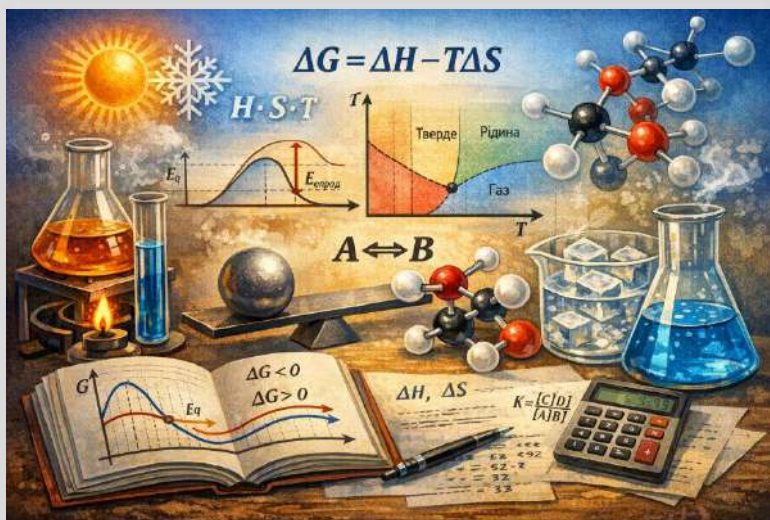


Волинський національний університет
імені Лесі Українки
Навчально-науковий інститут хімії та екології

Олег Марчук, Олександр Янчук

Фізична хімія

Методичні рекомендації до практикуму з розв'язування задач
для здобувачів освіти
спеціальності 102 Хімія (частина 1)



Луцьк – 2026

*Рекомендовано до друку науково-методичною радою
Волинського національного університету
імені Лесі Українки
(протокол № 7 від 18 березня 2026 року)*

Рецензент:

Супрунович С. В. – кандидат хімічних наук, доцент кафедри органічної хімії та фармації Волинського національного університету імені Лесі Українки

М 30 Марчук О., Янчук О. **Фізична хімія.** Методичні рекомендації до практикуму з розв’язування задач для здобувачів освіти спеціальності 102 Хімія (частина 1) / Олег Марчук, Олександр Янчук. – Луцьк: ПП Іванюк В. П., 2026. – 114 с.

Навчально-методичне видання містить систему тестових завдань трьох рівнів складності, що охоплюють чотири розділи фізичної хімії: “Основи хімічної термодинаміки”, “Термодинаміка хімічної рівноваги”, “Розчини неелектролітів”, “Фазові рівноваги” і “Адсорбційні рівноваги та поверхневі явища”. Окремий розділ присвячено комплексним задачам, призначеним для проведення модульного контролю знань.

Видання рекомендоване для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 102 Хімія, а також для викладачів, які проводять практичні заняття з фізичної хімії.

РОЗДІЛ 1. Основи хімічної термодинаміки	4
<i>Завдання першого рівня складності</i>	<i>4</i>
<i>Завдання другого рівня складності</i>	<i>13</i>
<i>Завдання третього рівня складності</i>	<i>15</i>
РОЗДІЛ 2. Термодинаміка хімічної рівноваги	19
<i>Завдання першого рівня складності</i>	<i>19</i>
<i>Завдання другого рівня складності</i>	<i>29</i>
<i>Завдання третього рівня складності</i>	<i>35</i>
РОЗДІЛ 3. Розчини неелектролітів	43
<i>Завдання першого рівня складності</i>	<i>43</i>
<i>Завдання другого рівня складності</i>	<i>49</i>
<i>Завдання третього рівня складності</i>	<i>51</i>
РОЗДІЛ 4. Фазові рівноваги	55
<i>Завдання першого рівня складності</i>	<i>55</i>
<i>Завдання другого рівня складності</i>	<i>59</i>
<i>Завдання третього рівня складності</i>	<i>63</i>
РОЗДІЛ 5. Адсорбційні рівноваги та поверхневі явища	66
<i>Завдання першого рівня складності</i>	<i>66</i>
<i>Завдання другого рівня складності</i>	<i>76</i>
<i>Завдання третього рівня складності</i>	<i>83</i>
РОЗДІЛ 5. Комплексні задачі	90
Рекомендована література	113

РОЗДІЛ 1

ОСНОВИ ХІМІЧНОЇ ТЕРМОДИНАМІКИ

Завдання першого рівня складності

1.1.1. 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.

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

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

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

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

1.1.4. 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.

1.1.5. 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.

1.1.6. 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.

1.1.7. Нерівноважним називається процес:

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

1.1.8. 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.

1.1.9. 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).

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

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

1.1.11. Для якої речовини ентальпія утворення не дорівнює нулю:

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

1.1.12. 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.

1.1.13. 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.

1.1.14. Математичний запис першого закону термодинаміки:

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

1.1.15. 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.

1.1.16. Ознакою ізохорного процесу в термодинаміці є:

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

1.1.17. Який процес в термодинаміці називається ізобарно-ізотермічним?

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

1.1.18. Ознакою ізобарного процесу в термодинаміці є:

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

1.1.19. Ознакою ізохорно-ізотермічного процесу є:

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

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

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

1.1.21. 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.

1.1.22. 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.

1.1.23. 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'яже внутрішні параметри із зовнішніми.

1.1.24. Стандартний хімічний потенціал і-го ідеального газу – це:

- 1) хімічний потенціал і-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 і – го ідеального газу за певного постійного тиску і за будь-якої постійної температури.

1.1.25. Хімічна спорідненість визначає:

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

1.1.26. 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.

1.1.27. 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 .

1.1.28. 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.

1.1.29. 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.

1.1.30. 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 згорання вихідних речовин і продуктів з врахуванням коефіцієнтів рівняння.

1.1.31. 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 згорання 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.

1.1.32. 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.

1.1.33. 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.

1.1.34. Здатність системи виконувати корисну роботу в ізохорно-ізоермічних умовах визначається:

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

1.1.35. Величина корисної роботи, що виконує система в ізобарно-ізоермічних умовах чисельно дорівнює:

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

1.1.36. 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.

1.1.37. 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.

1.1.38. 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.

1.1.39. Під роботою розуміють:

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

1.1.40. 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.

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

- 1) $C_V = dU / dT$;

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

$$3) C_p = dH / dT;$$

1.1.42. За якою формулою обчислюється ентропія для адіабатичних процесів:

$$1) dS = 0;$$

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

$$3) dS = n C_p dT / T$$

1.1.43. Рівняння Кірхгофа в диференціальній формі:

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

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

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

1.1.44. Перше співвідношення Максвелла:

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

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

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

1.1.45. Друге співвідношення Максвелла:

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

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

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

1.1.46. Третє співвідношення Максвелла:

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

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

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

1.1.47. Четверте співвідношення Максвелла:

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

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

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

1.1.48. За якою формулою обчислюється тиск для ідеального газу:

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

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

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

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

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

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

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

1.1.50. 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

1.2.1. Визначити стандартну ентальпію згоряння амоніаку за 298 К (в кДж/моль) за реакцією: $4\text{NH}_3(\text{г}) + 3\text{O}_2(\text{г}) = 2\text{N}_2(\text{г}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{г})$.

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

1.2.3. 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:

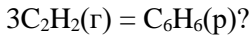
- 1) -40,5; 2) 40,5; 3) -143,8; 4) -2,4; 5) 143,8; 6) 12,6; 7) -12,6; 8) 2,4

1.2.4. 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

1.2.5. Обчислити стандартну зміну вільної енергії Гіббса системи (298 К, кДж), в якій проходить реакція тримеризації ацетилену:



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

1.2.6. Чому дорівнює стандартна теплота утворення $\Delta H_{f,298}^0$ 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

1.2.7. 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

1.2.8. Яка кількість теплоти (в МДж) виділиться від згорання 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

1.2.9. Ентальпія згорання 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

1.2.10. 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

1.2.11. 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 згорання етену та бензену відповідно становлять: $-1299,6$ та $-3267,2$ кДж/моль?

- 1.2.12.** Який тепловий ефект реакції естерифікації ацетатної кислоти етанолом (за 298 К, у кДж з точністю до десятих), якщо ентальпії згорання кислоти, спирту і ефіру відповідно дорівнюють – 870,7 кДж, –1365,4 кДж і –1801,2 кДж?
- 1.2.13.** В результаті реакції поділу ядер урану виділяється 4,6 млрд ккал/моль енергії. Скільки енергії (в ГДж з точністю до десятих) виділиться від розкладання 1 г урану–235?
- 1.2.14.** Яка маса магнію (грамів з точністю до десятих) прореагує з хлором, якщо в результаті реакції виділилося 64,1 кДж теплоти?
- 1.2.15.** Визначити тепловий ефект реакції повного окиснення глюкози $C_6H_{12}O_6$ в організмі (за 298 К, у кДж з точністю до десятих).
- 1.2.16.** Який об'єм водню (в m^3 з точністю до сотих) може прореагувати з азотом з утворенням амоніаку за 298 К, якщо в результаті реакції виділилося 4620 кДж теплоти?
- 1.2.17.** Скільки теплоти (в кДж з точністю до цілих) виділиться в результаті вибуху 8,4 л (н.у.) гримучого газу?
- 1.2.18.** Чому дорівнює стандартна ентальпія утворення (в кДж/моль з точністю до цілих) карбаміду $CO(NH_2)_2$ за 298 К, якщо тепловий ефект реакції його утворення із амоніаку і карбон діоксиду дорівнює 152,9 кДж?
- 1.2.19.** Чому дорівнює тепловий ефект реакції (в кДж з точністю до цілих) взаємодії цинк оксиду з алюмінієм за 298 К і тиску 1 атм?
- 1.2.20.** 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 $H_2O(p)$ дорівнює –2220 кДж/моль?

Завдання третього рівня складності

- 1.3.1.** 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

1.3.2. Обчислити (в кДж) стандартну зміну енергії Гіббса за 1000 К за першим наближенням Уліха для реакції $2\text{Al}(к) + \text{Fe}_2\text{O}_3(к) = 2\text{Fe}(к) + \text{Al}_2\text{O}_3(к)$.

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

1.3.4. Обчислити (в кДж) стандартну зміну енергії Гіббса за 1000 К за першим наближенням Уліха для реакції $\text{C}(\text{графіт}) + \text{H}_2\text{O}(г) = \text{H}_2(г) + \text{CO}(г)$?

Відповідь:

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

1.3.5. Чому дорівнює енергія зв'язку H–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

1.3.6. Чому дорівнює енергія зв'язку C–H 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

1.3.7. Обчислити (в кДж) стандартну зміну енергії Гіббса за 1000 К за

першим наближенням Уліха для реакції $\text{N}_2(\text{г}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{г}) = 2\text{NH}_3(\text{г}) + 3/2\text{O}_2(\text{г})$

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

1.3.8. Якою є зміна внутрішньої енергії системи (кДж) за 298 К в результаті перебігу хімічної реакції $2\text{H}_2\text{O}(\text{р}) + 2\text{Cl}_2(\text{г}) = 4\text{HCl}(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г})$?

Відповідь:

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

1.3.9. Чому дорівнює середня енергія зв'язку O–H 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

1.3.10. Обчислити (в кДж) стандартну зміну внутрішньої енергії за 298 К для реакції $4\text{NH}_3(\text{г}) + 5\text{O}_2(\text{г}) = 4\text{NO}(\text{г}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{р})$.

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

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

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

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

- 1.3.14.** Обчислити стандартну зміну енергії Гіббса (в кДж з точністю до цілих) за 1000 К за першим наближенням Уліха для реакції $3\text{Fe}(к) + 2\text{TiO}_2(к) = 2\text{Ti}(к) + \text{Fe}_3\text{O}_4(к)$.
- 1.3.15.** За якої температури (з точністю до цілих у Кельвінах) константа рівноваги реакції $\text{CH}_4(г) + \text{CO}_2(г) = 2\text{CO}(г) + 2\text{H}_2(г)$ буде дорівнювати 1,0? (скористатися першим наближенням Уліха).
- 1.3.16.** Обчисліть температуру (з точністю до цілих у Кельвінах), вище якої починається термічний розклад CaCO_3 (скориставшись першим наближенням Уліха).
- 1.3.17.** 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.
- 1.3.18.** 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.
- 1.3.19.** 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.
- 1.3.20.** 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/м^3 .

РОЗДІЛ 2 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 $aA + bB \Leftrightarrow cC + dD$?

- 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) $K^\circ = \frac{\tilde{p}_C^c \cdot \tilde{p}_D^d}{\tilde{p}_A^a \cdot \tilde{p}_B^b}$;
- 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 ^{Δv}];
- 2) [концентрація ^{Δv}];
- 3) безрозмірна величина.

2.1.8. Яка розмірність стандартної константи хімічної рівноваги?

- 1) [тиск ^{Δv}];
- 2) [концентрація ^{Δv}];
- 3) безрозмірна величина.

2.1.9. Яка розмірність константи рівноваги K_f ?

- 1) [тиск ^{Δv}];
- 2) [концентрація ^{Δv}];
- 3) безрозмірна величина.

2.1.10. У яких одиницях вимірюється константа рівноваги K_x ?

- 1) [тиск ^{Δv}];
- 2) [концентрація ^{Δv}];
- 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:

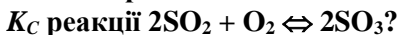
- 1) концентрація речовини в ідеальному стані;
- 2) концентрація, яку необхідно підставити у вираз константи рівноваги в ідеальному розчині, щоб отримати дійсне значення константи рівноваги в реальному розчині;

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

2.1.13. Леткість 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



- 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 $\text{CaCO}_3(\text{т}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{т}) + \text{CO}_2(\text{г})$?

- 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 $\Delta G_T^\circ \ll 0$, 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 ззовні вплив, то рівновага в системі не зміститься;
- 2) якщо на систему, що знаходиться в рівновазі, чинити ззовні вплив, то рівновага в системі зміститься так, що зменшиться ефект зовнішнього впливу;
- 3) якщо на систему, що знаходиться в рівновазі, чинити ззовні 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) $K^\circ = K_x / (p^\circ)^{\Delta v}$;
- 2) $K^\circ = K_x (p/p^\circ)^{\Delta v}$;
- 3) $K^\circ = K_x (p^\circ)^{\Delta v}$;
- 4) $K^\circ = K_x (p^\circ/RT)^{\Delta v}$.

2.1.33. Співвідношення між константами K° і K_C має вигляд:

- 1) $K^\circ = K_C (RT/p^\circ)^{\Delta v}$;
- 2) $K^\circ = K_C / (p^\circ)^{\Delta v}$;
- 3) $K^\circ = K_C (p^\circ/RT)^{\Delta v}$;
- 4) $K_C = K^\circ (RT/p^\circ)^{\Delta v}$.

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 $2\text{A}(\text{г}) + 3\text{B}(\text{г}) \leftrightarrow 2\text{C}(\text{г})$ 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) $-\Delta G = RT \left(\ln K_p - \ln \frac{P_D^d P_C^c}{P_A^a P_B^b} \right);$

2) $-\Delta G = RT \left(\ln \frac{P_D^d P_C^c}{P_A^a P_B^b} - \ln K_p \right);$

3) $-\Delta G = RT \ln \frac{P_D^d P_C^c}{P_A^a P_B^b};$

4) $-\Delta G = RT \left(\ln K_p + \ln \frac{P_D^d P_C^c}{P_A^a P_B^b} \right).$

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 $N_2 + 3H_2 \Leftrightarrow 2NH_3$.

