту випаровування.

Завдання третього рівня складності

4.3.1. Від нагрівання ромбічна сірка переходить в моноклінну, а зміна об'єму складає $0,0000138 \text{ м}^3/\text{кг}$. Температура переходу за тиску $1,0133 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $96,7 \text{ }^\circ\text{C}$, а її зміна із тиском визначається коефіцієнтом $\frac{dT}{dp} = 3,2567 \cdot 10^{-7} \text{ K / Па}$. Визначити мольну

теплоту фазового переходу у Дж/моль.

4.3.2. Залежність температури плавлення нафталіну від тиску виражається рівнянням $t_{\text{пл}} = 80,1 + 0,0371 \cdot 10^{-5} P - 186,99 \cdot 10^{-18} P^2$ (тиск виражений в Па). Розрахувати зміну мольної ентальпії під час плавлення, якщо зміна об'єму $145,8 \text{ см}^3/\text{кг}$ за тиску $1,0133 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

4.3.3. Визначити приріст об'єму у процесі плавлення 10 кг олова, якщо його питома теплота плавлення рівна $59;413 \text{ Дж/г}$, температура плавлення становить $232 \text{ }^\circ\text{C}$, густина твердого олова $7,18 \text{ г/см}^3$, $dT/dp = 3,2567 \cdot 10^{-8} \text{ K / Па}$.

4.3.4. Температура плавлення анетолу $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}$ $21,5 \text{ }^\circ\text{C}$, а зміна ентальпії плавлення 108 Дж/г . Зміна об'єму у процесі плавлення складає $79,3 \text{ см}^3/\text{кг}$ (за $74,9842 \cdot 10^5 \text{ Па}$). Розрахувати тиск у МПа, за якого температура плавлення буде рівна $100 \text{ }^\circ\text{C}$, прийняти dp/dT і ΔH постійними.

4.3.5. Густина киплячого етану і його насиченої пари за нормальної температури кипіння ($-88,6 \text{ }^\circ\text{C}$) відповідно рівні $0,546$ і $0,00206 \text{ г/см}^3$. Обчислити теплоту пароутворення за цієї температури, якщо залежність тиску насиченої пари етану від температури виражається рівнянням:

$$\lg p_{(м.м)} = 6,81082 - \frac{661,088}{256,504 + t}$$

4.3.6. Визначити питомий об'єм рідкого олова за нормальної температури плавлення ($232 \text{ }^\circ\text{C}$), якщо його питома теплота плавлення дорівнює $59,413 \text{ Дж/г}$, густина твердого олова $7,18 \text{ г/см}^3$, $dT/dp = 3,2567 \cdot 10^{-8} \text{ K / Па}$.

4.3.7. Визначити витрату теплоти в процесі ізобарного нагрівання 1 кг гексану від 20 до 100 °С. Прийняти, що теплосмність гексану не залежить від тиску. Для розрахунку скористатися наступними даними: $C_{p,рід} = 2,0732 + 3,9171 \cdot 10^{-3} \cdot t$

$$\text{Дж/г}; C_{p,газ} = 1,2255 + 4,5693 \cdot 10^{-3} \cdot t \text{ Дж}; \lg p = 7,1584 - \frac{1322,65}{240,40 + t}$$

мм рт. ст.

4.3.8. Залежність $\Delta H_{нар}$ метанолу від температури є рівнянням $\Delta H_{нар}/T = 1115,873 - 173,636 \cdot \ln T$ Дж/моль·К. На скільки підвищиться температура кипіння зі збільшенням тиску на 1 мм рт. ст. за нормальної температури кипіння (64,7 °С).

4.3.9. Прихована теплота плавлення нафталіну за нормальної температури плавлення 79,9 °С рівна 149,034 Дж/г, різниця питомих об'ємів в рідкому і твердому стані $-0,146 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}$. Обчислити зміну температури плавлення зі зміною тиску на 1 Па.

4.3.10. Густина рідкого і твердого вісмуту за температури плавлення (271 °С) відповідно рівна 10005 і 9637 кг/м³. Прихована теплота плавлення 10878,4 кДж/кмоль. За якої температури вісмут плавиться під тиском $50,665 \cdot 10^5 \text{ Па}$?

4.3.11. Прихована теплота плавлення воску за 52,7 °С і $1,0133 \cdot 10^5 \text{ Па}$ 147,904 кДж/кг, приріст питомого об'єму у процесі плавлення складає $0,125 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}$. Визначити температуру плавлення під тиском $10,133 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

4.3.12. Густина рідкого і твердого вісмуту за температури плавлення 271 °С відповідно рівна 10005 і 9637 кг/м³. Прихована теплота плавлення рівна 10878,4 кДж/кмоль. За якої температури вісмут плавиться під тиском $101,33 \cdot 10^5 \text{ Па}$?

4.3.13. Температура перетворення ромбічної сірки в моноклінну під тиском $1,0133 \cdot 10^5 \text{ Па}$ 95,6 °С, теплота перетворення 13,054 кДж/кг, $dp/dT = 0,0394 \cdot 10^{-5} \text{ К/Па}$. Обчислити різницю питомих об'ємів ромбічної і моноклінної сірки.

4.3.14. Перетворення NH_4NO_3 за 32°C ромбічної в ромбедричну форму супроводиться поглинанням $21,004$ кДж/кг, густина зменшується з $1,72 \cdot 10^3$ до $1,66 \cdot 10^3$ кг/м³. Розрахувати dT/dp (К·Па) і температуру перетворення під тиском 105 кг/м².

4.3.15. Тиск пари води за $99,5^\circ\text{C}$ дорівнює $746,52$ мм рт. ст. за $100,5^\circ\text{C}$ – $773,69$ мм рт. ст. Питомий об'єм насиченої пари за 100°C складає $1,658$ м³/кг. Яка теплота випаровування за 100°C . Густина рідкої води за 100°C прийняти рівною $1,103$ кг/м³.

4.3.16. Нормальна температура плавлення бензену становить $5,6^\circ\text{C}$, різниця питомих об'ємів в рідкому і твердому стані становить $1,301 \cdot 10^{-5}$ м³/кг. Знайти зміну температури плавлення за збільшення тиску до $101,33 \cdot 10^5$ Па. Прихована теплота плавлення $128,031$ кДж/кг.

4.3.17. Залежність температури плавлення нафталіну від тиску (Па) дається рівнянням $t = 79,8 + 0,0368 \cdot 10^{-5} p + 1,85 \cdot 10^{-16} p^2$, різниця питомих об'ємів в рідкому і твердому стані становить $0,146 \cdot 10^{-3}$ м³/кг. Розрахувати приховану теплоту плавлення за $50,665 \cdot 10^5$ Па.

4.3.18. Густина рідкого і твердого вісмуту за температури плавлення 271°C відповідно дорівнює 10005 і 9637 кг/м³. Молярна прихована теплота плавлення становить $10878,4$ кДж/кмоль. За якої температури вісмут плавиться під тиском $506,65 \cdot 10^5$ Па?

4.3.19. Прихована теплота плавлення воску за $52,7^\circ\text{C}$ і $1,0133 \cdot 10^5$ Па дорівнює $147,904$ кДж/кг, приріст питомого об'єму плавлення складає $0,125 \cdot 10^{-3}$ м³/кг. Розрахувати температуру плавлення під тиском $50,665 \cdot 10^5$ Па.

4.3.20. Залежність температури плавлення олова від тиску (Па) описується виразом $t = 231,8 + 0,3257 \cdot 10^{-7} p$, теплота плавлення олова становить $58,785$ кДж/кг, густина рідкого олова за температури плавлення під тиском $1,0133 \cdot 10^5$ Па – $6,988 \cdot 10^3$ кг/м³. Визначити густина твердого олова за цих умов.

- 4.3.21.** Нормальна температура кипіння йоду 458,7 К, а за тиску 152 мм рт. ст. йод кипить за 400 К. Обчислити з точністю до цілих в Кельвінах температуру кипіння йоду за тиску 400 мм рт. ст.
- 4.3.22.** Під тиском 217 мм рт. ст. діетиламін кипітиме за 293,2 К, а нормальна температура його кипіння 329,5 К. Визначити з точністю до цілих в кДж/моль теплоту випаровування діетиламіну. Обчислити з точністю до цілих в Кельвінах температуру кипіння діетиламіну за тиску 400 мм рт. ст.
- 4.3.23.** Температура кипіння рідкого метанолу за 200 мм рт. ст. дорівнює 308,2 К, а за тиску 400 мм рт. ст. – 323,1 К. Обчислити з точністю до цілих в Кельвінах температуру кипіння метанолу за тиску 600 мм рт. ст.
- 4.3.24.** Тиск пари кристалічного ацетилену за 132 К дорівнює 1,7 мм рт. ст., а за 153 К – 27,6 мм рт. ст. Обчислити з точністю до цілих мм рт. ст. тиск пари кристалічного ацетилену за 142 К.
- 4.3.25.** Тиск пари телуру за 944,2 і 820 К відповідно дорівнює 1900 і 710 Па. Обчислити тиск пари телуру за 900 К з точністю до цілих мм рт. ст.
- 4.3.26.** Тиск пари бор хлориду BCl_3 за 283 і 293 К відповідно дорівнює 562,9 і 807,5 мм рт. ст. Визначити з точністю до цілих в Кельвінах нормальну температуру кипіння BCl_3 ?
- 4.3.27.** Тиск пари етанолу за 343 і 353 К відповідно дорівнює 540,9 і 811 мм рт. ст. Обчислити за цими даними нормальну температуру кипіння етанолу з точністю до цілих в Кельвінах.
- 4.3.28.** Тиск пари бензену за 293 і 303 К відповідно дорівнює 75 і 118 мм рт. ст. Обчислити за цими даними нормальну температуру кипіння бензену з точністю до цілих в Кельвінах.
- 4.3.29.** Нормальна температура кипіння бутанолу-1 390,4 К, а тиск пари за 349,9 К дорівнює 118 мм рт. ст. Визначити з точністю до цілих мм рт. ст. тиск пари бутанолу за 400 К.
- 4.3.30.** Нормальна температура кипіння діетилового етеру 307,8 К, а за зменшенні тиску насиченої пари вдвічі температура кипіння дорівнює 288,5 К. Обчислити з точністю до цілих мм рт. ст. тиск насиченої пари етеру за 320 К.