- 2.2.2. Визначити початкову концентрацію хлору газової реакції синтезу фосгену $\text{CO} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{COCl}_2$, якщо рівновага встановилася за наступних концентрацій реагентів: $[\text{Cl}_2]=2,5$; $[\text{COCl}_2] = 3,2$ моль/л.
- 2.2.3. За деякої температури концентрації речовин в газовій реакції $2\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons 2\text{C}$ 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 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ дорівнюють: $[\text{N}_2] = 0,01$ моль/л; $[\text{H}_2] = 3,6$ моль/л; $[\text{NH}_3] = 0,40$ моль/л. Обчисліть початкову концентрацію азоту.
- 2.2.5. 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 $10 \text{ л}^2/\text{моль}^2$, а рівноважні концентрації H_2 і NH_3 відповідно дорівнюють 0,2 і 0,08 моль/л.
- 2.2.6. У системі $2\text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO} + \text{O}_2$ рівновага встановилася за таких концентрацій: $[\text{CO}_2] = 0,006$ моль/л, $[\text{CO}] = 0,024$ моль/л. Чому дорівнює константа рівноваги K_C ?
- 2.2.7. 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 0,08 моль/л, а на момент досягнення рівноваги продисоціювало 50 % N_2O_4 .
- 2.2.8. Знайти відношення початкових концентрацій SO_2 та O_2 в реакції утворення SO_3 , якщо рівновага встановилася за таких концентрацій: $[\text{SO}_2] = 2,8$; $[\text{O}_2] = 1,4$; $[\text{SO}_3] = 4,2$ 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 встановилася 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 встановилася 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 $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$ 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: $\text{SO}_2\text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_2 + \text{Cl}_2$. Об'єм посудини 10 л. Знайти K_C цієї газової реакції.
- 2.2.21.** Рівновага процесу синтезу амоніаку встановилась, коли концентрації азоту, водню та амоніаку становили відповідно 1,4; 0,8 та 2,6 моль/л. Знайти константу рівноваги K_C процесу $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$.
- 2.2.22.** Визначити початкову концентрацію хлору газової реакції синтезу фосгену $\text{CO} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{COCl}_2$, 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 $2\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons 2\text{C}$ 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 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ 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 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$, 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 $2\text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO} + \text{O}_2$ 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 $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$, 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: $[\text{SO}_2] = 2,0$; $[\text{O}_2] = 1,0$; $[\text{SO}_3] = 4,3$ моль/л.

- 2.2.29. За деякої температури K_C газової реакції $N_2O_4 \leftrightarrow 2NO_2$ 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: $SO_2Cl_2 \leftrightarrow SO_2 + Cl_2$. Об'єм посудини 20 л. Знайти K_C цієї газової реакції.
- 2.2.31. Рівновага процесу синтезу амоніаку встановилась, коли концентрації азоту, водню та амоніаку становили відповідно 3,4; 2,7 та 4,5 моль/л. Знайти константу рівноваги K_C процесу $N_2 + 3H_2 \leftrightarrow 2NH_3$.
- 2.2.32. Визначити початкову концентрацію хлору газової реакції синтезу фосгену $CO + Cl_2 \leftrightarrow COCl_2$, 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 $2A + B \leftrightarrow 2C$ становили відповідно 0,11; 0,15 та 0,08 моль/л. Знайти константу рівноваги.
- 2.2.34. У стані рівноваги концентрації речовин в системі $N_2 + 3H_2 \leftrightarrow 2NH_3$ 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 $N_2 + 3H_2 \leftrightarrow 2NH_3$, 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 $2CO_2 \leftrightarrow 2CO + O_2$ рівновага встановилася за таких концентрацій: $[CO_2] = 0,04$ моль/л, $[CO] = 0,1$ моль/л. Чому дорівнює константа рівноваги K_C ?
- 2.2.37. Обчисліть константу рівноваги K_C газової реакції $N_2O_4 \leftrightarrow 2NO_2$, 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 $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$, 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: $[SO_2] = 5,0$; $[O_2] = 0,5$; $[SO_3] = 7,0$ моль/л.
- 2.2.49. За деякої температури K_C газової реакції $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$ 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: $SO_2Cl_2 \rightleftharpoons SO_2 + Cl_2$. Об'єм посудини 10 л. Знайти K_C цієї газової реакції.

Завдання третього рівня складності

- 2.3.1. За деякої температури константа рівноваги реакції $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$ 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 $2HI \rightleftharpoons H_2 + I_2$ за цієї температури становить 0,5.
- 2.3.3. Знайти константу рівноваги K_C (з точністю до цілих) 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 80 % речовини B .
- 2.3.4. Початкові концентрації чадного газу та водяної пари в реакції $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$ 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 $\Delta G_{p,T}$ (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 $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C}$ проходить за температури 1000 К, 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 $\Delta G_{p,T}$ (в кДж, з точністю до цілих).
- 2.3.19.** 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 2 моль/л речовини B .

Знайти нову рівноважну концентрацію (у моль/л з точністю до сотих) речовини А.

2.3.20. 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 450 K (у атм^{-2} , з точністю до сотих).

2.3.21. За деякої температури константа рівноваги реакції $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}$ 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 $2\text{HI} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{I}_2$ за цієї температури становить 1.

2.3.23. Знайти константу рівноваги K_C (з точністю до десятих) газової реакції $\text{A} + 2\text{B} \rightleftharpoons \text{C} + \text{D}$, якщо початкові концентрації речовин А і В становили 6 і 5 моль/л відповідно, а до моменту настання рівноваги прореагувало 90 % речовини В.

2.3.24. 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 0,8 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 АВ 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 $A + B \rightleftharpoons C$ 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 $A + B \rightleftharpoons C + D$ встановилася за таких концентрацій речовин: $[A] = 6$; $[B] = 2$; $[C] = 4$ і $[D] = 3$ моль/л. У рівноважну систему додали 3 моль/л речовини **B**. Знайти нову рівноважну концентрацію (у моль/л з точністю до сотих) речовини **A**.

2.3.30. 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 400 K (у атм^{-2} , з точністю до цілих).

2.3.31. За деякої температури константа рівноваги реакції $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$ 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 $2HI \rightleftharpoons H_2 + I_2$ за цієї температури становить 0,8.

2.3.33. Знайти константу рівноваги K_c (з точністю до цілих) газової реакції $A + 2B \rightleftharpoons C + D$, 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 $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$ 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 $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C} + \text{D}$ встановилася за таких концентрацій речовин: $[\text{A}] = 6$; $[\text{B}] = 1$; $[\text{C}] = 4$ 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.
- 2.3.40.** 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 380 K (у атм^{-2} , з точністю до цілих).
- 2.3.41.** За деякої температури константа рівноваги реакції $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}$ 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 $2\text{HI} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{I}_2$ за цієї температури становить 2.
- 2.3.43.** Знайти константу рівноваги K_C (з точністю до десятих) газової реакції $\text{A} + 2\text{B} \rightleftharpoons \text{C} + \text{D}$, якщо початкові концентрації речовин A і B становили 0,5 і 0,2 моль/л відповідно, а до моменту настання рівноваги прореагувало 80 % речовини B .
- 2.3.44.** 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 0,5 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 $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$ 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 $2\text{AB} \rightleftharpoons \text{A}_2 + \text{B}_2$ дорівнює 5. Визначити ступінь термічної дисоціації (у відсотках, з точністю до цілих) речовини AB за цієї температури.
- 2.3.47.** Константа рівноваги K_C реакції $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$ 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 $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C}$ проходить за температури 1000 К, для неї константа рівноваги K_p дорівнює $2,5 \text{ МПа}^{-1}$. 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).
- 2.3.49.** Хімічна рівновага газової реакції $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C} + \text{D}$ встановилася за таких концентрацій речовин: $[\text{A}] = 6$; $[\text{B}] = 1$; $[\text{C}] = 4$ і $[\text{D}] = 3$ моль/л. У рівноважну систему додали 5 моль/л речовини B . Знайти

нову рівноважну концентрацію (у моль/л з точністю до сотих) речовини А.

2.3.50. 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 $\Delta H_{\text{уме}}^\circ(\text{NH}_3)$ дорівнює $-46,1 \text{ кДж/моль}$. Оцінити значення константи рівноваги K_p за 420 K (у атм^{-2} , з точністю до десятих).

РОЗДІЛ 3 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 кріоскопічної 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 дм³ хлористого водню (н. у.) в 708 см³ води.
- 3.2.8.** В якому об'ємі води (в мілілітрах з точністю до цілих) необхідно розчинити 27,8 г кристалогідрату FeSO₄·7H₂O, щоб утворився 3,8-відсотковий розчин ферум (II) сульфату?
- 3.2.9.** Ентальпія розчинення амоній нітрату дорівнює 26,7 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 Дж/(г·К).
- 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 °С? Питома теплоємність розчину дорівнює 4,1 Дж/(г·К).
- 3.2.11.** Тиск насиченої пари води за 50 °С дорівнює 12,33 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 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°С.
- 3.2.14.** Розрахувати тиск (в кПа з точністю до сотих) пари розчину, який містить 450 г глюкози в 720 г води за 25°С, якщо тиск насиченої пари води за цієї температури дорівнює 3,167 кПа.
- 3.2.15.** Знайти тиск (в мм.рт.ст. з точністю до сотих) пари над 5-відсотковим водним розчином карбаміду CO(NH₂)₂ за 25°С, якщо тиск насиченої пари води за цієї температури дорівнює 23,75 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 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 розчиняти вуглекислий газ у воді ($t = 0^\circ\text{C}$), 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°C становить 33 г. Із насиченого розчину за 30°C випарували 20 г води. Яка маса кристалогідрату $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ при цьому викристалізується (грамів з точністю до десятків)?
- 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 десятків градуса Цельсія.
- 3.3.12.** Обчислити в градусах Кельвіна з точністю до сотих температуру замерзання 3-відсоткового водного розчину сечовини, якщо кріоскопічна константа води $1,85 \text{ K}\cdot\text{кг}/\text{моль}$, а температура замерзання чистої води $273,15 \text{ K}$.
- 3.3.13.** Обчислити з точністю до десятків в атмосферах осмотичний тиск 3-відсоткового розчину аніліну в діетиловому етері за 22°C , якщо його густина становить $0,717 \text{ г}/\text{мл}$.
- 3.3.14.** Температура кипіння сірковуглецю CS_2 дорівнює $319,2 \text{ K}$, а його ебуліоскопічна константа дорівнює $2,37 \text{ K}\cdot\text{кг}/\text{моль}$. Визначте з точністю до цілих кількості атомів у молекулі сірки, якщо розчин, що містить 217 мг сірки в $1,913 \text{ г CS}_2$ кипить за $320,6 \text{ K}$.
- 3.3.15.** У $10,72 \text{ г}$ спиртового розчину міститься $0,4 \text{ г}$ карбонової кислоти. Розчин кипить за температури на $0,337^\circ\text{C}$ вищої, ніж чистий етанол. Обчислити з точністю до цілих молярну масу кислоти. Ебуліоскопічна константа етанолу $1,2 \text{ K}\cdot\text{кг}/\text{моль}$.
- 3.3.16.** Визначити з точністю до десятків градусів Цельсія нормальну температуру кипіння водного розчину неелектроліту, який замерзає за $268,15 \text{ K}$. Кріоскопічна і ебуліоскопічна константи води відповідно дорівнюють $1,85$ і $0,52 \text{ K}\cdot\text{кг}/\text{моль}$.
- 3.3.17.** Визначити в відсотках з точністю до цілих мольну частку сахарози в водному розчині, якщо цей розчин кипить за

температури на $0,26\text{ K}$ вищої, ніж нормальна температура кипіння води.

- 3.3.18.** Визначити з точністю до десятих мінімальну масу гліцерину в грамах, яку потрібно додати до $0,1\text{ кг}$ води, щоб вона не кристалізувалась за $268,15\text{ K}$. Кріоскопічна константа води $1,85\text{ K}\cdot\text{кг/моль}$. Вода кристалізується за $273,15\text{ K}$.
- 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 $1,85\text{ K}\cdot\text{кг/моль}$.
- 3.3.20.** За якої температури (в $^{\circ}\text{C}$ з точністю до десятих) буде замерзати розчин, одержаний змішуванням рівних об'ємів етиленгліколю ($\rho = 1,116\text{ г/мл}$) і води ($\rho = 1,0\text{ г/мл}$)? Кріоскопічна константа води $1,85\text{ K}\cdot\text{кг/моль}$.

РОЗДІЛ 4 ФАЗОВІ РІВНОВАГИ

Завдання першого рівня складності

4.1.1. Як формулюється перший закон Коновалова?

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

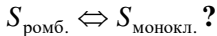
кристалізації потрійної евтектики?

- 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



- 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 Дж/г.

- 4.2.5.** Тиск пари телуру за 671 і 578 °С відповідно дорівнює 1885 і 445,9 Па. Визначити середнє значення питомої теплоти випаровування в цьому температурному інтервалі.
- 4.2.6.** Тиск пари BCl_3 за 10 і 20 °С відповідно дорівнює 562,9 і 807,5 мм рт. ст. Яка питома теплота випаровування BCl_3 ?
- 4.2.7.** Тиск пари етанолу за 70 і 80 °С 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 °С дорівнює $184,4$ мм рт. ст., а за температури 10 °С тиск становить $286,8$ мм рт. ст. Визначити мольну теплоту випаровування етеру.
- 4.2.21.** Нормальна температура кипіння йоду $458,7$ 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 $293,2$ К, а нормальна температура його кипіння $329,5$ 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 $308,2$ К, а за тиску 400 мм рт. ст. $323,1$ К. Визначити з точністю до десятих в кДж/моль теплоту випаровування метанолу.
- 4.2.24.** Тиск пари кристалічного ацетилену за 132 К дорівнює $1,7$ мм

рт. ст., а за 153 К 27,6 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 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 К, а тиск пари за 349,9 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 К, а зі зменшенням тиску насиченої пари вдвічі температура кипіння дорівнює 288,5 К. Визначити з точністю до десятих в кДж/моль теплоту випаровування.
- 4.2.31.** Нормальна температура кипіння бромру 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 бромру.
- 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 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.** 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.
- 4.3.2.** 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.

- 4.3.3.** 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.
- 4.3.4.** 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.
- 4.3.5.** 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.
- 4.3.6.** 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 ?
- 4.3.7.** 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.
- 4.3.8.** 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.
- 4.3.9.** 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.
- 4.3.10.** 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.
- 4.3.11.** 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 бромю за 295 К.

- 4.3.12.** 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 .
- 4.3.13.** 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.
- 4.3.14.** 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.
- 4.3.15.** 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.
- 4.3.16.** За атмосферного тиску 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.)?
- 4.3.17.** 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.
- 4.3.18.** 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.
- 4.3.19.** 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.
- 4.3.20.** 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.

РОЗДІЛ 5

АДСОРБЦІЙНІ РІВНОВАГИ ТА ПОВЕРХНЕВІ ЯВИЩА

Завдання першого рівня складності

5.1.1. Адсорбцією називається:

- 1) явище поглинання поверхнею речовини, яка дифундує в середину поглинаючої речовини і розподіляється по об'єму;
- 2) явище, яке відбувається на межі розділу фаз, в міжфазному поверхневому шарі, і ті, які виникають внаслідок взаємодії фаз, що стикаються;
- 3) явище обміну йонів між ПЕШ і середовищем, яке відбувається в строго еквівалентних співвідношеннях і може бути описаний стехіометричним рівнянням;
- 4) явище зчеплення частинок речовини (молекул, йонів, атомів в середині однієї фази).

5.1.2. Одиницями вимірювання адсорбції в системі СІ є:

- 1) Дж/м², Н/м;
- 2) ккал, Дж;
- 3) моль/м², моль/кг;
- 4) Дж/К, Н/кг.

5.1.3. Адсорбент це:

- 1) речовина, що адсорбується на поверхні адсорбенту;
- 2) речовина, на поверхні якої відбувається адсорбція;
- 3) речовина, яка схильна до йонного обміну;
- 4) речовина (адсорбент), на якому не відбувається еквівалентний обмін.

5.1.4. На поверхні твердого адсорбента адсорбуються йони, які входять до складу адсорбента, або, які можуть утворювати з одним із його компонентів важкорозчинну сполуку – виражає закон:

- 1) Томсона;
- 2) Фіка;
- 3) Ламберта-Бугера-Бера;
- 4) Панета-Фаянса.

5.1.5. Адсорбат це:

- 1) речовина, що адсорбується на поверхні адсорбенту;
- 2) речовина, на поверхні якої відбувається адсорбція;
- 3) речовина, яка схильна до йонного обміну;
- 4) речовина (адсорбент), на якому не відбувається еквівалентний обмін.

5.1.6. Як змінюється поверхнева активність спиртів із збільшенням кількості атомів Карбону у молекулі?

- 1) зменшується;
- 2) збільшується;
- 3) не змінюється;
- 4) рівний 0.

5.1.7. Поверхневий натяг вимірюється в:

- 1) Дж/м², Н/м;
- 2) ккал, Дж;
- 3) моль/м², моль/кг;
- 4) Дж/К, Н/кг.

5.1.8. Поверхневим явищем називається:

- 1) явище поглинання поверхнею речовини, яка дифундує в середину поглинаючої речовини і розподіляється по об'єму;
- 2) явище, яке відбувається на межі розділу фаз, в міжфазному поверхневому шарі, і ті, які виникають внаслідок взаємодії фаз, що стикаються;
- 3) явище обміну йонів між ПЕШ і середовищем, яке відбувається в строго еквівалентних співвідношеннях і може бути описаний стехіометричним рівнянням;
- 4) явище зчеплення частинок речовини (молекул, йонів, атомів в середині однієї фази).

5.1.9. Йонно – обмінною адсорбцією називається:

- 1) явище поглинання поверхнею речовини, яка дифундує в середину поглинаючої речовини і розподіляється по об'єму;
- 2) явище, яке відбувається на межі розділу фаз, в міжфазному поверхневому шарі, і ті, які виникають внаслідок взаємодії фаз, що стикаються;

- 3) явище обміну йонів між ПЕШ і середовищем, яке відбувається в строго еквівалентних співвідношеннях і може бути описаний стехіометричним рівнянням;
- 4) явище зчеплення частинок речовини (молекул, йонів, атомів) в середині однієї фази.

5.1.10. Йоніт це:

- 1) речовина, що адсорбується на поверхні адсорбенту;
- 2) речовина, на поверхні якої відбувається адсорбція;
- 3) речовина, яка схильна до йонного обміну;
- 4) речовина (адсорбент), на якому не відбувається еквівалентний обмін.

5.1.11. Когезією називається:

- 1) явище поглинання поверхнею речовини, яка дифундує в середину поглинаючої речовини і розподіляється по об'єму;
- 2) явище, яке відбувається на межі розділу фаз, в міжфазному поверхневому шарі, і ті, які виникають внаслідок взаємодії фаз, що стикаються;
- 3) явище обміну йонів між ПЕШ і середовищем, яке відбувається в строго еквівалентних співвідношеннях і може бути описаний стехіометричним рівнянням;
- 4) явище зчеплення частинок речовини (молекул, йонів, атомів) в середині однієї фази.

5.1.12. Рівняння Гіббса використовується:

- 1) для розрахунків адсорбції ПАР на межі поділу розчин-газ, а також поверхневої активності адсорбент-адсорбат під час адсорбції газів;
- 2) для розрахунків адсорбції ПАР на межі поділу розчин-газ, а також поверхневого натягу адсорбент-адсорбат під час адсорбції газів;
- 3) для розрахунків когезії ПАР на межі поділу розчин-газ, а також поверхневого натягу адсорбент-адсорбат під час адсорбції газів;
- 4) для розрахунків поверхневого натягу.

5.1.13. Рівняння Гіббса виражається рівнянням:

- 1) $\Gamma = \frac{x}{m}$;
- 2) $\Gamma = \Gamma_{\infty} \frac{bC}{1+bC}$;

- 3) $\Gamma = -\frac{C}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{dC}$;
4) $\Gamma = \Gamma_{\infty}$.

5.1.14. Як змінюється швидкість адсорбції з часом:

- 1) збільшується;
- 2) зменшується;
- 3) не змінюється;
- 4) не залежить від часу.

5.1.15. Залежності $\Gamma = f(p)$ і $\Gamma = f(C)$ за $T = \text{const}$ одержали назву:

- 1) ізотерма адсорбції;
- 2) ізостера адсорбції;
- 3) ізобара адсорбції;
- 4) ізопікна адсорбції.

5.1.16. Залежність $\Gamma = f(T)$ за $p = \text{const}$ одержала назву:

- 1) ізотерма адсорбції;
- 2) ізостера адсорбції;
- 3) ізобара адсорбції;
- 4) ізопікна адсорбції.

5.1.17. Залежність $\Gamma = f(T)$ за $C = \text{const}$, одержали назву:

- 1) ізотерма адсорбції;
- 2) ізостера адсорбції;
- 3) ізобара адсорбції;
- 4) ізопікна адсорбції.

5.1.18. Криві $p = f(T)$ і $C = f(T)$ за $\Gamma = \text{const}$ одержали назву:

- 1) ізотерма адсорбції;
- 2) ізостера адсорбції;
- 3) ізобара адсорбції;
- 4) ізопікна адсорбції.

5.1.19. Рівняння Гіббса описує процес адсорбції на межі розділення фаз:

- 1) тверде тіло - газ;
- 2) розчин - повітря;

- 3) розчин - газ;
- 4) тверде тіло – повітря.

5.1.20. Поверхневою активністю називається:

- 1) зміна поверхневого натягу розчину під час зміни концентрації речовини на одиницю;
- 2) збільшення адсорбції при зменшенні концентрації речовини на одиницю;
- 3) поверхнева енергія, що припадає на одиницю поверхні;
- 4) зменшення адсорбції при збільшенні концентрації речовини на одиницю.

5.1.21. Яке формулювання правила Дюкло – Траубе найточніше?

- 1) зі зменшенням довжини вуглеводного радикала, поверхневий натяг зменшується;
- 2) зі збільшенням довжини вуглецевого радикала на групу CH_2 - поверхневий натяг зростає у 3 – 3,5 рази;
- 3) у даному гомологічному ряді зі збільшенням довжини вуглеводного радикала на групу CH_2 - поверхнева активність зростає у 3 – 3,5 рази;
- 4) зі збільшенням довжини вуглецевого радикала на групу CH_2 - поверхневий натяг не змінюється.

5.1.22. На межі «адсорбційний об'єм – газова фаза», адсорбційний потенціал рівний:

- 1) 0;
- 2) 1;
- 3) 2;
- 4) 10.

5.1.23. Згідно з теорією Поляні, адсорбція є чисто ...

- 1) хімічним явищем;
- 2) фізичним явищем;
- 3) біологічним явищем;
- 4) антропогенним явищем.

5.1.24. Математичним виразом ізотерми адсорбції Ленгмюра є рівняння:

- 1) $\Gamma = -\frac{C}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{dC}$;
- 2) $\Gamma = aC^{1/n}$;
- 3) $\Gamma = \Gamma_{\infty} \frac{bC}{1+bC}$;
- 4) $\Gamma = \frac{x}{m}$.

5.1.25. Математичним виразом ізотерми адсорбції Фрейндліха є рівняння:

- 1) $\Gamma = -\frac{C}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{dC}$;
- 2) $\Gamma = aC^{1/n}$;
- 3) $\Gamma = \Gamma_{\infty} \frac{bC}{1+bC}$;
- 4) $\Gamma = \frac{x}{m}$.

5.1.26. Рівняння ... має наступний вигляд $\sigma_0 - \sigma = b \ln(1+bC)$:

- 1) Ленгмюра;
- 2) Фрейндліха;
- 3) Гіббса;
- 4) Шишковського.

5.1.27. Рівняння площі поверхні, яку займає одна молекула має наступний вигляд:

- 1) $S_0 = \frac{1}{\Gamma_{\infty} N_A}$;
- 2) $S_0 = \frac{2}{\Gamma_{\infty} N_A}$;
- 3) $S_0 = \frac{1}{\Gamma_{\infty} \sigma}$;
- 4) $S_0 = \frac{1}{CN_A}$.

5.1.28. Зміна поверхневого натягу розчину при зміні концентрації речовини на одиницю називається:

- 1) поверхнева активність;
- 2) концентрація;
- 3) тиск;
- 4) поверхневий натяг.

5.1.29. У гомологічному ряді при збільшенні довжини вуглеводневого радикала на групу CH_2 - поверхнева активність зростає у 3 – 3,5 рази – говорить правило...

- 1) Томсона;
- 2) Фіка;
- 3) Дюкло – Траубе;
- 4) Полянї.

5.1.30. Сукупність молекулярних ланцюгів, які не повторюються один з одним називається:

- 1) компонент;
- 2) адсорбційна фаза;
- 3) система;
- 4) підсистема.

5.1.31. Фізична величина, яка рівна похідній внутрішньої енергії по площі поверхні розділення фаз, при постійності ентропії і об'єму:

- 1) поверхнева активність;
- 2) концентрація;
- 3) тиск;
- 4) поверхневий натяг.

5.1.32. Аналітичний вираз для адсорбційного потенціалу E_i виражається рівнянням:

- 1) $E_i = R T \ln p$;
- 2) $E_i = R T \lg (p_i / p_0)$;
- 3) $E_i = R T \ln (p_i / p_0)$;
- 4) $E_i = R T (p_i / p_0)$.

5.1.33. Адсорбційна фаза це:

- 1) сукупність молекулярних ланцюгів, які не повторюються один з одним;
- 2) сукупність немoleкулярних ланцюгів;
- 3) сукупність молекулярних ланцюгів, які повторюються один з одним;
- 4) сукупність немoleкулярних ланцюгів, які не повторюються один з

одним;

5.1.34. Яке з рівнянь стосується поверхнево – активних речовин (ПАР)?

- 1) $d\sigma/dC > 0$;
- 2) $d\sigma/dC = 0$;
- 3) $d\sigma/dC < 0$;
- 4) $d\sigma/dC \geq 0$.

5.1.35. Поверхневим натягом називається:

- 1) фізична величина, яка рівна похідній внутрішньої енергії по кількості іншої речовини, при постійності ентропії і об'єму;
- 2) фізична величина, яка рівна похідній внутрішньої енергії по площі поверхні розділення фаз, при постійності ентропії і об'єму;
- 3) фізична величина, яка рівна кількості речовини віднесеної до площі поверхні розділення фаз;
- 4) фізична величина, яка рівна силі віднесеній до одиниці адсорбції.

5.1.36. Процес підвищення концентрації розчиненої речовини на поверхні розділення фаз є:

- 1) адгезія;
- 2) когезія;
- 3) десорбція;
- 4) адсорбція.

5.1.37. Математичним вираженням методу Жюрена є наступне рівняння:

- 1) $\sigma = \frac{\Delta p r h g}{2 \cos \theta}$;
- 2) $\sigma = \frac{r h g}{2 \cos \theta}$;
- 3) $\sigma = \frac{\Delta p r h g}{\cos \theta}$;
- 4) $\sigma = \frac{\mu \Delta p r h g}{2 \cos \theta}$.

5.1.38. Між якими величинами виражений зв'язок у рівнянні Гіббса?

- 1) вільною поверхневою енергією і площею поверхні;

- 2) адсорбцією, концентрацією розчину та поверхневою активністю;
- 3) поверхневим натягом і концентрацією розчину;
- 4) поверхневим натягом і площею поверхні;

5.1.39. Який фізичний зміст поверхневої активності?

- 1) це швидкість реакції за однакових концентрацій реагуючих речовин;
- 2) величина, що чисельно дорівнює швидкості реакції одномолярних розчинів;
- 3) величина, що не залежить від природи реагуючих речовин;
- 4) величина, що рівна силі, віднесеній до одиниці адсорбції Γ .

5.1.40. Яка умова виконується для речовин, які відносяться до категорії ПНР?

- 1) $d\sigma/dC < 0$, $\Gamma > 0$, $g > 0$;
- 2) $d\sigma/dC = 0$, $\Gamma = 0$, $g = 0$;
- 3) $d\sigma/dC > 0$, $\Gamma < 0$, $g < 0$;
- 4) $d\sigma/dC = 0$, $\Gamma > 0$, $g < 0$.

5.1.41. Яка умова виконується для речовин, які відносяться до категорії ПАР?

- 1) $d\sigma/dC < 0$, $\Gamma > 0$, $g > 0$;
- 2) $d\sigma/dC = 0$, $\Gamma = 0$, $g = 0$;
- 3) $d\sigma/dC > 0$, $\Gamma < 0$, $g < 0$;
- 4) $d\sigma/dC = 0$, $\Gamma > 0$, $g < 0$.

5.1.42. Яка умова виконується для речовин, які відносяться до категорії ПР?

- 1) $d\sigma/dC < 0$, $\Gamma > 0$, $g > 0$;
- 2) $d\sigma/dC = 0$, $\Gamma = 0$, $g = 0$;
- 3) $d\sigma/dC > 0$, $\Gamma < 0$, $g < 0$;
- 4) $d\sigma/dC = 0$, $\Gamma > 0$, $g < 0$.

5.1.43. Адсорбційним потенціалом називається:

- 1) величина, яка рівна роботі адсорбційних сил;
- 2) величина, що рівна силі, віднесеній до одиниці адсорбції Γ .
- 3) величина, що залежить від природи реагуючих речовин;
- 4) величина, що рівна швидкості реакції одномолярних розчинів.

5.1.44. Адгезія це:

- 1) сукупність молекулярних ланцюгів, які не повторюються один з одним;
- 2) взаємодія між приведеними у зіткнення поверхонь координованих фаз різної природи;
- 3) фізична величина, яка рівна похідній внутрішньої енергії за кількістю іншої речовини при постійності ентропії і об'єму;
- 4) фізична величина, яка рівна силі віднесеній до одиниці адсорбції.

5.1.45. Математичним виразом рівняння Дюпре є наступна залежність:

- 1) $W_a = \sigma_{P-G} + \sigma_{T-G} + \sigma_{T-P}$;
- 2) $W_a = \sigma_{P-G} - \sigma_{T-G} - \sigma_{T-P}$;
- 3) $W_a = \sigma_{P-G} + \sigma_{T-G} - \sigma_{T-P}$;
- 4) $W_a = \sigma_{P-G} - \sigma_{T-G} + \sigma_{T-P}$.

5.1.46. Що характеризує робота адгезії?

- 1) міцність адгезійного зв'язку і визначається роботою оборотного розриву адгезійного зв'язку, віднесеного до одиниці площі;
- 2) міцність адгезійного зв'язку і визначається поверхневою активністю;
- 3) слабкість когезійного зв'язку і визначається роботою оборотного розриву когезійного зв'язку, віднесеного до одиниці площі;
- 4) слабкість адгезійного зв'язку і визначається роботою оборотного розриву адгезійного зв'язку, віднесеного до одиниці площі;

5.1.47. Математичним виразом рівняння Юнга є наступний вираз:

- 1) $\sigma_{T-G} = \sigma_{T-P} + \sigma_{P-G} \cos \theta$;
- 2) $\sigma_{T-G} = \sigma_{T-P} + \sigma_{P-G} \sin \theta$;
- 3) $\sigma_{T-G} = \sigma_{T-P} - \sigma_{P-G} \sin \theta$;
- 4) $\sigma_{T-G} = \sigma_{T-P} - \sigma_{P-G} \cos \theta$.

5.1.48. Поверхнєве явище, що полягає у взаємодії рідини з іншою рідиною або твердим тілом, при одночасному контакті трьох фаз називається:

- 1) адгезія;
- 2) когезія;

- 3) адсорбція;
- 4) змочування;

5.1.49. Периметр змочування це:

- 1) лінія зіткнення трьох фаз, що змішуються;
- 2) лінія зіткнення трьох фаз, що не змішуються;
- 3) лінія зіткнення двох фаз, що не змішуються;
- 4) лінія зіткнення двох фаз, що змішуються;

5.1.50. Позитивною адсорбцією називається:

- 1) збільшення концентрації речовини в усьому об'ємі;
- 2) зменшення концентрації речовини в поверхневому шарі;
- 3) збільшення концентрації речовини в поверхні розділу фаз;
- 4) зменшення концентрації речовини на поверхні розділу фаз;

Завдання другого рівня складності

5.2.1. Визначити поверхневий натяг рідини у мДж/м² (з точністю до десятих) за 313 К, якщо його повна поверхнева енергія дорівнює 61,9 мДж/м², а температурний коефіцієнт дорівнює -0,13 мДж/м² К.

5.2.2. Визначити поверхневий натяг рідини у мДж/м² (з точністю до десятих) за 313 К, якщо його повна поверхнева енергія дорівнює 73,4 мДж/м², а температурний коефіцієнт дорівнює -0,230 Дж/м² К.