- 4.3.31.** Нормальна температура кипіння брому 332,4 К, а тиск насиченої пари за 313,6 К становить 400 мм рт.ст. Обчислити з точністю до цілих мм рт. ст. тиск насиченої пари брому за 295 К.
- 4.3.32.** Тиск пари тетрахлоретану CCl_4 дорівнює 621 мм рт. ст. за 343,2 і 843 мм рт. ст. за 353,2 К. Визначити з точністю до цілих в Кельвінах нормальну температуру кипіння CCl_4 .
- 4.3.33.** Тиск етиламіну за температури 250,3 К і 259,3 К відповідно дорівнює 111 і 183 мм рт. ст. Обчислити з точністю до цілих в Кельвінах нормальну температуру кипіння етиламіну.
- 4.3.34.** Тиск пари трихлорметану дорівнює 621 мм рт. ст. за 328,2 К, а нормальна температура його кипіння 334,3 К. Обчислити тиск насиченої пари хлороформу за 298 К з точністю до цілих мм рт. ст.
- 4.3.35.** Тиск пари хлоропрену за 325,4 К дорівнює 600 мм рт. ст., а нормальна температура його кипіння 332,6 К. Обчислити тиск насиченої пари хлоропрену за 298 К з точністю до цілих мм рт. ст.
- 4.3.36.** За атмосферного тиску декан (насичений вуглеводень), а не Марушко Л. П.) закипає за 447,3 К, а за тиску 300 мм рт. ст. він закипає за 419,2 К. Яким буде тиск насиченої пари декану за 298 К (з точністю до цілих мм рт. ст.)?
- 4.3.37.** За атмосферного тиску пентан закипає за 309,2 К, а за тиску 600 мм рт. ст. він закипає за 302,2 К. Обчислити з точністю до цілих мм рт. ст. тиск насиченої пари пентану за 298 К.
- 4.3.38.** За атмосферного тиску бензиловий спирт закипає за 478,5 К, а за тиску 30 мм рт. ст. він закипає за 381,2 К. Обчислити з точністю до цілих мм рт. ст. тиск насиченої пари пентану за 400 К.
- 4.3.39.** За атмосферного тиску ацетон закипає за 329,4 К, а за тиску 600 мм рт. ст. він закипає за 322,4 К. Обчислити з точністю до цілих мм рт. ст. тиск насиченої пари ацетону за 298 К.
- 4.3.40.** За атмосферного тиску бензальдегід закипає за 452 К, а за тиску 20 мм рт. ст. він закипає за 335 К. Обчислити температуру з точністю до цілих в Кельвінах, за якої кипітиме бензальдегід під тиском 50 мм рт. ст.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ V ОСНОВИ СТАТИСТИЧНОЇ ТЕРМОДИНАМІКИ

Завдання першого рівня складності

5.1.1. Наука, яка займається вивченням станів термодинамічної рівноваги з точки зору статистичної фізики, називається:

- 1) статистичною кінетикою;
- 2) статистичною термодинамікою;
- 3) квантовою механікою;
- 4) хімічною термодинамікою.

5.1.2. Наука, яка займається вивченням систем, які знаходяться в русі з точки зору статистичної фізики, називається:

- 1) статистичною кінетикою;
- 2) квантовою механікою;
- 3) статистичною термодинамікою;
- 4) хімічною термодинамікою.

5.1.3. Яким символом у статистичній термодинаміці прийнято позначати статистичну вагу?

- 1) f ;
- 2) N ;
- 3) Ω ;
- 4) χ .

5.1.4. Бозони – це...:

- 1) частинки з цілочисельним спіном;
- 2) частинки з напівцілим спіном;
- 3) частинки, імпульс яких дорівнює нулю;
- 4) частинки, координати яких неможливо визначити.

5.1.5. Ферміони – це...:

- 1) частинки з цілочисельним спіном;
- 2) частинки з напівцілим спіном;
- 3) частинки, імпульс яких $= 0$;
- 4) частинки, координати яких неможливо визначити.

5.1.6. Яка з наведених нижче формул є формулою Больцмана?

- 1) $Z = \sum_i \Omega_i e^{-E_i/k_B T}$;
- 2) $S = f(\Omega) = k_B \ln \Omega$;
- 3) $p = k_B T (\partial \ln Z / \partial V)_T$;
- 4) $F = -k_B T \ln Z$.

5.1.7. Сума станів системи має вигляд:

- 1) $Z = \sum_i e^{-E_i/k_B T}$;
- 2) $Z = \sum_i e^{E_i/k_B T}$;
- 3) $Z = \sum_i e^{-E_i/RT^2}$;
- 4) $Z = \sum_i e^{E_i/RT^2}$.

5.1.8. Сума станів системи залежить від таких величин:

- 1) T, E, V ;
- 2) T, V, N ;
- 3) V, E, N ;
- 4) N, T, E .

5.1.9. Формулою канонічного розподілу Гіббса за квантовими станами є:

- 1) $S = -f(\Omega) = -k_B \ln \Omega$;
- 2) $S = f(\Omega) = k_B \ln \Omega$;
- 3) $P_i = C \cdot e^{-E_i/k_B T}$;
- 4) $P_i = C_i e^{E_i/k_B T}$.

5.1.10. Що визначає статичну вагу енергетичного рівня?

- 1) канонічний розподіл;
- 2) число макростанів;
- 3) мультиплікативність суми станів;
- 4) число мікростанів.

5.1.11. Мультиплікативність – це властивість суми за станами системи, яка визначається формулою:

1) $Z = \prod Z_k$;

2) $Z = \sum_i e^{-E_i/k_B T}$;

3) $Z = \sum_i (-g_i e^{-E_i/k_B T})$;

4) $Z = \sum_i e^{-E_i/RT}$.

5.1.12. Формулою канонічного розподілу Гіббса за енергетичними станами є:

1) $P_i = C_i e^{E_i/k_B T}$;

2) $P_n = \Omega_n \cdot C \cdot e^{-E_n/k_B T}$;

3) $Z = \sum_i e^{-E_i/k_B T}$;

4) $S = -f(\Omega) = -k_B \ln \Omega$.

5.1.13. Формула для розрахунку суми станів ідеального газу:

1) $Z = \prod Z_k$;

2) $Z = \sum_i e^{-E_i/k_B T}$;

3) $Z = Q^N / N!$;

4) $Z = \sum_i g_i e^{-E_i/k_B T}$.

5.1.14. Як здійснюють гармонічні коливання атоми навколо положення рівноваги за теорією Ейнштейна?

1) з різною частотою;

2) з однаковою швидкістю;

3) з однаковою частотою;

4) з різною енергією.

5.1.15. Сума станів одновимірного осцилятора визначається виразом:

- 1) $Q = e^{-\varepsilon_0/k_B T} (1 + e^{-h\nu/k_B T} + e^{-2h\nu/k_B T} + e^{-3h\nu/k_B T} + \dots)$;
- 2) $Q = e^{\varepsilon_0/k_B T^2} (1 + e^{-h\nu/k_B T} + e^{-2h\nu/k_B T} + e^{-3h\nu/k_B T} + \dots)$;
- 3) $Q = e^{-\varepsilon_0/k_B T} (1 - e^{-h\nu/k_B T} - e^{-2h\nu/k_B T} - e^{-3h\nu/k_B T} - \dots)$;
- 4) $Q = -e^{-\varepsilon_0/k_B T} (1 + e^{-h\nu/k_B T} + e^{-2h\nu/k_B T} + e^{-3h\nu/k_B T} + \dots)$.

5.1.16. Формула для розрахунку теплоємності одноатомного газу має такий вигляд:

- 1) $C_V = 2,5Nk_B + C_{вн}$; $C_P = 1,5Nk_B + C_{вн}$;
- 2) $C_V = -1,5Nk_B + C_{вн}$; $C_P = -2,5Nk_B + C_{вн}$;
- 3) $C_V = 1,5Nk_B + C_{вн}$; $C_P = 2,5Nk_B + C_{вн}$;
- 4) $C_V = -2,5Nk_B + C_{вн}$; $C_P = -1,5Nk_B + C_{вн}$.

5.1.17. Формула для розрахунку коливної суми станів $Q_{кол}$ двоатомної молекули має такий вигляд:

- 1) $Q_{кол} = (1 + e^{-h\nu/k_B T})^{-1}$;
- 2) $Q_{кол} = (1 - e^{h\nu/k_B T^2})^{-1}$;
- 3) $Q_{кол} = (1 - e^{-h\nu/k_B T})^{-1}$;
- 4) $Q_{кол} = -(1 + e^{-h\nu/k_B T})^{-1}$.

5.1.18. Формула для розрахунку обертальної суми станів $Q_{об}$ двоатомної молекули має такий вигляд:

- 1) $Q = -8\pi^2 k_B T I / \sigma h^2$;
- 2) $Q = 8\pi^2 k_B T I / \sigma h^2$;
- 3) $Q = 8\pi k_B T I / \sigma h^2$;
- 4) $Q = 8\pi^2 k_B T^2 I / \sigma h^2$.

5.1.19. Скількома змінними описується кожний мікростан ідеального газу в класичній механіці?

- 1) $2N$;
- 2) $3N$;
- 3) $6N$;
- 4) N ;
- 5) $12N$.

5.1.20. Частинки з напівцілим спіном називають:

- 1) йонами;
- 2) протонами;
- 3) бозонами;
- 4) ферміонами;
- 5) нейтронами.

5.1.21. Термодинамічна ймовірність стану системи, яка складається з N частинок, дорівнює:

- 1) $\Omega = N! / \prod_i N_i !$;
- 2) $\Omega = \prod_i N_i !$;
- 3) $\Omega = N_i ! / \sum_i N_i !$;
- 4) $\Omega = N! \prod_i N_i !$;
- 5) $\Omega = N_i / \prod_i N_i$.

5.1.22. Закон розподілу Больцмана має такий вигляд:

- 1) $N_i = \sum_i e^{-\varepsilon_i / k_B T}$;
- 2) $N_i = \prod_i e^{-\varepsilon_i / k_B T}$;
- 3) $N_i = A \prod_i e^{-\varepsilon_i / k_B T}$;
- 4) $N_i = A \sum_i e^{-\varepsilon_i / k_B T}$;
- 5) $N_i = A e^{-\varepsilon_i / k_B T}$.