5.2.3. Визначити поверхневий натяг рідини у мДж/м² (з точністю до десятих) за 313 К, якщо його повна поверхнева енергія дорівнює 48,5 мДж/м², а температурний коефіцієнт дорівнює -0,07 мДж/м² К.

5.2.4. Визначити поверхневий натяг рідини у мДж/м² (з точністю до десятих) за 395 К, якщо його повна поверхнева енергія дорівнює 74,5 мДж/м², а температурний коефіцієнт дорівнює -0,17 мДж/м² К.

5.2.5. Визначити поверхневий натяг рідини у мДж/м² (з точністю до десятих) за 395 К, якщо його повна поверхнева енергія дорівнює 194,7 мДж/м², а температурний коефіцієнт дорівнює -0,44 мДж/м² К.

5.2.6. Визначити поверхневий натяг рідини у мДж/м² (з точністю до

десятих) за 395 К, якщо його повна поверхнева енергія дорівнює 196,9 мДж/м², а температурний коефіцієнт дорівнює -0,47 мДж/м² К.

5.2.7. Визначити поверхневий натяг рідини у мДж/м² (з точністю до десятих) за 320 К, якщо його повна поверхнева енергія дорівнює 150,4 мДж/м², а температурний коефіцієнт дорівнює -0,34 мДж/м² К.

5.2.8. Визначити, за якого пересичення (з точністю до сотих) тиск пари над краплею бензену радіусом 10 нм за 313 К, відповідає рівноважному, якщо поверхневий натяг бензену рівний 26,13 мДж·м⁻², а густина 0,858 г/см³.

5.2.9. Визначити, за якого пересичення (з точністю до сотих) тиск пари над краплею бензену радіусом 17 нм за 313 К, відповідає рівноважному, якщо поверхневий натяг бензену рівний 26,13 мДж·м⁻², а густина 0,858 г/см³.

5.2.10. Визначити, за якого пересичення (з точністю до сотих) тиск пари над краплею бензену радіусом 22 нм за 313 К, відповідає рівноважному, якщо поверхневий натяг бензену рівний 26,13 мДж·м⁻², а густина 0,858 г/см³.

5.2.11. Визначити, за якого пересичення (з точністю до сотих) тиск пари над краплею бензену радіусом 10 нм за 325 К, відповідає рівноважному, якщо поверхневий натяг бензену рівний 24,51 мДж·м⁻², а густина 0,846 г/см³.

5.2.12. Визначити, за якого пересичення (з точністю до сотих) тиск пари над краплею бензену радіусом 19 нм за 325 К, відповідає рівноважному, якщо поверхневий натяг бензену рівний 24,51 мДж·м⁻², а густина 0,846 г/см³.

5.2.13. Визначити, за якого пересичення (з точністю до сотих) тиск пари над краплею бензену радіусом 25 нм за 325 К, відповідає рівноважному, якщо поверхневий натяг бензену рівний 24,51 мДж·м⁻², а густина 0,846 г/см³.

- 5.2.14.** Знайти площу (в \AA^2), яка припадає на 1 молекулу насиченого шару аніліну на поверхні водного розчину, якщо гранична адсорбція рівна 6 мкмоль/м^2 . Результат подати з точністю до цілих.
- 5.2.15.** Знайти площу (в \AA^2), яка припадає на 1 молекулу насиченого шару аніліну на поверхні водного розчину, якщо гранична адсорбція рівна $6,8 \text{ мкмоль/м}^2$. Результат подати з точністю до цілих.
- 5.2.16.** Знайти площу (в \AA^2), яка припадає на 1 молекулу насиченого шару аніліну на поверхні водного розчину, якщо гранична адсорбція рівна $0,73 \text{ мкмоль/м}^2$. Результат подати з точністю до цілих.
- 5.2.17.** Знайти площу (в \AA^2), яка припадає на 1 молекулу насиченого шару аніліну на поверхні водного розчину, якщо гранична адсорбція рівна $0,89 \text{ мкмоль/м}^2$. Результат подати з точністю до цілих.
- 5.2.18.** Знайти площу (в \AA^2), яка припадає на 1 молекулу насиченого шару аніліну на поверхні водного розчину, якщо гранична адсорбція рівна $0,94 \text{ мкмоль/м}^2$. Результат подати з точністю до цілих.
- 5.2.19.** Знайти площу (в \AA^2), яка припадає на 1 молекулу насиченого шару аніліну на поверхні водного розчин, якщо гранична адсорбція рівна $1,03 \text{ мкмоль/м}^2$. Результат подати з точністю до цілих.
- 5.2.20.** Знайти площу (в \AA^2), яка припадає на 1 молекулу насиченого шару аніліну на поверхні водного розчину, якщо гранична адсорбція рівна $1,25 \text{ мкмоль/м}^2$. Результат подати з точністю до цілих.
- 5.2.21.** Щоб збити ртуть в медичному термометрі, треба створити прискорення $10g$. Розрахувати діаметр перетяжки в капілярі термометра (в мкм з точністю до сотих), якщо поверхневий натяг ртуті $0,475 \text{ Дж/м}^2$, довжина стовпчика 5 см , а густина ртуті

13,54 г/см³.

- 5.2.22.** Щоб збити ртуть в медичному термометрі, треба створити прискорення 10g. Розрахувати діаметр перетяжки в капілярі термометра термометра (в мкм з точністю до сотих), якщо поверхневий натяг ртуті 0,475 Дж/м², довжина стовпчика 5,8 см, а густина ртуті 13,54 г/см³.
- 5.2.23.** Щоб збити ртуть в медичному термометрі, треба створити прискорення 10g. Розрахувати діаметр перетяжки в капілярі термометра термометра (в мкм з точністю до сотих), якщо поверхневий натяг ртуті 0,475 Дж/м², довжина стовпчика 6,3 см, а густина ртуті 13,54 г/см³.
- 5.2.24.** Щоб збити ртуть в медичному термометрі, треба створити прискорення 10g. Розрахувати діаметр перетяжки в капілярі термометра термометра (в мкм з точністю до сотих), якщо поверхневий натяг ртуті 0,475 Дж/м², довжина стовпчика 7,5 см, а густина ртуті 13,54 г/см³.
- 5.2.25.** Щоб збити ртуть в медичному термометрі, треба створити прискорення 20g. Розрахувати діаметр перетяжки в капілярі термометра термометра (в мкм з точністю до сотих), якщо поверхневий натяг ртуті 0,475 Дж/м², довжина стовпчика 7,5 см, а густина ртуті 13,54 г/см³.
- 5.2.26.** Щоб збити ртуть в медичному термометрі, треба створити прискорення 20g. Розрахувати діаметр перетяжки в капілярі термометра термометра (в мкм з точністю до сотих), якщо поверхневий натяг ртуті 0,475 Дж/м², довжина стовпчика 8,3 см, а густина ртуті 13,54 г/см³.
- 5.2.27.** Визначити поверхневий натяг у мДж/м² (з точністю до десятих) за 351 К, якщо його повна поверхнева енергія 173 мДж/м², а температурний коефіцієнт -0,42 мДж/м²·К.
- 5.2.28.** Визначити, за якого пересичення (з точністю до сотих) тиск пари над краплею бензену радіусом 31 нм при 325 К відповідає рівноважному, якщо поверхневий натяг бензену рівний

24,51 мДж·м⁻², а густина 0,858 г/см³.

- 5.2.29.** Щоб збити ртуть в медичному термометрі, треба створити прискорення 20g. Розрахувати діаметр перетяжки в капілярі термометра (в мкм з точністю до сотих), якщо поверхневий натяг ртуті 0,475 Дж/м², довжина стовпчика 9,1 см, а густина ртуті 13,54 г/см³.
- 5.2.30.** Розрахувати поверхневу активність масляної кислоти (в мкН·м²/моль з точністю до цілих), якщо її розчини з концентрацією 7,8 і 15,6 ммоль/л за 288 К мають поверхневий натяг відповідно 69,9 і 68,6 мН/м.
- 5.2.31.** Розрахувати поверхневу активність амілового спирту (мкН·м²/моль з точністю до цілих), якщо його розчини з концентраціями 1,9 і 3,8 ммоль/л за 298 К мають поверхневий натяг відповідно 70,4 і 69,2 мН/м.
- 5.2.32.** Розрахувати поверхневу активність ізоамілового спирту (в мН·м²/моль з точністю до сотих), якщо його розчини з концентраціями 2,27 і 0,567 ммоль/л за 291 К мають поверхневий натяг відповідно 71,02 і 68,57 мН/м.
- 5.2.33.** Розрахувати поверхневу активність гексилового спирту (в мН·м²/моль з точністю до сотих), якщо його розчини з концентрацією 0,62 і 1,25 ммоль/л за 298 К мають поверхневий натяг відповідно 70,7 і 69,4 мН/м.
- 5.2.34.** Розрахувати поверхневу активність гептилового спирту (в мН·м²/моль з точністю до сотих), якщо його розчини з концентрацією 0,17 і 0,33 ммоль/л за 298 К мають поверхневий натяг відповідно 71,2 і 69,7 мН/м.
- 5.2.35.** Розрахувати поверхневу активність капронової кислоти (в мН·м²/моль з точністю до сотих), якщо її розчини з концентраціями 0,0010 і 0,005 моль/л за 293 К мають поверхневий натяг відповідно 0,0712 і 0,06369 Н/м.

- 5.2.36.** Розрахувати поверхневу активність енантової кислоти (в $\text{мН}\cdot\text{м}^2/\text{моль}$ з точністю до десятих), якщо її розчини з концентраціями 0,0010 і 0,0038 моль/л за 293 К мають поверхневий натяг відповідно 0,0670 і 0,05384 Н/м.
- 5.2.37.** Розрахувати поверхневу активність октилового спирту (в $\text{мН}\cdot\text{м}^2/\text{моль}$ з точністю до десятих), якщо його розчини з концентраціями 0,070 і 0,190 ммоль/л за 298 К мають поверхневий натяг відповідно 0,0712 і 0,0680 Н/м.
- 5.2.38.** Розрахувати поверхневу активність каприлової кислоти (в $\text{мН}\cdot\text{м}^2/\text{моль}$ з точністю до десятих), якщо її розчини з концентраціями 0,073 і 0,147 ммоль/л за 298 К мають поверхневий натяг відповідно 0,0704 і 0,0688 Н/м.
- 5.2.39.** Розрахувати поверхневу активність капринової кислоти (в $\text{мН}\cdot\text{м}^2/\text{моль}$ з точністю до цілих), якщо її розчини з концентраціями 0,0043 і 0,0087 ммоль/л за 298 К мають поверхневий натяг відповідно 0,0713 і 0,0705 Н/м.
- 5.2.40.** Розрахувати поверхневу активність лауринової кислоти (в $\text{мН}\cdot\text{м}^2/\text{моль}$ з точністю до сотих), якщо її розчини з концентраціями 0,5 і 1,0 ммоль/л за 293 К мають поверхневий натяг відповідно 0,063 і 0,0585 Н/м.
- 5.2.41.** Вирахувати величину адсорбції амілового спирту (в $\text{мкмоль}/\text{м}^2$ з точністю до сотих) за 298 К з водного розчину з концентрацією 2,85 ммоль/л, якщо його поверхнева активність дорівнює $632 \text{ мкН}\cdot\text{м}^2/\text{моль}$.
- 5.2.42.** Вирахувати величину адсорбції ізоамілового спирту (в $\text{мкмоль}/\text{м}^2$ з точністю до сотих) за 291 К з водного розчину з концентрацією 3,97 ммоль/л, якщо його поверхнева активність дорівнює $721 \text{ мкН}\cdot\text{м}^2/\text{моль}$.
- 5.2.43.** Вирахувати величину адсорбції гексилового спирту (в $\text{мкмоль}/\text{м}^2$ з точністю до сотих) за 298 К з водного розчину з концентрацією 0,94 ммоль/л, якщо його поверхнева активність

дорівнює $2060 \text{ мкН} \cdot \text{м}^2/\text{моль}$.

- 5.2.44.** Вирахувати величину адсорбції гептилового спирту (в $\text{мкмоль}/\text{м}^2$ з точністю до сотих) за 298 К з водного розчину з концентрацією $0,25 \text{ ммоль}/\text{л}$, якщо його поверхнева активність дорівнює $9380 \text{ мкН} \cdot \text{м}^2/\text{моль}$.
- 5.2.45.** Вирахувати величину адсорбції капронової кислоти (в $\text{мкмоль}/\text{м}^2$ з точністю до сотих) за 293 К з водного розчину з концентрацією $3,00 \text{ ммоль}/\text{л}$, якщо її поверхнева активність дорівнює $1880 \text{ мкН} \cdot \text{м}^2/\text{моль}$.
- 5.2.46.** Вирахувати величину адсорбції енантової кислоти (в $\text{мкмоль}/\text{м}^2$ з точністю до сотих) за 293 К з водного розчину з концентрацією $2,4 \text{ ммоль}/\text{л}$, якщо її поверхнева активність дорівнює $4700 \text{ мкН} \cdot \text{м}^2/\text{моль}$.
- 5.2.47.** Вирахувати величину адсорбції октилового спирту (в $\text{мкмоль}/\text{м}^2$ з точністю до сотих) за 298 К з водного розчину з концентрацією $0,13 \text{ ммоль}/\text{л}$, якщо його поверхнева активність дорівнює $26,67 \text{ мН} \cdot \text{м}^2/\text{моль}$.
- 5.2.48.** Вирахувати величину адсорбції каприлової кислоти (в $\text{мкмоль}/\text{м}^2$ з точністю до сотих) за 298 К з водного розчину з концентрацією $0,11 \text{ ммоль}/\text{л}$, якщо її поверхнева активність дорівнює $21,62 \text{ мН} \cdot \text{м}^2/\text{моль}$.
- 5.2.49.** Вирахувати величину адсорбції капринової кислоти (в $\text{мкмоль}/\text{м}^2$ з точністю до сотих) за 298 К з водного розчину з концентрацією $0,0065 \text{ ммоль}/\text{л}$, якщо її поверхнева активність дорівнює $181,8 \text{ мН} \cdot \text{м}^2/\text{моль}$.
- 5.2.50.** Вирахувати величину адсорбції лауринової кислоти (в $\text{мкмоль}/\text{м}^2$ з точністю до сотих) за 293 К з водного розчину з концентрацією $0,75 \text{ ммоль}/\text{л}$, якщо її поверхнева активність дорівнює $9 \text{ мН} \cdot \text{м}^2/\text{моль}$.

Завдання третього рівня складності

- 5.3.1.** Визначити енергію Гіббса поверхні (Дж з точністю до цілих) крапель туману масою 4 г за 294 К, якщо поверхневий натяг води $72,6 \text{ мДж/м}^2$, а густина води становить $0,998 \text{ г/см}^3$, дисперсність частинок рівна 50 мкм^{-1} .
- 5.3.2.** Визначити енергію Гіббса поверхні (Дж з точністю до цілих) крапель туману масою 6 г за 288 К, якщо поверхневий натяг води $73,5 \text{ мДж/м}^2$, а густина води становить $0,999 \text{ г/см}^3$, дисперсність частинок рівна 65 мкм^{-1} .
- 5.3.3.** Визначити енергію Гіббса поверхні (Дж з точністю до цілих) крапель туману масою 7 г за 298 К, якщо поверхневий натяг води $72,0 \text{ мДж/м}^2$, а густина води становить $0,997 \text{ г/см}^3$, дисперсність частинок рівна 35 мкм^{-1} .
- 5.3.4.** Визначити енергію Гіббса поверхні (Дж з точністю до цілих) крапель туману масою 8 г за 294 К, якщо поверхневий натяг води $72,6 \text{ мДж/м}^2$, а густина води становить $0,998 \text{ г/см}^3$, дисперсність частинок рівна 65 мкм^{-1} .
- 5.3.5.** Визначити енергію Гіббса поверхні (Дж з точністю до цілих) крапель туману масою 5 г за 288 К, якщо поверхневий натяг води $73,5 \text{ мДж/м}^2$, а густина води становить $0,999 \text{ г/см}^3$, дисперсність частинок рівна 32 мкм^{-1} .
- 5.3.6.** Визначити енергію Гіббса поверхні (Дж з точністю до цілих) крапель туману масою 3 г за 298 К, якщо поверхневий натяг води $72,0 \text{ мДж/м}^2$, а густина води становить $0,998 \text{ г/см}^3$, дисперсність частинок рівна 28 мкм^{-1} .
- 5.3.7.** Визначити енергію Гіббса поверхні (Дж з точністю до цілих) крапель туману масою 6 г за 288 К, якщо поверхневий натяг води $73,5 \text{ мДж/м}^2$, а густина води становить $0,999 \text{ г/см}^3$, дисперсність частинок рівна $22,7 \text{ мкм}^{-1}$.
- 5.3.8.** Розрахувати повну поверхневу енергію за 313 К (кДж з точністю до сотих) 5 г емульсії бензену у воді з концентрацією 55 мас.%,

дисперсністю 3 мкм^{-1} і густиною 858 кг/м^3 . Міжфазовий поверхневий натяг становить $33,8 \text{ мДж/м}^2$, а температурний коефіцієнт поверхневого натягу дорівнює $-0,13 \text{ мДж/м}^2 \cdot \text{К}$.

5.3.9. Розрахувати повну поверхневу енергію за 313 К (кДж з точністю до сотих) $6,3 \text{ г}$ емульсії бензену у воді з концентрацією $67 \text{ мас.}\%$, дисперсністю $4,2 \text{ мкм}^{-1}$ і густиною 858 кг/м^3 . Міжфазовий поверхневий натяг становить $33,8 \text{ мДж/м}^2$, а температурний коефіцієнт поверхневого натягу дорівнює $-0,13 \text{ мДж/м}^2 \cdot \text{К}$.

5.3.10. Розрахувати повну поверхневу енергію за 313 К (кДж з точністю до сотих) $6,85 \text{ г}$ емульсії бензену у воді з концентрацією $48 \text{ мас.}\%$, дисперсністю $4,87 \text{ мкм}^{-1}$ і густиною 858 кг/м^3 . Міжфазовий поверхневий натяг становить $33,8 \text{ мДж/м}^2$, а температурний коефіцієнт поверхневого натягу дорівнює $-0,13 \text{ мДж/м}^2 \cdot \text{К}$.

5.3.11. Розрахувати повну поверхневу енергію за 313 К (кДж з точністю до сотих) $5,75 \text{ г}$ емульсії бензену у воді з концентрацією $73 \text{ мас.}\%$, дисперсністю $5,32 \text{ мкм}^{-1}$ і густиною 858 кг/м^3 . Міжфазовий поверхневий натяг становить $33,8 \text{ мДж/м}^2$, а температурний коефіцієнт поверхневого натягу дорівнює $-0,13 \text{ мДж/м}^2 \cdot \text{К}$.

5.3.12. Розрахувати повну поверхневу енергію (кДж з точністю до сотих) 7 г емульсії силікагелю у воді з концентрацією $38 \text{ мас.}\%$, дисперсністю 4 мкм^{-1} за 298 К і густиною 2200 кг/м^3 . Міжфазовий поверхневий натяг становить $37,18 \text{ мДж/м}^2$, а температурний коефіцієнт поверхневого натягу дорівнює $-0,36 \text{ мДж/м}^2 \cdot \text{К}$.

5.3.13. Розрахувати повну поверхневу енергію за 298 К (кДж з точністю до сотих) $8,3 \text{ г}$ емульсії силікагелю у воді з концентрацією $43 \text{ мас.}\%$, дисперсністю $5,76 \text{ мкм}^{-1}$ і густиною 2200 кг/м^3 . Міжфазовий поверхневий натяг становить $37,18 \text{ мДж/м}^2$, а температурний коефіцієнт поверхневого натягу дорівнює $-0,36 \text{ мДж/м}^2 \cdot \text{К}$.

5.3.14. Розрахувати повну поверхневу енергію за 298 К (кДж з точністю до сотих) $9,2 \text{ г}$ емульсії силікагелю у воді з концентрацією $27 \text{ мас.}\%$, дисперсністю $7,43 \text{ мкм}^{-1}$ і густиною 2200 кг/м^3 . Міжфазовий поверхневий натяг становить $37,18 \text{ мДж/м}^2$, а

температурний коефіцієнт поверхневого натягу дорівнює - $0,36 \text{ мДж/м}^2 \cdot \text{К}$.

- 5.3.15.** Розрахувати повну поверхневу енергію за 298 К (кДж з точністю до сотих) 11 г емульсії силікагелю у воді концентрацією 56 мас. \% , дисперсністю 2 мкм^{-1} і густиною 2200 кг/м^3 . Міжфазовий поверхневий натяг становить $37,18 \text{ мДж/м}^2$, а температурний коефіцієнт поверхневого натягу дорівнює $-0,36 \text{ мДж/м}^2 \cdot \text{К}$.
- 5.3.16.** Розрахуйте тиск пари (в кПа з точністю до сотих) над краплями води дисперсністю $0,1 \text{ нм}^{-1}$ за температури 294 К . Тиск насиченої пари води над плоскою поверхнею за цієї температури $p_s = 2486 \text{ Па}$, густина води становить $0,998 \text{ г/см}^3$, а поверхневий натяг води $72,6 \text{ мДж/м}^2$.
- 5.3.17.** Розрахуйте тиск пари (в кПа точністю до сотих) над краплями води дисперсністю $0,2 \text{ нм}^{-1}$ за температури 298 К . Тиск пари води над плоскою поверхнею за цієї температури $p_s = 3168 \text{ Па}$, густина води становить $0,997 \text{ г/см}^3$, а поверхневий натяг води $72,0 \text{ мДж/м}^2$.
- 5.3.18.** Розрахуйте тиск пари (в кПа точністю до сотих) над краплями води дисперсністю $0,3 \text{ нм}^{-1}$ за температури 288 К . Тиск насиченої пари води над плоскою поверхнею за цієї температури $p_s = 1705 \text{ Па}$, густина води становить $0,999 \text{ г/см}^3$, а поверхневий натяг води $73,5 \text{ мДж/м}^2$.
- 5.3.19.** Розрахуйте тиск пари (в кПа точністю до сотих) над краплями води дисперсністю 50 мкм^{-1} за температури 294 К . Тиск насиченої пари води над плоскою поверхнею за цієї температури $p_s = 2486 \text{ Па}$, густина води становить $0,998 \text{ г/см}^3$, а поверхневий натяг води $72,6 \text{ мДж/м}^2$.
- 5.3.20.** Розрахуйте тиск пари (в кПа точністю до сотих) над краплями води дисперсністю 60 мкм^{-1} за температури 298 К . Тиск насиченої пари води над плоскою поверхнею за цієї температури $p_s = 2338 \text{ Па}$, густина води становить $0,997 \text{ г/см}^3$, а поверхневий натяг води $72,0 \text{ мДж/м}^2$.

- 5.3.21.** Розрахувати надлишковий тиск (в МПа з точністю до десятих) всередині краплі бензену, що знаходиться в рівновазі з парою, якщо питома поверхня становить $6 \cdot 10^8 \text{ м}^{-1}$, а поверхневий натяг рівний $28,2 \text{ мДж/м}^2$ за 298 К .
- 5.3.22.** Розрахувати надлишковий тиск (в МПа з точністю до десятих) всередині краплі бензену, що знаходиться в рівновазі з парою, якщо питома поверхня становить $8 \cdot 10^8 \text{ м}^{-1}$, а поверхневий натяг рівний $28,2 \text{ мДж/м}^2$ за 298 К .
- 5.3.23.** Розрахувати надлишковий тиск (в МПа з точністю до цілих) всередині краплі бензену, що знаходиться в рівновазі з парою, якщо питома поверхня становить $19,7 \cdot 10^8 \text{ м}^{-1}$, а поверхневий натяг рівний $28,2 \text{ мДж/м}^2$ за 298 К .
- 5.3.24.** Розрахувати надлишковий тиск (в МПа з точністю до цілих) всередині краплі бензену, що знаходиться в рівновазі з парою, якщо питома поверхня становить $25 \cdot 10^8 \text{ м}^{-1}$, а поверхневий натяг рівний $28,2 \text{ мДж/м}^2$ за 298 К .
- 5.3.25.** Розрахувати надлишковий тиск (в МПа з точністю до десятих) всередині краплі бензену, що знаходиться в рівновазі з парою, якщо питома поверхня становить $6 \cdot 10^8 \text{ м}^{-1}$, а поверхневий натяг рівний $28,9 \text{ мДж/м}^2$ за 293 К .
- 5.3.26.** Розрахувати надлишковий тиск (в МПа з точністю до десятих) всередині краплі бензену, що знаходиться в рівновазі з парою, якщо питома поверхня становить $1 \cdot 10^9 \text{ м}^{-1}$, а поверхневий натяг рівний $28,9 \text{ мДж/м}^2$ за 293 К .
- 5.3.27.** Розрахувати надлишковий тиск (в МПа з точністю до десятих) всередині краплі ізовалер'янової кислоти, що знаходиться в рівновазі з парою, якщо питома поверхня становить $8,3 \cdot 10^8 \text{ м}^{-1}$, а поверхневий натяг рівний 35 мДж/м^2 за 288 К .
- 5.3.28.** Розрахувати надлишковий тиск (в МПа з точністю до десятих) всередині краплі ізовалер'янової кислоти, що знаходиться в рівновазі з парою, якщо питома поверхня становить $12,4 \cdot 10^8 \text{ м}^{-1}$, а

поверхневий натяг рівний 35 мДж/м^2 за 288 К .

- 5.3.29.** Стеаринова кислота $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ масою 80 мкг на поверхні води утворює мономолекулярний шар площею 470 см^2 . Густина стеаринової кислоти становить $0,85 \text{ г/см}^3$. Визначити площу (в Å^2 з точністю до десятих), яку займає одна молекула.
- 5.3.30.** Стеаринова кислота $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ масою 100 мкг на поверхні води утворює мономолекулярний шар площею 540 см^2 . Густина стеаринової кислоти становить $0,85 \text{ г/см}^3$. Визначити площу (в Å^2 з точністю до десятих), яку займає одна молекула.
- 5.3.31.** Стеаринова кислота $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ масою 120 мкг на поверхні води утворює мономолекулярний шар площею 640 см^2 . Густина стеаринової кислоти становить $0,85 \text{ г/см}^3$. Визначити площу (в Å^2 з точністю до десятих), яку займає одна молекула.
- 5.3.32.** Масляна кислота $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$ масою 120 мкг на поверхні води утворює мономолекулярний шар площею 600 см^2 . Густина масляної кислоти становить $0,88 \text{ г/см}^3$. Визначити площу (в Å^2 з точністю до десятих), яку займає одна молекула.
- 5.3.33.** Масляна кислота $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$ масою 50 мкг на поверхні води утворює мономолекулярний шар площею 300 см^2 . Густина масляної кислоти становить $0,88 \text{ г/см}^3$. Визначити площу (в Å^2 з точністю до десятих), яку займає одна молекула.
- 5.3.34.** Визначити енергію Гіббса поверхні (Дж з точністю до цілих) крапель туману масою 4 г за 298 К , якщо поверхневий натяг води $72,0 \text{ мДж/м}^2$, а густина води становить $0,997 \text{ г/см}^3$, дисперсність частинок рівна 70 мкм^{-1} .
- 5.3.35.** Розрахувати повну поверхневу енергію за 313 К (кДж з точністю до сотих) 5 г емульсії бензену у воді з концентрацією 70 мас. \% , дисперсністю 5 мкм^{-1} і густиною $0,858 \text{ г/см}^3$. Міжфазовий поверхневий натяг становить $33,8 \text{ мДж/м}^2$, а температурний коефіцієнт поверхневого натягу дорівнює $-0,13 \text{ мДж/м}^2 \cdot \text{К}$.

- 5.3.36.** Розрахуйте тиск пари (в кПа з точністю до цілих) над краплями води дисперсністю 70 мкм^{-1} за температури 288 К . Тиск насиченої пари води над плоскою поверхнею за цієї температури $p_s = 1705 \text{ Па}$, густина води становить $0,999 \text{ г/см}^3$, а поверхневий натяг води $73,5 \text{ мДж/м}^2$.
- 5.3.37.** Валеріанова кислота $\text{C}_4\text{H}_9\text{COOH}$ масою $0,1 \text{ мг}$ на поверхні води утворює мономолекулярний шар площею 600 см^2 . Густина кислоти становить $0,89 \text{ г/см}^3$. Визначити площу (в Å^2 з точністю до десятих), яку займає одна молекула.
- 5.3.38.** Обчислити рівноважну концентрацію карбонової кислоти (в ммоль/л з точністю до цілих), якщо величина адсорбції за рівнянням Фрейндліха x/m дорівнює $1,15 \text{ моль/г}$, а константи K і n відповідно $2,30$ і $2,01$.
- 5.3.39. 139.** Визначити енергію Гіббса поверхні (Дж з точністю до сотих) крапель туману масою $2,73 \text{ г}$ за 293 К , якщо поверхневий натяг води $72,7 \text{ мДж/м}^2$, а густина води становить $0,998 \text{ г/см}^3$, дисперсність частинок рівна 32 мкм^{-1} .
- 5.3.40.** Розрахувати повну поверхневу енергію (кДж з точністю до сотих) $9,2 \text{ г}$ емульсії силікагелю у воді концентрацією 27 мас. \% і дисперсністю $7,43 \text{ мкм}^{-1}$ за 298 К , і густиною $2,2 \text{ г/см}^3$. Міжфазовий поверхневий натяг становить $37,18 \text{ мДж/м}^2$, а температурний коефіцієнт поверхневого натягу дорівнює $-0,36 \text{ мДж/м}^2 \cdot \text{К}$.
- 5.3.41.** Валеріанова кислота $\text{C}_4\text{H}_9\text{COOH}$ масою $0,15 \text{ мг}$ на поверхні води утворює мономолекулярний шар площею 800 см^2 . Густина кислоти становить $0,89 \text{ г/см}^3$. Визначити площу (в Å^2 з точністю до десятих), яку займає одна молекула.
- 5.3.42.** Обчислити рівноважну концентрацію карбонової кислоти у водному розчині (в ммоль/л з точністю до цілих), якщо величина адсорбції за рівнянням Фрейндліха x/m дорівнює $0,12 \text{ моль/г}$, а константи K і n відповідно $0,25$ і $3,1$.
- 5.3.43.** Обчислити рівноважну концентрацію карбонової кислоти у

водному розчині (в ммоль/л з точністю до цілих), якщо величина адсорбції за рівнянням Фрейндліха x/m дорівнює 0,21 моль/г, а константи K і n відповідно 0,30 і 4,24.

5.3.44. Обчислити рівноважну концентрацію карбонової кислоти (в ммоль/л з точністю до цілих) у водному розчині, якщо величина адсорбції за рівнянням Фрейндліха x/m дорівнює 0,42 моль/г, а константи K і n відповідно 0,70 і 2,33.

5.3.45. Обчислити рівноважну концентрацію карбонової кислоти (в ммоль/л з точністю до цілих) у водному розчині, якщо величина адсорбції за рівнянням Фрейндліха x/m дорівнює 0,36 моль/г, а константи K і n відповідно 0,45 і 5,4.

5.3.46. Обчислити рівноважну концентрацію карбонової кислоти (в ммоль/л з точністю до цілих) у водному розчині, якщо величина адсорбції за рівнянням Фрейндліха x/m дорівнює 0,75 моль/г, а константи K і n відповідно 0,93 і 4,99.

5.3.47. Обчислити рівноважну концентрацію карбонової кислоти (в ммоль/л з точністю до цілих) у водному розчині, якщо величина адсорбції за рівнянням Фрейндліха x/m дорівнює 2,01 моль/г, а константи K і n відповідно 3,5 і 2.

5.3.48. Обчислити рівноважну концентрацію карбонової кислоти (в ммоль/л з точністю до цілих) у водному розчині, якщо величина адсорбції за рівнянням Фрейндліха x/m дорівнює 1,43 моль/г, а константи K і n відповідно 2,58 і 2,24.

5.3.49. Обчислити рівноважну концентрацію карбонової кислоти (в ммоль/л з точністю до цілих) у водному розчині, якщо величина адсорбції за рівнянням Фрейндліха x/m дорівнює 2,46 моль/г, а константи K і n відповідно 3,71 і 4,25.