5.1.23. Формула Больцмана має такий вигляд:

- 1) $G = f(\Omega) = k_B \ln \Omega$;
- 2) $S = f(\Omega) = k_B \ln \Omega$;
- 3) $G = f(\Omega) = k_B \Omega$;
- 4) $S = f(\Omega) = k_B \Omega$;
- 5) $S = f(T) = k_B \ln T$.

5.1.24. Закон розподілу частинок для ідеального Бозе-газу має такий вигляд:

- 1) $N_j = e^{(\varepsilon_j - \mu)/k_B T} - 1$;
- 2) $N_j = e^{-(\varepsilon_j - \mu)/k_B T}$;
- 3) $N_j = [e^{(\varepsilon_j - \mu)/k_B T} - 1]^{-1}$;
- 4) $N_j = 2[e^{(\varepsilon_j - \mu)/k_B T} - 1]^{-1}$;
- 5) $N_j = e^{(\varepsilon_j - \mu)/k_B T} + 1$.

5.1.25. Сума станів системи має такий вигляд:

- 1) $Z = \sum_i e^{-E_i/RT}$;
- 2) $Z = \sum_i e^{-E_i/k_B T}$;
- 3) $Z = \prod_i e^{-E_i/k_B T}$;
- 4) $Z = A \sum_i e^{-E_i/k_B T}$;
- 5) $Z = \sum_i e^{E_i/k_B T}$.

5.1.26. Сума станів системи залежить від таких параметрів:

- 1) p, V, N ;
- 2) T, V, N ;
- 3) p, V, T ;
- 4) p, V, n_j ;
- 5) T, V, E .

5.1.27. Мультиплікативність, як властивість суми станів системи, виражається формулою:

- 1) $Z = \sum_i e^{-\varepsilon_i/k_B T}$;
- 2) $Z = \prod_i e^{-\varepsilon_i/k_B T}$;
- 3) $Z = \sum_k Z_k$;
- 4) $Z = A \prod_k Z_k$;
- 5) $Z = \prod_k Z_k$.

5.1.28. Сума станів системи з виродженими рівнями виражається рівнянням:

- 1) $Z = \prod_k Z_k$;
- 2) $Z = \sum_k Z_k$;
- 3) $Z = \sum_i e^{-\varepsilon_i/k_B T}$;
- 4) $Z = \sum_i g_i e^{-\varepsilon_i/k_B T}$;
- 5) $Z = \prod_i g_i e^{-\varepsilon_i/k_B T}$.

5.1.29. Сума станів одновимірного одноатомного гармонічного осцилятора виражається формулою:

- 1) $Q = e^{-\varepsilon_0/k_B T} / (1 - e^{-h\nu/k_B T})$;
- 2) $Q = e^{-\varepsilon_0/k_B T} / e^{-h\nu/k_B T}$;
- 3) $Q = \sum e^{-\varepsilon_0/k_B T} / (1 - e^{-h\nu/k_B T})$;
- 4) $Q = \prod e^{-\varepsilon_0/k_B T} / (1 - e^{-h\nu/k_B T})$;
- 5) $Q = \sum (1 - e^{-\varepsilon_0/k_B T}) / (1 - e^{-h\nu/k_B T})$.

5.1.30. Сума станів для системи з N тривимірних гармонічних осциляторів має такий вигляд:

- 1) $Z = \left(\frac{e^{-h\nu/k_B T}}{1 - e^{-h\nu/k_B T}} \right)^N = Q^N$;
- 2) $Z = \left(\frac{e^{-h\nu/k_B T}}{1 - e^{-h\nu/k_B T}} \right)^{3N} = Q^{3N}$;
- 3) $Z = \left(\frac{e^{h\nu/k_B T}}{1 - e^{h\nu/k_B T}} \right)^N = Q^N$;
- 4) $Z = \left(\frac{e^{-h\nu/k_B T}}{1 + e^{-h\nu/k_B T}} \right)^N = Q^N$;
- 5) $Z = \left(\frac{e^{-\varepsilon_0/k_B T}}{1 - e^{-h\nu/k_B T}} \right)^{3N} = Q^{3N}$.

5.1.31. Ймовірність знаходження частинки в певному квантовому стані виражається формулою:

$$1) \quad p_j = a \cdot e^{\varepsilon_j/k_B T};$$

$$2) \quad p_j = a \cdot e^{-\varepsilon_j/k_B T};$$

$$3) \quad p_j = \sum_j e^{-\varepsilon_j/k_B T};$$

$$4) \quad p_j = \prod_i e^{-\varepsilon_i/k_B T};$$

$$5) \quad p_j = a \prod_i e^{-\varepsilon_i/k_B T}.$$

5.1.32. Вираз для розрахунку ентропії через статистичну суму має такий вигляд:

$$1) \quad S = RT \left(\frac{\partial \ln Z}{\partial T} \right)_V;$$

$$2) \quad S = R \ln Z - RT \left(\frac{\partial \ln Z}{\partial T} \right)_V;$$

$$3) \quad S = RT^2 \ln Z + \left(\frac{\partial \ln Z}{\partial T} \right)_V;$$

$$4) \quad S = R \ln Z + RT \left(\frac{\partial \ln Z}{\partial T} \right)_V;$$

$$5) \quad S = \ln Z + RT \left(\frac{\partial \ln Z}{\partial T} \right)_V.$$

5.1.33. Вираз для розрахунку енергії Гельмгольца через суми станів системи має такий вигляд:

$$1) \quad F = -RT^2 \ln Z;$$

$$2) \quad F = -RT \ln Z;$$

$$3) \quad F = -\ln Z;$$

$$4) \quad F = RT \ln Z;$$

$$5) \quad F = -RTZ + 1.$$

5.1.34. Формула для розрахунку теплоємності двоатомного ідеального газу має такий вигляд:

- 1) $C_V = 1,5N k_B + C_{\text{вн}}; C_P = 2,5N k_B + C_{\text{вн}};$
- 2) $C_V = 2,5N k_B + C_{\text{вн}}; C_P = 3,5N k_B + C_{\text{вн}};$
- 3) $C_V = -1,5N k_B + C_{\text{вн}}; C_P = 2,5N k_B + C_{\text{вн}};$
- 4) $C_V = -1,5N k_B + C_{\text{вн}}; C_P = 2,5N k_B + C_{\text{вн}};$
- 5) $C_V = -2,5N k_B + C_{\text{вн}}; C_P = -1,5N k_B + C_{\text{вн}}.$

5.1.35. Формула для розрахунку константи рівноваги реакції $aA + bB = cC + dD$ через суми за станами Z має вигляд:

- 1) $\ln K_C = \frac{Z_C^c Z_D^d}{Z_A^a Z_B^b};$
- 2) $K_C = \frac{Z_A^a Z_B^b}{Z_C^c Z_D^d};$
- 3) $\ln K_C = \frac{Z_A^a Z_B^b}{Z_C^c Z_D^d};$
- 4) $K_C = \frac{Z_C^c Z_D^d}{Z_A^a Z_B^b} + 1;$
- 5) $K_C = \frac{Z_C^c Z_D^d}{Z_A^a Z_B^b}.$

5.1.36. Поступальна складова ентропії ідеального газу визначається за формулою:

$$1) \quad S = \ln \frac{(2\pi m k_B)^{3/2} V e}{N h^3} + \frac{3}{2} k_B;$$

$$2) \quad S = R \ln \frac{(2\pi m k_B)^{3/2} V e}{N h^3} + \frac{3}{2} R;$$

$$3) \quad S = R \ln \frac{(2\pi m k_B)^{3/2} V e}{N h^3}$$

$$4) \quad S = R \ln \frac{(2\pi m k_B)^{3/2} V e}{N h^3} + \frac{5}{2} R;$$

$$5) \quad S = R \ln \frac{(2\pi m k_B)^{3/2} V e}{N h^3} + R.$$

5.1.37. Яка кількість існуючих квантових статистик?

- 1) 1;
- 2) 2;
- 3) 3;
- 4) 4;
- 5) 5.

5.1.38. Формулою Больцмана-Планка є вираз:

$$1) \quad Z = \prod_k Z_k;$$

$$2) \quad P_i = C \cdot e^{-E_i/k_B T};$$

$$3) \quad S = f(\Omega) = k_B \ln \Omega;$$

$$4) \quad Z = \sum_i e^{-E_i/RT^2};$$

$$5) \quad Z = \sum_i e^{-E_i/k_B T}.$$

5.1.39. Закон розподілу частинок для ідеального Фермі-газу має такий вигляд:

- 1) $N_j = [e^{(\varepsilon_j + \mu)/k_B T} + 1]^{-1}$;
- 2) $N_j = e^{-(\varepsilon_j - \mu)/k_B T}$;
- 3) $N_j = [e^{(\varepsilon_j - \mu)/k_B T} - 1]^{-1}$;
- 4) $N_j = [e^{(\varepsilon_j - \mu)/k_B T} + 1]^{-1}$;
- 5) $N_j = e^{(\varepsilon_j - \mu)/k_B T} + 1$.

5.1.40. Розподіл Больцмана має такий вигляд:

- 1) $N_i/N = e^{E_i/k_B T^2} / \sum_i e^{E_i/k_B T^2}$;
- 2) $\rho(v) = 4\pi \cdot \left(\frac{m}{2\pi k_B T}\right)^{3/2} \cdot v \exp\left[-\frac{mv^2}{2k_B T}\right]$;
- 3) $N_i/N = e^{-E_i/k_B T} / \sum_i e^{-E_i/k_B T}$;
- 4) $\rho(v) = 4\pi \cdot \left(\frac{m}{2\pi k_B T}\right)^{3/2} \cdot v^2 \exp\left[-\frac{mv^2}{2k_B T}\right]$;
- 5) $N_j = e^{(\varepsilon_j - \mu)/k_B T} + 1$.

5.1.41. Розподіл Максвелла має такий вигляд:

- 1) $N_i/N = e^{-E_i/k_B T} / \sum_i e^{-E_i/k_B T}$;
- 2) $\rho(v) = 4\pi \cdot \left(\frac{m}{2\pi k_B T}\right)^{3/2} \cdot v^2 \exp\left[-\frac{mv^2}{2k_B T}\right]$;
- 3) $N_i/N = e^{E_i/k_B T} / \sum_i e^{E_i/k_B T}$;
- 4) $\rho(v) = 4\pi \cdot \left(\frac{m}{2\pi k_B T}\right)^{3/2} \cdot v \exp\left[-\frac{mv^2}{2k_B T}\right]$;
- 5) $N_i/N = e^{E_i/k_B T^2} / \sum_i e^{E_i/k_B T^2}$.