5.3.50. Обчислити рівноважну концентрацію карбонової кислоти (в ммоль/л з точністю до цілих) у водному розчині, якщо величина адсорбції за рівнянням Фрейндліха x/m дорівнює 1,71 моль/г, а константи K і n відповідно 4,30 і 1,2.

РОЗДІЛ 6 КОМПЛЕКСНІ ЗАДАЧІ

ЗАДАЧА 1. Виведіть аналітичну залежність теплового ефекту (Дж) реакції A (таблиця 1) від температури, якщо відомий тепловий ефект цієї реакції за 298 К. Рівняння залежності $C_p^\circ = f(T)$ візьміть із довідника. Обчисліть тепловий ефект реакції за температур $T_1 - 100$; $T_1 - 50$; T_1 ; $T_1 + 50$; $T_1 + 100$. Побудуйте графіки залежності $\Delta H_T^\circ = f(T)$ в інтервалі температур від $T_1 - 100$ до $T_1 + 100$ з інтервалом 50 К. Визначте графічно $d(\Delta H)/dT$ за температури T_1 (графічну зміну теплоємності реакції $\Delta C_{p, \text{граф}}^\circ$). Розрахуйте теоретичне значення C_p° за цієї температури ($\Delta C_p^\circ = \Delta a + \Delta bT_1 + \Delta cT_1^2 + \Delta c'T_1^{-2}$).

Таблиця 1

№ п/п	Реакція А	T_1 , К
1.	$2\text{H}_2 + \text{CO} = \text{CH}_3\text{OH}(\text{r})$	700
2.	$4\text{HCl} + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}(\text{r}) + 2\text{Cl}_2$	600
3.	$\beta\text{-NH}_4\text{Cl}(\text{тв}) = \text{NH}_3(\text{r}) + \text{HCl}(\text{r})$	400
4.	$2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}(\text{r}) = 4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2$	1000
5.	$4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}(\text{r}) = 4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2$	900
6.	$2\text{NO}_2 = 2\text{NO} + \text{O}_2$	600
7.	$\text{N}_2\text{O}_4 = 2\text{NO}_2$	600
8.	$\text{Mg}(\text{OH})_2 = \text{MgO} + \text{H}_2\text{O}(\text{r})$	400
9.	$\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$	900
10.	$\text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}(\text{r})$	400
11.	$0,5\text{S}_2(\text{r}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{r}) = \text{SO}_2 + 2\text{H}_2$	900
12.	$0,5\text{S}_2(\text{r}) + 2\text{CO}_2 = \text{SO}_2 + 2\text{CO}$	800
13.	$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$	600
14.	$\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 = \text{SO}_2\text{Cl}_2(\text{r})$	600
15.	$\text{CO} + 3\text{H}_2 = \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}(\text{r})$	900
16.	$2\text{CO} + \text{SO}_2 = 0,5\text{S}_2(\text{r}) + 2\text{CO}_2$	800
17.	$\text{CO} + \text{Cl}_2 = \text{COCl}_2$	500
18.	$\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}(\text{r})$	1000
19.	$\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 = \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}(\text{r})$	900
20.	$2\text{CO}_2 = 2\text{CO} + \text{O}_2$	900
21.	$\text{CH}_4 + \text{CO}_2 = 2\text{CO} + 2\text{H}_2$	800

№ п/п	Реакція А	T ₁ , К
22.	$C_2H_6 = C_2H_4 + H_2$	300
23.	$C_2H_5OH(г) = C_2H_4 + H_2O(г)$	400
24.	$CH_3CHO(г) + H_2 = C_2H_5OH(г)$	600
25.	$C_6H_6(г) + 3H_2 = C_6H_{12}(г)$	500

Формули для розв'язування Задачі 1

$$\Delta H_T^0 = \Delta H_{298,15}^0 + \int_{298,15}^T \Delta c_p^0 dT$$

$$\Delta c_p^0 = \Delta a + \Delta b \cdot T + \Delta c \cdot T^2 + \Delta c' \cdot T^{-2}$$

$$\int_{298,15}^T \Delta c_p^0 dT = \int_{298,15}^T \Delta a dT + \int_{298,15}^T \Delta b \cdot T dT + \int_{298,15}^T \Delta c \cdot T^2 dT +$$

$$+ \int_{298,15}^T \Delta c' \cdot T^{-2} dT$$

$$\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1}$$

$$\int x^0 dx = x$$

$$\int x^1 dx = \frac{x^2}{2}$$

$$\int x^2 dx = \frac{x^3}{3}$$

$$\int x^{-2} dx = \frac{x^{-1}}{-1} = -\frac{1}{x}$$

$$\int_{298,15}^T \Delta c_p^o dT = \Delta a \cdot (T - 298,15) + \frac{\Delta b}{2} \cdot (T^2 - 298,15^2) +$$

$$+ \frac{\Delta c}{3} \cdot (T^3 - 298,15^3) - \Delta c' \cdot (T^{-1} - 298,15^{-1})$$

$$\Delta H_T^o = \Delta H_{298,15}^o + \Delta a \cdot T - \Delta a \cdot 298,15 + \frac{\Delta b}{2} \cdot T^2 - \frac{\Delta b}{2} \cdot 298,15^2 +$$

$$+ \frac{\Delta c}{3} \cdot T^3 - \frac{\Delta c}{3} \cdot 298,15^3 - \frac{\Delta c'}{T} + \frac{\Delta c'}{298,15}$$

$$\Delta H_T^o = \left(\Delta H_{298,15}^o - \Delta a \cdot 298,15 - \frac{\Delta b}{2} \cdot 298,15^2 - \frac{\Delta c}{3} \cdot 298,15^3 \right.$$

$$\left. + \frac{\Delta c'}{298,15} \right) + \Delta a \cdot T + \frac{\Delta b}{2} \cdot T^2 + \frac{\Delta c}{3} \cdot T^3 - \frac{\Delta c'}{T}$$

$$\Delta H_T^o = \Delta H_{298,15}^{o'} + \Delta a \cdot T + \frac{\Delta b}{2} \cdot T^2 + \frac{\Delta c}{3} \cdot T^3 - \frac{\Delta c'}{T}$$

$$\Delta H_{298,15}^{o'} = \Delta H_{298,15}^o - \Delta a \cdot 298,15 - \frac{\Delta b}{2} \cdot 298,15^2 -$$

$$- \frac{\Delta c}{3} \cdot 298,15^3 + \frac{\Delta c'}{298,15}$$

ЗАДАЧА 2. Визначте зміну ентропії при змішуванні V_A м³ газу А (таблиця 2) за температури T_A і V_B м³ газу В за температури T_B . Процес відбувається за $V = \text{const}$. Прийняти, що вказані речовини підкоряються законам ідеальних газів, початковий тиск дорівнює $1,013 \cdot 10^5$ Па, кінцевий тиск суміші P .

Таблиця 2

№ п/п	Газ А	$V_A, \text{м}^3$	$T_A, \text{К}$	Газ В	$V_B, \text{м}^3$	$T_B, \text{К}$	$P, \text{Па}$
1.	H ₂	1	303	N ₂	2	290	101 325
2.	H ₂ O	5	388	O ₂	6	310	101 325
3.	He	7	275	CO ₂	8	290	131 722
4.	He	1	277	H ₂	5	303	303 975
5.	CH ₄	7	268	C ₂ H ₂	9	288	172 252

№ п/п	Газ А	V _А , м ³	T _А , К	Газ В	V _В , м ³	T _В , К	P, Па
6.	CH ₄	2	298	Ne	3	283	303 975
7.	CO	3,3	268	C ₂ H ₆	4	300	70 927
8.	CO ₂	6	280	N ₂	7	310	141 855
9.	CO ₂	7	258	CO	9	278	40 530
10.	CO ₂	2	303	CH ₄	4	289	810 060
11.	C ₂ H ₆	3	268	Xe	6	296	206 450
12.	C ₂ H ₆	8	313	CH ₄	9	289	151 987
13.	N ₂	7	280	Cl ₂	9	299	192 517
14.	N ₂	4	293	H ₂ O	7	383	101 325
15.	O ₂	6	333	N ₂	8	297	506 625
16.	O ₂	1	333	H ₂	4	290	101 325
17.	O ₂	1	303	Ar	3	298	101 325
18.	F ₂	4	281	Cl ₂	5	292	182 385
19.	Ne	1	278	N ₂	8	296	50 662
20.	Cl ₂	5	243	N ₂	7	278	50 662
21.	Cl ₂	1	308	Ar	7	292	253 312
22.	Ar	1	276	He	6	291	151 987
23.	Kr	2	276	CO ₂	6	288	121 590
24.	Kr	2	278	CO	7	308	40 530
25.	Xe	3	263	F ₂	6	286	172 252

ЗАДАЧА 3. Визначте константу рівноваги K_p реакції А (таблиця 3) для заданої температури T . Для розрахунків скористайтесь методом Тьомкіна – Шварцмана.

Таблиця 3

№ п/п	Реакція А	T, К
1.	$\text{Ca(OH)}_2 = \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{пара})}$	800
2.	$\text{C}_3\text{H}_8 \text{ (пропан)} = \text{C}_3\text{H}_6 \text{ (пропен)} + \text{H}_2$	400
3.	$\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$	500
4.	$\text{CH}_4 + \text{CO}_2 = \text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2$	400
5.	$2\text{H}_2 + \text{CO}_2 = \text{HCHO} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{пара})}$	500
6.	$\text{H}_2 + \text{CO}_2 = \text{HCOOH}$	400
7.	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{пара})} + \text{CO} = \text{HCOOH}$	400
8.	$3\text{H}_2 + \text{CO}_2 = \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{пара})}$	500
9.	$\text{C}_2\text{H}_6 \text{ (етан)} + \text{CO} = \text{CH}_3\text{COCH}_3 \text{ (пропанон, газ)}$	400
10.	$\text{C}_2\text{H}_4 \text{ (етен)} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{пара})} = \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	400

№ п/п	Реакція А	T, К
11.	$\text{Mg}(\text{OH})_2 = \text{MgO} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{пара})}$	400
12.	$\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 = \text{SO}_2\text{Cl}_2_{(\text{газ})}$	500
13.	$\text{CO} + \text{Cl}_2 = \text{COCl}_2$	600
14.	$\text{SiO}_2_{(\text{кварц-}\alpha)} + 4\text{HF} = \text{SiF}_4_{(\text{газ})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{пара})}$	900
15.	$\text{C}_2\text{H}_6_{(\text{етан})} = \text{C}_2\text{H}_4_{(\text{етен})} + \text{H}_2$	800
16.	$\text{C}_3\text{H}_8_{(\text{пропан})} = \text{C}_3\text{H}_6_{(\text{пропен})} + \text{H}_2$	700
17.	$\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 = \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{пара})}$	500
18.	$\text{CH}_4 + \text{CO}_2 = 2\text{CO} + 2\text{H}_2$	700
19.	$\text{C}_6\text{H}_6_{(\text{r})} + 3\text{H}_2 = \text{C}_6\text{H}_{12}(\text{r})$	400
20.	$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$	500
21.	$\text{CO} + 2\text{H}_2 = \text{CH}_3\text{OH}_{(\text{r})}$	600
22.	$\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$	900
23.	$\text{NH}_4\text{Cl} = \text{NH}_3_{(\text{r})} + \text{HCl}$	500
24.	$\text{Mg}(\text{OH})_2_{(\text{кр})} = \text{MgO}_{(\text{кр})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{пара})}$	500
25.	$\text{S}_{(\text{ромбічна})} + 2\text{CO}_2 = \text{SO}_2 + 2\text{CO}$	700

Формули для розв'язування Задачі 3

$$\Delta G_T^0 = \Delta H_{r,298,15}^0 - T \cdot \Delta S_{r,298,15}^0 - T \cdot \text{const}$$

$$\Delta H_{r,298,15}^0 = \sum (v_i \Delta H_{f,298,15}^0)_{\text{прод}} - \sum (v_i \Delta H_{f,298,15}^0)_{\text{вих. реч.}}$$

$$\Delta S_{r,298,15}^0 = \sum (v_i S_{298,15}^0)_{\text{прод}} - \sum (v_i S_{298,15}^0)_{\text{вих. реч.}}$$

$$\text{const} = \Delta a \cdot M_o + \Delta b \cdot M_1 + \Delta c \cdot M_2 + \Delta c' \cdot M_{-2}$$

$$\Delta a(\Delta a, \Delta b, \Delta c, \Delta c') = \sum (v_i \Delta a)_{\text{прод}} - \sum (v_i \Delta a)_{\text{вих. реч.}}$$

$$\Delta b = \sum (v_i \Delta b)_{\text{прод}} - \sum (v_i \Delta b)_{\text{вих. реч.}}$$

$$\Delta c = \sum (v_i \Delta c)_{\text{прод}} - \sum (v_i \Delta c)_{\text{вих. реч.}}$$

$$\Delta c' = \sum (v_i \Delta c')_{\text{прод}} - \sum (v_i \Delta c')_{\text{вих. реч.}}$$

$$\Delta G_T^0 = -RT \ln K^0$$

$$\ln K^0 = -(\Delta G_T^0 / RT) = \text{const}'$$

$$K^0 = \exp(\text{const}') = e^{\text{const}'} = 2,7182^{\text{const}'}$$

ЗАДАЧА 4. Газоподібні речовини А і В (таблиця 4) реагують з утворенням газоподібного продукту С:

- 1) виразіть K_p і K_c через рівноважну кількість речовини В, що дорівнює x моль, якщо вихідні речовини А і В взяті в стехіометричних кількостях при загальному тиску рівноважної системи P і температурі T , К;
- 2) розрахуйте K_p і K_c за температури 300 К, якщо $P = 7,5 \cdot 10^4$ Па, $x = 0,45$ моль;
- 3) знайдіть рівноважну кількість речовини В при тиску в рівноважній системі $3 \cdot 10^4$ Па і температурі 300 К;
- 4) розрахуйте ступінь перетворення речовин А і В за температури 300 К.

Таблиця 4

№ п/п	Реакція А
1.	$3A + B = 2C$
2.	$\frac{1}{2}A + B = C$
3.	$A + B = \frac{1}{2}C$
4.	$2A + 3B = C$
5.	$2A + \frac{1}{2}B = 2C$
6.	$3A + \frac{1}{2}B = C$
7.	$A + 2B = C$
8.	$A + B = 3C$
9.	$\frac{1}{2}A + B = 2C$
10.	$\frac{1}{2}A + B = 3C$
11.	$2A + \frac{1}{2}B = 3C$
12.	$2A + 3B = 2C$
13.	$3A + \frac{1}{2}B = 3C$
14.	$3A + \frac{1}{2}B = 2C$

№ п/п	Реакція А
15.	$\frac{1}{2} A + \frac{1}{2} B = 3 C$
16.	$\frac{1}{2} A + \frac{1}{2} B = 2 C$
17.	$A + 3 B = 3 C$
18.	$4 A + 3 B = C$
19.	$A + 2 B = 2 C$
20.	$A + 2 B = 2 C$
21.	$A + B = 2 C$
22.	$2A + 2B = C$
23.	$2A + 2B = 3C$
24.	$3A + 3B = 2C$
25.	$\frac{1}{2}A + B = \frac{1}{2}C$
26.	$\frac{1}{2}A + 2 B = 3/2 C$

ЗАДАЧА 5. Залежність константи рівноваги реакції (таблиця 5) від температури виражається таким рівнянням $\ln K_p = \frac{a}{T} + b \cdot \ln T + cT + d$; коефіцієнти a, b, c, d наведені в таблиці 6, тиск виражений в Па.

- 1) Визначте константу рівноваги реакції при T, K ;
- 2) побудуйте графік $\ln K = f(T^{-1})$ інтервалі температур від $(T - 100)$ до $(T + 100) K$;
- 3) вкажіть, як зміниться константа рівноваги при підвищенні температури;
- 4) знайдіть тепловий ефект реакції ΔH за температури T, K ;
- 5) порівняйте тепловий ефект, обчислений у п. 4, з тепловим ефектом, обчисленим за законом Кірхгофа при температурі T, K ;
- 6) знайдіть стандартну спорідненість реагуючих речовин при температурі T, K згідно з першим наближенням Уліха.