5.1.42. Число мікростанів, що відповідають даному макростану – це:

- 1) фазовий простір;
- 2) термодинамічна ймовірність;
- 3) мультиплікативність макростану;
- 4) статистична вага.

5.1.43. Вираз $S = -N \frac{\mu}{T} + k_B \sum z_i \ln(1 + e^{\frac{\mu - \epsilon_i}{k_B T}})$ – рівняння:

- 1) Бозе-Ейнштейна;
- 2) Максвелла;
- 3) Фермі-Дірака;
- 4) Гіббса;
- 5) Больцмана.

5.1.44. Об'єм, тиск, температура – параметри, що визначають

- 1) фазовий простір;
- 2) термодинамічну ймовірність;
- 3) мікростан;
- 4) макростан.

5.1.45. Канонічний ансамбль описує системи з постійною:

- 1) енергією і об'ємом (ізольовані системи);
- 2) температурою; (закриті системи)
- 3) швидкістю руху частинок;
- 4) температурою відкриті системи).

5.1.46. Умовний багатомірний простір, координатами якого є декартові координати атомів і проекцій імпульсу на тривимірні координатні осі – це:

- 1) термодинамічна ймовірність;
- 2) фазовий простір;
- 3) мікростан;
- 4) хвильова функція стану;
- 5) макростан.

5.1.47. Вираз $p_i = C e^{-E_i/k_B T}$ – це:

- 1) розподіл Гіббса за квантовими станами;
- 2) розподіл Гіббса за рівнями енергії;
- 3) канонічний розподіл Больцмана;
- 4) статистичну суму станів системи;
- 5) формула для розрахунку тиску.

5.1.48. Формула $p_n(E_n) = C \Omega_n e^{-E_n/k_B T}$ виражає:

- 1) розподіл Гіббса за квантовими станами;
- 2) розподіл Гіббса за рівнями енергії;
- 3) канонічний розподіл Больцмана;
- 4) статистичну суму станів системи;
- 5) формулу для розрахунку тиску.

5.1.49. Вираз $Z = \sum_i e^{-E_i/k_B T}$ – це:

- 1) сума станів системи;
- 2) розподіл за рівнями енергії;
- 3) статистична вага;
- 4) канонічний розподіл Гіббса за квантовими станами;
- 5) сума станів частинки.

5.1.50. Вираз $Q = \sum_m g_m e^{-\varepsilon_m/k_B T}$ – це:

- 1) сума станів системи;
- 2) розподіл за рівнями енергії;
- 3) розподіл за квантовими станами;
- 4) ймовірність розподілу;
- 5) сума станів частинки.

5.1.51. Сума станів системи визначається за формулою:

$$1) \quad Z = \sum_i e^{-E_i/k_B T};$$

$$2) \quad Z = \sum_i e^{-E_i/RT^2};$$

$$3) \quad Z = \sum_i e^{E_i/k_B T};$$

$$4) \quad Z = \sum_i e^{E_i/RT^2};$$

$$5) \quad Z = \sum_i e^{-E_i/RT}.$$

5.1.52. Формулою канонічного розподілу Гіббса за квантовими станами є вираз:

$$1) \quad S = -f(\Omega) = -k_B \ln \Omega;$$

$$2) \quad P_i = C \cdot e^{-E_i/k_B T};$$

$$3) \quad S = f(\Omega) = k_B \ln \Omega;$$

$$4) \quad P_i = C \cdot e^{E_i/k_B T};$$

$$5) \quad Z = \sum_i e^{-E_i/k_B T}.$$

5.1.53. Що визначає статичну вагу енергетичного рівня?

- 1) канонічний розподіл;
- 2) число макростанів;
- 3) мультиплікативність суми станів;
- 4) фазовий простір;
- 5) число мікростанів.

5.1.54. Мультиплікативність – це властивість суми за станами системи, яка визначається за формулою:

- 1) $Z = \prod Z_k$;
- 2) $Z = \sum_i \left(-g_i e^{-E_i/k_B T} \right)$;
- 3) $Z = \sum_i e^{-E_i/k_B T}$;
- 4) $Z = \sum_i e^{E_i/k_B T}$;
- 5) $Z = \sum_i \left(g_i e^{-E_i/k_B T} \right)$.

5.1.55. Формулою канонічного розподілу Гіббса за енергетичними станами є вираз:

- 1) $P_i = C e^{-E_i/k_B T}$;
- 2) $Z = \sum_i e^{-E_i/k_B T}$;
- 3) $P_n = \Omega_n C e^{-E_n/k_B T}$;
- 4) $S = -f(\Omega) = -k_B \ln \Omega$;
- 5) $P_i = C e^{E_i/k_B T}$.

5.1.56. Вираз $Q = e^{-\frac{\varepsilon_0}{k_B T}} \left(1 + e^{-\frac{h\nu}{k_B T}} + e^{-\frac{2h\nu}{k_B T}} + e^{-\frac{3h\nu}{k_B T}} + \dots \right)$ – це:

- 1) сума станів одновимірного гармонічного осцилятора;
- 2) сума станів системи гармонічних осциляторів;
- 3) розподіл за рівнями енергії гармонічних осциляторів;
- 4) мікροканонічний розподіл гармонічних осциляторів;
- 5) канонічний розподіл гармонічних осциляторів.