Таблиця 5

№ п/п	Реакція	K
1.	$2H_2 + CO \Leftrightarrow CH_3OH$	$K_p = \frac{p_{CH_3OH}}{p_{H_2}^2 \cdot p_{CO}}$
2.	$4HCl + O_2 \Leftrightarrow 2H_2O + 2Cl_2$	$K_p = \frac{p_{H_2O}^2 \cdot p_{Cl_2}^2}{p_{HCl}^4 \cdot p_{O_2}}$
3.	$\beta-NH_4Cl \Leftrightarrow NH_3 + HCl$	$K_p = p_{NH_3} \cdot p_{HCl}$

№ п/п	Реакція	K
4.	$2N_2 + 6H_2O \Leftrightarrow 4NH_3 + 3O_2$	$K_p = \frac{p_{NH_3}^4 \cdot p_{O_2}^3}{p_{N_2}^2 \cdot p_{H_2O}^6}$
5.	$4NO + 6N_2O \Leftrightarrow 4NH_3 + 5O_2$	$K_p = \frac{p_{NH_3}^4 \cdot p_{O_2}^3}{p_{NO}^4 \cdot p_{N_2O}^6}$
6.	$2NO_2 \Leftrightarrow 2NO + O_2$	$K_p = \frac{p_{NO}^2 \cdot p_{O_2}}{p_{NO_2}^2}$
7.	$N_2O_4 \Leftrightarrow 2NO_2$	$K_p = \frac{p_{NO_2}^2}{p_{N_2O_4}}$
8.	$Mg(OH)_2 \Leftrightarrow MgO + H_2O$	$K_p = p_{H_2O}$
9.	$CaCO_3 \Leftrightarrow CaO + CO_2$	$K_p = p_{CO_2}$
10.	$Ca(OH)_2 \Leftrightarrow CaO + H_2O$	$K_p = p_{H_2O}$
11.	$S_2 + 4H_2O \Leftrightarrow 2SO_2 + 4H_2$	$K_p = \frac{p_{SO_2}^2 \cdot p_{H_2}^4}{p_{S_2} \cdot p_{H_2O}^4}$
12.	$S_2 + 4CO_2 \Leftrightarrow 2SO_2 + 4CO$	$K_p = \frac{p_{SO_2}^2 \cdot p_{CO}^4}{p_{S_2} \cdot p_{CO_2}^4}$
13.	$2SO_2 + O_2 \Leftrightarrow 2SO_3$	$K_p = \frac{p_{SO_3}^2}{p_{SO_2}^2 \cdot p_{O_2}}$
14.	$SO_2 + Cl_2 \Leftrightarrow SO_2Cl_2$	$K_p = \frac{p_{SO_2Cl_2}}{p_{SO_2} \cdot p_{Cl_2}}$
15.	$CO + 3H_2 \Leftrightarrow CH_4 + H_2O$	$K_p = \frac{p_{CH_4} \cdot p_{H_2O}}{p_{CO} \cdot p_{H_2}^3}$

Таблиця 6

№ п/п	T, K	a	b	c	d
1.	800	3 724	-9,1298	0,00308	3,401
2.	750	5 750	-2,136	0,000857	-4,710
3.	455	-9,650	1,83	-0,00324	28,239
4.	1300	-66 250	-1,75	0	-10,206
5.	100	-47 500	-1,75	0	-13,706
6.	700	-5 749	1,75	-0,0005	7,809
7.	400	-2 692	1,75	-0,00483	1,944

№ п/п	T, K	a	b	c	d
8.	400	-4 600	0,623	-0,00102	17,776
9.	1000	-9 680	-1,385	0,000219	17,756
10.	500	-5 650	0,67	0,000414	9,616
11.	1000	-13 810	-0,877	0,00267	8,386
12.	900	-2 300	4,34	-0,00162	2,567
13.	700	10 373	1,222	0	-18,806
14.	400	2 250	-1,75	0,000455	-7,206
15.	1000	9 874	-7,14	0,00188	-1,371

ЗАДАЧА 6. Для конкретної реакції (таблиця 7) методом приведених енергій Гіббса обчисліть:

- 1) стандартну хімічну спорідненість, стандартну константу хімічної рівноваги та константу хімічної рівноваги, виражену у $\text{атм}^{\Delta\nu}$ і $\text{Па}^{\Delta\nu}$ за T, K ;
- 2) рівноважні тиски речовин та ступінь перетворення вихідних речовин за загального тиску $1,0133 \cdot 10^5 \text{ Па}$ (1 атм) і T, K , якщо газоподібні речовини А і В введені в реакційний посуд у стехіометричних кількостях;
- 3) зміну енергії Гіббса для початкового моменту реакції, якщо вихідні парціальні тиски газів у реакційній суміші дорівнюють P_A, P_B, P_C, P_D .

Таблиця 7

№ п/п	Реакція	А	В	С	D	$P \cdot 10^4, \text{ Па}$				T, K
						A	B	C	D	
1.	$\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}$	H_2	O_2	-	H_2O	7	6	-	3	1000
2.	$\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}$	H_2	O_2	-	H_2O	2	1	-	2	700
3.	$\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{HCl}$	H_2	Cl_2	-	HCl	4	3	-	1,5	900
4.	$2\text{HCl} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$	HCl	O_2	Cl_2	H_2O	4	3	1,5	1,5	1000
5.	$2\text{HCl} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$	HCl	O_2	Cl_2	H_2O	1	4	2	1	700

№ п/п	Реакція	А	В	С	D	P·10 ⁻⁴ , Па				T, К
						А	В	С	D	
6.	$\frac{1}{2}\text{N}_2 + 3/2\text{H}_2$ $\Leftrightarrow \text{NH}_3$	N ₂	H ₂	–	NH ₃	10	15	–	10	600
7.	$\frac{1}{2}\text{N}_2 + 3/2\text{H}_2$ $\Leftrightarrow \text{NH}_3$	N ₂	H ₂	–	NH ₃	20	20	–	10	800
8.	$\frac{1}{2}\text{N}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2$ $\Leftrightarrow \text{NO}$	N ₂	O ₂	–	NO	2	1	–	0,3	1000
9.	$\text{N}_2 + \text{O}_2$ $\Leftrightarrow 2\text{NO}$	N ₂	O ₂	–	NO	4	1	–	1	1000
10.	$\text{NO}_2 \Leftrightarrow \text{NO}$ $+ \frac{1}{2}\text{O}_2$	NO ₂	–	NO	O ₂	6	–	2	3	500
11.	$\text{NO}_2 \Leftrightarrow \text{NO}$ $+ \frac{1}{2}\text{O}_2$	NO ₂	–	NO	O ₂	3	–	3	3	600
12.	$\text{NO} + \frac{1}{2}\text{O}_2$ $\Leftrightarrow \text{NO}_2$	NO	O ₂	–	NO ₂	5	8	–	2	500
13.	$\text{NO} + \frac{1}{2}\text{O}_2$ $\Leftrightarrow \text{NO}_2$	NO	O ₂	–	NO ₂	2	4	–	6	600
14.	$\text{SO}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2$ $\Leftrightarrow \text{SO}_3$	SO ₂	O ₂	–	SO ₃	3	1	–	1,5	900
15.	$\text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ $\Leftrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$	CO	H ₂ O	CO ₂	H ₂	5	2	0,7	1,6	1000
16.	$\text{CO} + \text{Cl}_2$ $\Leftrightarrow \text{COCl}_2$	CO	Cl ₂	–	COCl ₂	2	3	–	0,5	900
17.	$\text{CO} + 2\text{H}_2$ $\Leftrightarrow \text{CH}_3\text{OH}$	CO	H ₂	–	$\begin{matrix} \text{CH}_3\text{O} \\ \text{H} \end{matrix}$	4	3	–	1,6	600
18.	$\text{CO} + \frac{1}{2}\text{O}_2$ $\Leftrightarrow \text{CO}_2$	CO	O ₂	–	CO ₂	4	6	–	3	1000
19.	$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$ $\Leftrightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$	CH ₄	H ₂ O	CO	H ₂	2	3	0,8	0,7	500
20.	$3\text{C}_2\text{H}_4 \Leftrightarrow$ $\text{C}_6\text{H}_6 + 3\text{H}_2$	C ₂ H ₄	–	C ₆ H ₆	H ₂	2	–	0,7	3	700
21.	$\text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2$ $\Leftrightarrow \text{C}_2\text{H}_6$	C ₂ H ₄	H ₂	–	C ₂ H ₆	7	8	–	3	800
22.	$\text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O}$ $\Leftrightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	C ₂ H ₄	H ₂ O	–	$\begin{matrix} \text{C}_2\text{H}_5\text{O} \\ \text{H} \end{matrix}$	3	2	–	1,2	500

№ п/п	Реакція	А	В	С	D	P·10 ⁻⁴ , Па				T, K
						A	B	C	D	
23.	CO + Cl ₂ ⇌ COCl ₂	CO	Cl ₂	–	COCl ₂	3	6	–	2	500
24.	C ₆ H ₆ + 3H ₂ ⇌ C ₆ H ₁₂	C ₆ H ₆	H ₂	–	C ₆ H ₁₂	6	4	–	2	600
25.	CO + ½ S ₂ ⇌ COS	CO	S ₂	–	COS	5	4	–	6	1000

ЗАДАЧА 7. На основі довідникових даних обчисліть константу рівноваги K_p реакції (таблиця 8) в (атм)^{Δv} та (Па)^{Δv} за температури T , K:

- 1) методом приведених енергій Гіббса;
- 2) за методом Гьомкіна – Шварцмана;
- 3) за другим наближенням Уліха;
- 4) за першим наближенням Уліха.
- 5) Порівняйте отримані результати.

Таблиця 8

№ п/п	Реакція	T, K
1.	H ₂ + F ₂ = 2HF	600
2.	H ₂ + Cl ₂ = 2HCl	800
3.	H ₂ + Br ₂ = 2HBr	800
4.	H ₂ + I ₂ = 2HI	1000
5.	H ₂ + ½O ₂ = H ₂ O	1000
6.	CO + ½O ₂ = CO ₂	1000
7.	CO + Cl ₂ = COCl ₂	800
8.	C _(тр) + S ₂ = CS ₂	1000
9.	N ₂ + O ₂ = 2NO	500
10.	NO ₂ = NO + ½O ₂	800
11.	N ₂ + 3H ₂ = 2NH ₃	1000
12.	S ₂ + 2O ₂ = 2SO ₂	800
13.	SO ₂ + ½O ₂ = SO ₃	1000
14.	H ₂ + ½S = H ₂ S	500
15.	HCHO + H ₂ = CH ₃ OH	1000
16.	C _(тр) + 2H ₂ = CH ₄	1000
17.	C ₂ H ₂ + H ₂ = C ₂ H ₄	500

№ п/п	Реакція	T, К
18.	$C_3H_6 + H_2 = C_3H_8$	800
19.	C_4H_8 (1-бутен) + $H_2 = C_4H_{10}$ (бутан)	1000
20.	$C_2H_2 + 2H_2 = C_2H_6$	1000
21.	$C_6H_6 + 3H_2 = C_6H_{12}$	500
22.	$CO + 2H_2 = CH_3COH$	800
23.	$CO + Cl_2 = COCl_2$	500
24.	$CHCl_3 + Cl_2 = CCl_4 + HCl$	1000
25.	$CH_3Cl + Cl_2 = CHCl_3 + 2HCl$	800

ЗАДАЧА 8. Розрахуйте теплоту, що виділяється чи поглинається при розведенні a кг водного $b\%$ -го розчину речовини A (таблиця 9) в c кг води за 298,15 К. Для розрахунку скористайтесь довідниковими даними про інтегральні теплоти розчинення.

Таблиця 9

№ п/п	A	a	b	c	№ п/п	A	a	b	c
1.	HCl	1	26	2	14.	KOH	4	45	3
2.	HCl	2	38	3	15.	KOH	5	40	1
3.	HCl	3	30	4	16.	KOH	1	35	1
4.	H ₂ SO ₄	3	80	1	17.	HNO ₃	2	50	4
5.	H ₂ SO ₄	5	80	2	18.	HNO ₃	3	40	5
6.	H ₂ SO ₄	1	70	3	19.	NH ₃	4	30	3
7.	H ₂ SO ₄	2	60	3	20.	LiCl	5	30	3
8.	HCl	3	34	1	21.	LiBr	1	45	2
9.	NaOH	4	30	1	22.	NaBr	2	40	6
10.	NaOH	5	25	2	23.	KI	3	50	6
11.	NaOH	1	40	1	24.	NaCl	4	26	10
12.	NaOH	2	35	4	25.	NaI	5	30	10
13.	KOH	3	50	2	26.	KBr	1	10	4

ЗАДАЧА 9. Речовину A масою g (таблиця 10) помістили у закриту посудину місткістю V м³. За температури T , К частина кристалізаційної води виділяється в газову фазу і в посудині встановлюється тиск P (Па).

1) Визначте масу води, зв'язаної з речовиною A ;

- 2) розрахуйте масу кристалогідрату і безводної солі в рівноважному стані системи;
- 3) розрахуйте K_p , K_c , ΔG° і ΔF° реакції за цієї температури.

Таблиця 10

№ п/п	g, г	A	V, м ³	T, К	P, Па
1.	47	LiBr·2H ₂ O	6	310	133,3
2.	659	LiI·H ₂ O	7	405	866,5
3.	68	Na ₂ HPO ₄ ·12 H ₂ O	5	273	354,6
4.	258	Na ₂ HPO ₄ ·12 H ₂ O	6	288	1190,4
5.	57	NaCOOCH ₃ ·3 H ₂ O	3	298	851,8
6.	128	Na ₂ CO ₃ ·10 H ₂ O	7	273	358,6
7.	19	NaCOOCH ₂ ·3 H ₂ O	6	275	120,0
8.	890	Na ₂ CO ₃ ·10 H ₂ O	8	298	2399,4
9.	500	Na ₂ CO ₃ ·10 H ₂ O	9	288	1161,0
10.	210	NaCOOCH ₃ ·3 H ₂ O	4	313	2492,7
11.	612	Na ₂ HPO ₄ ·12 H ₂ O	7	298	2538,0
12.	35	Na ₂ SO ₄ ·10 H ₂ O	8	275	373,2
13.	254	Na ₂ SO ₄ ·10 H ₂ O	9	293	1767,6
14.	418	Na ₂ SO ₄ ·7 H ₂ O	4	297	2439,4
15.	856	MgCl ₂ ·6 H ₂ O	10	343	1999,5
16.	162	FeSO ₄ ·7 H ₂ O	4	298	1940,8
17.	3010	CoSO ₄ ·7 H ₂ O	10	298	2210,4
18.	622	CoCl ₂ ·6 H ₂ O	8	313	2826,0
19.	1495	NiCl ₂ ·6 H ₂ O	9	309	2999,3
20.	416	CuSO ₄ ·5 H ₂ O	3	298	1037,1
21.	1174	ZnSO ₄ ·7 H ₂ O	8	303	2852,6
22.	183	SnCl ₂ ·6 H ₂ O	5	298	1135,7
23.	208	BaCl ₂ ·2 H ₂ O	4	288	377,2
24.	257	BaCl ₂ ·2 H ₂ O	3	298	733,2
25.	1190	BaCl ₂ ·2 H ₂ O	5	313	2103,5

ЗАДАЧА 10. Є розчин речовин А і В з масовою часткою ω % (таблиця 11). Густина цього розчину за температури Т (К) дорівнює ρ . Використовуючи ці дані визначте:

- 1) молярну концентрацію розчину;
- 2) моляльну концентрацію;

- 3) розрахуйте молярну частку речовини А у відсотках;
 4) визначте кількість моль розчинника, що припадає на 1 моль розчиненої речовини.