5.1.57. Вираз $Z = Q^N = \left(\frac{e^{-\varepsilon_0/k_B T}}{1 - e^{-h\nu/k_B T}} \right)^N$ – це:

- 1) сума станів одновимірного гармонічного осцилятора;
- 2) мікромканонічний розподіл гармонічних осциляторів;
- 3) сума станів системи N одновимірних гармонічних осциляторів;
- 4) розподіл за рівнями енергії гармонічних осциляторів;
- 5) канонічний розподіл гармонічних осциляторів.

5.1.58. Вираз $F = E_0 - k_B T N \ln \frac{Q_{\text{пост}}}{N} - k_B T N - k_B T N \ln Q_{\text{вн}}$ –

це:

- 1) енергія Гельмгольца;
- 2) енергія Гіббса;
- 3) внутрішня енергія;
- 4) приведена вільна енергія Гіббса;
- 5) робота.

5.1.59. Вираз $G = H(0) + k_B T N \ln \frac{(2\pi m k_B T)^{3/2}}{h^3 N} V - k_B T N \ln Q_{\text{вн}}$ –

це:

- 1) енергія Гельмгольца;
- 2) енергія Гіббса;
- 3) приведена вільна енергія Гіббса;
- 4) внутрішня енергія;
- 5) робота.

5.1.60. Вираз $U = E_0 + \frac{3}{2} N k_B T + N k_B T^2 \frac{d \ln Q_{\text{вн}}}{dN}$ – це:

- 1) енергія Гельмгольца;
- 2) приведена вільна енергія Гіббса;
- 3) енергія Гіббса;
- 4) внутрішня енергія;
- 5) робота.

5.1.61. Вираз $\frac{H^\circ(T) - H^\circ(0)}{T} = 4R + \sum_{i=1}^{3n-6} \left[\frac{H^\circ(T) - H^\circ(0)}{T} \right]_E \left(\frac{\Theta}{T} \right)$

– це:

- 1) приведена ентальпія;
- 2) приведена ентропія;
- 3) приведена вільна енергія Гіббса;
- 4) розрахунок ентальпії;
- 5) розрахунок ентропії.

5.1.62. Вираз $Z = Q^{3N} = \left(\frac{e^{-\varepsilon_0/k_B T}}{1 - e^{-h\nu/k_B T}} \right)^{3N}$ – це:

- 1) сума станів одновимірного гармонічного осцилятора;
- 2) сума станів системи N одновимірних гармонічних осциляторів;
- 3) розподіл за рівнями енергії гармонічних осциляторів;
- 4) сума станів тривимірного гармонічного осцилятора;
- 5) сума станів системи тривимірних гармонічних осциляторів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Янчук О. М., О. М. Юрченко О. М., Вакулович А. П., Дудчак І. В. Тестові завдання з фізичної хімії для студентів хімічного та біологічного факультетів. Луцьк: Вежа, ВДУ. 2001. 39 с.
2. Марчук О. В., Янчук О. М. Фізична хімія. Збірник задач: Навч. посіб. Луцьк: РВВ "Вежа" Волин.держ.ун-ту ім. Лесі Українки, 2006. 332 с. /посібник з грифом МОН/
3. Янчук О. М., Марчук О. В. Фізична хімія. Комп'ютерні тести до залікового модуля 2 "Хімічні й адсорбційні рівноваги. Статистична термодинаміка" Луцьк: ПП Іванюк В. П. 2011. 68 с.
4. Янчук О. М., Марчук О. В. Фізична хімія. Комп'ютерні тести до залікового модуля 1 "Хімічна термодинаміка. Багатокомпонентні системи. Луцьк: ПП Іванюк В. П. 2013. 44 с.
5. Физическая химия: Учебное пособие для хим.-тех. спец. вузов / Годнев И.Н., Краснов К.С., Воробьев Н.К. и др.; Под ред. К.С.Краснова. М.: Высшая школа, 1982. Т. 1. 512 с. Т. 2. 319 с.
6. Ковальчук Є.П., Решетняк О.В. Фізична хімія: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. Львів: Вид-во ЛНУ ім. І.Франка, 2008. 800 с.
7. Яцимирський В.К. Фізична хімія: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. К.: Ірпінь: ВТФ «Перун», 2007. 512 с.
8. Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия: Учеб. для хим.-тех. спец. вузов. М.: Высшая школа, 2001. 527 с.

Навчально-методичне видання

Янчук Олександр Миколайович
Марчук Олег Васильович

ФІЗИЧНА ХІМІЯ

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ СТУДЕНТІВ ІІ КУРСУ

Друкується в авторській редакції

Верстка О. М. Янчука

Підписано до друку 16.02.2023. Формат 60x84 1/16.

Ум. друк. арк. 2,92. Зам. № xxx. Тираж 50 прим.

Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman. Друк офсетний.

Друк ПП Іванюк В. П. 43021, м. Луцьк, вул. Винниченка, 63

Свідоцтво Держкомінформу України

ВЛН № 31 від 04.02.2004 р.