Таблиця 11

№ п/п	ω , %	Речовина		Т, К	ρ , г/л
		А	В		
1.	97	CBr_3CHO	H_2O	323	2628
2.	94	CBr_3CHO	H_2O	313	2566
3.	91	CBr_3CHO	H_2O	313	2485
4.	87	CBr_3CHO	H_2O	313	2340
5.	80	CBr_3CHO	H_2O	313	2106
6.	73	CBr_3CHO	H_2O	313	1938
7.	63	CBr_3CHO	H_2O	313	1725
8.	45	CBr_3CHO	H_2O	313	1476
9.	72	$\text{C}_6\text{H}_5(\text{SO}_3\text{H})$	H_2O	298	1281
10.	66	$\text{C}_6\text{H}_5(\text{SO}_3\text{H})$	H_2O	298	1256
11.	61	$\text{C}_6\text{H}_5(\text{SO}_3\text{H})$	H_2O	298	1235
12.	80	$\text{C}_6\text{H}_3(\text{OH})_3$	H_2O	293	1208
13.	62	$(\text{CH}_2)_4\text{O}_2$	H_2O	293	1041
14.	57	C_{10}H_8	$\text{CH}_3\text{COOCH}_3$	293	992
15.	50	C_{10}H_8	$\text{CH}_3\text{COOCH}_3$	293	968
16.	43	C_{10}H_8	$\text{CH}_3\text{COOCH}_3$	293	945
17.	37	C_{10}H_8	$\text{CH}_3\text{COOCH}_3$	293	921
18.	30	C_{10}H_8	$\text{CH}_3\text{COOCH}_3$	293	900
19.	28	C_{10}H_8	$\text{CH}_3\text{COOCH}_3$	293	875
20.	17	C_{10}H_8	$\text{CH}_3\text{COOCH}_3$	293	850
21.	12	C_{10}H_8	$\text{CH}_3\text{COOCH}_3$	293	835
22.	80	C_6H_{14}	$\text{CH}_3\text{COOCH}_3$	293	765
23.	60	C_6H_{14}	$\text{CH}_3\text{COOCH}_3$	293	741
24.	40	C_6H_{14}	$\text{CH}_3\text{COOCH}_3$	293	719
25.	20	C_6H_{14}	$\text{CH}_3\text{COOCH}_3$	293	692

ЗАДАЧА 11. За температури Т (К) тиск пари розчину концентрації ω (%) невідомої нелеткої речовини (таблиці 12 і 13) в рідкому розчиннику дорівнює P_1 (Па); густина цього розчину d , тиск пари розчинника над чистим рідким розчинником P_1° (Па),

експериментальні кріоскопічна та ебуліоскопічна сталі відповідно K_K і K_E . Обчисліть:

- 1) мольну частку розчинника;
- 2) мольну частку розчиненої речовини;
- 3) молекулярну масу розчиненої речовини;
- 4) молярну концентрації розчину;
- 5) молярну концентрації розчину;
- 6) осмотичний тиск розчину;
- 7) визначте підвищення температури кипіння розчину;
- 8) визначте зменшення температури замерзання розчину;
- 9) теоретичну кріоскопічну сталу, виходячи з теплот і температур плавлення;
- 10) порівняйте теоретичну і експериментальну кріоскопічні сталі.

Таблиця 12

№ п/п	Речовина	ω , %	M_1 , г/моль	P_1 , Па	P_1° , Па	T, К
1.	H ₂ O	0,5	18	1 598	1600	288,2
2.	HCN	8	27	38 714	40290	278
3.	CO	5	28	31 740	31992	69
4.	NO	8,5	30	33 841	34738	114
5.	N ₂ H ₄	5	32	16 106	16396	306,7
6.	H ₂ S	9	34	55 000	55986	207
7.	CO ₂	8	44	650000	672824	223
8.	HCOOH	7	46	2 375	2626	283,2
9.	C ₂ N ₂	5	52	91 912	96942	252,5
10.	Cr	4,5	52	776	800	2180
11.	C ₆ H ₆	3	78	5 807	6050	283,2
12.	HBr	6	81	41 431	41987	194
13.	C ₆ H ₁₂	2,5	84	5962	6198,6	283
14.	C ₆ H ₅ COOH	5	122	1024	1133	403,7
15.	HI	4	128	59030	66650	226,7
16.	C ₁₀ H ₈	5	128	1290	1399	358
17.	C ₁₀ H ₁₆ O	3	152	49452	49987	453
18.	CCl ₄	5	154	1222	1319	253
19.	C ₁₄ H ₁₀	4,4	178	9757	13300	523
20.	I ₂	5	254	16270	16929	397,2

Таблиця 13

№ п/п	Речовина	d, кг/м ³	K _к	K _е	$\Delta H_{пл}$, Дж/моль	T _{пл} , К
1.	H ₂ O	1000	1,86	0,52	6009	273,2
2.	H ₂ CN	750	1,99	0,66	8410	259,9
3.	CO	850	1,11	0,23	838	63,2
4.	NO	1300	1,3	0,27	2300	109,5
5.	N ₂ H ₄	850	1,8	0,79	3180	131,2
6.	H ₂ S	985	3,83	0,63	2380	187,6
7.	CO ₂	1500	2,05	0,55	8370	216,6
8.	HCOOH	1210	2,06	1,49	12720	262,0
9.	C ₂ N ₂	2900	3,04	1,18	8110	238,8
10.	Cr	6800	96,3	11,2	21000	2163
11.	C ₆ H ₆	850	5,08	2,57	9950	283
12.	HBr	1610	9,41	1,5	2410	206,4
13.	C ₆ H ₁₂	790	20,2	2,75	2630	279,7
14.	C ₆ H ₅ COOH	1100	8,79	4,3	18000	395,6
15.	HI	2880	20,3	3,04	2870	222,4
16.	C ₁₀ H ₈	985	6,9	5,8	18800	353,5
17.	C ₁₀ H ₁₆ O	986	39,8	6,09	34450	451,7
18.	CCl ₄	1640	29,8	5,3	2524	250,2
19.	C ₁₄ H ₁₀	950	11,7	3,5	28860	489,8
20.	I ₂	3900	20,4	10,5	15770	386,8

ЗАДАЧА 12. У таблиці 14 приведені експериментальні дані по адсорбції речовини В на TiO₂ (рутил). Розрахуйте сталі величини у рівнянні BET і питому поверхню адсорбента (м²/кг).

Таблиця 14

№ п/п	Речовина В	T, К	S ₀ , м ²	p/p _s	A, моль/кг
1.	бензол	293	49□10 ⁻²⁰	0,10	1,15
				0,15	1,37
				0,20	1,55
				0,25	1,71
				0,30	1,86
				0,35	1,99
2.	азот	77	16,2□10 ⁻²⁰	0,04	2,20

№ п/п	Речовина В	T, К	S ₀ , м ²	p/p _s	A, моль/кг
				0,09	2,62
				0,16	2,94
				0,20	3,11
				0,30	3,58
3.	азот	77	16,2□10 ⁻²⁰	0,029	2,16
				0,05	2,39
				0,11	2,86
				0,14	3,02
				0,20	3,33
4.	азот	77	16,2□10 ⁻²⁰	0,02	1,86
				0,04	2,31
				0,08	2,72
				0,14	3,07
				0,16	3,15
				0,18	3,23
5.	азот	77	16,2□10 ⁻²⁰	0,05	0,70
				0,10	1,00
				0,15	1,17
				0,20	1,32
				0,25	1,45
				0,30	1,55
6.	азот	77	16,2□10 ⁻²⁰	0,029	0,48
				0,05	0,54
				0,11	0,64
				0,14	0,68
				0,18	0,72
				0,20	0,75
7.	бензол	293	49□10 ⁻²⁰	0,05	0,36
				0,10	0,51
				0,15	0,60
				0,20	0,68
				0,30	0,82
				0,40	0,98
8.	бензол	293	49□10 ⁻²⁰	0,06	0,40
				0,12	0,55
				0,20	0,68
				0,30	0,83

№ п/п	Речовина В	T, К	S ₀ , м ²	p/p _s	A, моль/кг
				0,40	0,98
				0,50	1,20
9.	бензол	293	49□10 ⁻²⁰	0,13	0,62
				0,22	0,78
				0,32	0,91
				0,44	1,14
				0,55	1,39
				0,67	1,90
10.	бензол	293	49□10 ⁻²⁰	0,06	0,26
				0,10	0,35
				0,15	0,43
				0,20	0,50
				0,25	0,56
				0,30	0,63
11.	бензол	293	49□10 ⁻²⁰	0,05	0,18
				0,10	0,26
				0,15	0,33
				0,20	0,37
				0,25	0,42
				0,30	0,46
12.	бензол	293	49□10 ⁻²⁰	0,05	0,86
				0,10	1,20
				0,15	1,40
				0,20	1,60
				0,25	1,80
				0,30	1,90
13.	азот	77	16,2□10 ⁻²⁰	0,05	2,86
				0,11	3,41
				0,19	3,82
				0,24	4,04
				0,36	4,65
14.	азот	77	16,2□10 ⁻²⁰	0,03	2,81
				0,06	3,11
				0,13	3,76
				0,17	3,93
				0,24	4,33
15.	азот	77	16,2□10 ⁻²⁰	0,02	2,42

№ п/п	Речовина В	T, К	S ₀ , м ²	p/p _s	A, моль/кг
				0,05	3,00
				0,10	3,54
				0,17	3,99
				0,19	4,10
				0,22	4,20
16.	азот	77	16,2□10 ⁻²⁰	0,06	0,91
				0,12	1,30
				0,18	1,52
				0,24	1,72
				0,30	1,89
				0,36	2,02
17.	азот	77	16,2□10 ⁻²⁰	0,03	0,62
				0,06	0,70
				0,13	0,83
				0,17	0,88
				0,22	0,94
				0,24	0,98
18.	бензол	293	49□10 ⁻²⁰	0,06	0,47
				0,12	0,66
				0,18	0,78
				0,24	0,85
				0,36	1,07
				0,48	1,27
19.	бензол	293	49□10 ⁻²⁰	0,07	0,52
				0,14	0,72
				0,24	0,88
				0,36	1,03
				0,48	1,27
				0,60	1,56
20.	бензол	293	49□10 ⁻²⁰	0,08	0,81
				0,13	0,97
				0,19	1,21
				0,27	1,39
				0,33	1,60
				0,40	1,88
21.	бензол	293	49□10 ⁻²⁰	0,07	0,34
				0,12	0,46

№ п/п	Речовина В	T, К	S ₀ , м ²	p/p _s	A, моль/кг
				0,18	0,56
				0,24	0,65
				0,30	0,73
				0,36	0,82

ЗАДАЧА 13. Об'єм V речовини, адсорбованого 1 г активованого вугілля при температурі 273 К і різних тисках, наведений у таблиці 15.

- 1) побудуйте ізотерму адсорбції $V = f(p)$ і $p/V = f(p)$;
- 2) опишіть ізотерму адсорбції за допомогою рівняння Ленгмюра $V = V_{\infty} \frac{Kp}{Kp+1}$ (визначте сталі величини V_{∞} та K);
- 3) визначте ступінь заповнення адсорбенту при тиску p_1 ;
- 4) визначте тиск газу p_2 , за якого ступінь заповнення адсорбенту складе 40 %.

Таблиця 15

№ п/п	Адсорбент	Адсорбат	$p_1 \cdot 10^{-4}$, Па	$p \cdot 10^{-3}$, Па	$V \cdot 10^6$, м ³ /г
1.	Вугілля	CO	2,5	2,26	2,03
				4,88	3,68
				8,90	5,38
				12,2	6,35
				16,5	7,26
2.	Вугілля	N ₂	2,0	1,62	0,31
				5,25	0,99
				17,50	3,12
				30,10	5,10
				44,50	7,12
3.	Вугілля	CO ₂	2,0	4,20	12,77
				8,10	20,93
				11,70	26,55
				16,50	32,22
				24,00	38,47
4.	Вугілля	CO	5,0	9,80	2,50
				24,20	5,59
				41,30	8,58
				60,00	11,23
				72,50	12,73

№ п/п	Адсорбент	Адсорбат	$p_1 \cdot 10^{-4}$, Па	$p \cdot 10^{-3}$, Па	$V \cdot 10^6$, м ³ /г
5.	Вугілля	NH ₃	5,0	10,50	61,64
				21,60	89,90
				42,70	114,41
				65,60	126,77
				85,20	132,93
6.	Вугілля	CO	5,0	11,30	2,03
				24,40	3,68
				44,50	5,38
				61,00	6,35
				82,50	7,26
7.	Вугілля	H ₂	2,0	27,60	0,48
				43,40	0,70
				57,60	0,87
				72,10	1,03
				86,10	1,17
8.	Вугілля	N ₂	2,7	1,67	3,45
				8,83	13,85
				20,00	22,79
				34,00	28,85
				52,00	33,21
9.	Вугілля	CH ₄	5,0	25,6	15,2
				36,7	19,1
				47,8	22,3
				60,5	25,3
				77,0	28,4
10.	Вугілля	CO	0,5	4,00	15,65
				5,34	19,31
				9,62	28,02
				16,65	36,76
				19,85	39,47
11.	Вугілля	Ar	3,0	3,22	4,98
				7,25	10,04
				13,15	15,79
				17,25	18,96
				29,52	25,88
12.	Вугілля	C ₂ H ₄	5,0	9,35	36,87

№ п/п	Адсорбент	Адсорбат	$p_1 \cdot 10^{-4}$, Па	$p \cdot 10^{-3}$, Па	$V \cdot 10^6$, м ³ /г
				12,45 22,5 42,6 82,5	41,84 51,10 58,70 63,84
13.	Вугілля	C ₂ H ₄	2,0	2,50 6,27 14,00 29,5 51,5	10,23 21,02 34,25 46,79 54,49
14.	Вугілля	N ₂	2,5	1,70 6,36 21,18 36,42 53,85	0,69 2,29 5,52 7,39 8,73
15.	Вугілля	CO ₂	2,5	6,3 12,2 17,6 24,8 36,00	8,51 13,99 17,73 21,51 25,66
16.	Вугілля	CO	5,5	14,70 36,30 62,00 90,00 108,80	1,67 3,73 5,73 7,50 8,51
17.	Вугілля	NH ₃	5,5	15,8 32,4 64,1 98,4 127,8	41,21 60,05 76,53 84,83 88,98
18.	Вугілля	CO	5,5	17,1 36,6 66,8 91,5 123,8	1,38 2,47 3,60 4,23 4,83
19.	Вугілля	N ₂	3,2	2,5	2,88

№ п/п	Адсорбент	Адсорбат	$p_1 \cdot 10^{-4}$, Па	$p \cdot 10^{-3}$, Па	$V \cdot 10^6$, м ³ /г
				13,2 30,0 51,0 78,0	11,55 19,05 24,12 27,77
20.	Вугілля	CH ₄	5,5	57,6 82,7 107,6 136,2 173,3	10,51 13,35 15,57 17,63 19,72
21.	Вугілля	CO ₂	4,5	38,4 55,1 71,7 90,8 115,5	12,59 15,98 18,65 21,11 23,61
22.	Вугілля	N ₂	2,2	0,65 2,10 7,00 12,04 17,80	0,31 0,99 3,12 5,10 7,12
23.	Вугілля	CO ₂	2,2	1,68 3,24 4,68 6,60 9,60	12,77 20,93 26,55 32,22 38,47
24.	Вугілля	CO	2,5	3,92 9,68 16,52 24,00 29,00	2,50 5,59 8,58 11,23 12,73
25.	Вугілля	NH ₃	3,5	15,75 32,40 64,05 98,40 127,80	61,64 89,90 114,41 126,77 132,93

Рекомендована література

1. Mcquarrie D.A., Simon J.D. Problems and Solutions to Accompany Mcquarrie and Simon, Physical Chemistry: A Molecular Approach. 1st Edition. University Science Books. 1997. 956 p.
2. Atkins P., de Paula J., Keeler J. Atkins' Physical Chemistry. Eleventh edition. Oxford University Press. 2018. 940 p.
3. Kapoor K.L. A Textbook of Physical Chemistry. States of Matter and Ions in Solution. Fifth Edition. New Delhi: McGraw Hill Education (India) Private Limited. 2015. Vol. I. 521 p.
4. Kapoor K.L. A Textbook of Physical Chemistry. Thermodynamics and Chemical Equilibrium. Fifth Edition. New Delhi: McGraw Hill Education (India) Private Limited. 2015. Vol. II. 483 p.
5. Kapoor K.L. A Textbook of Physical Chemistry. Applications of Thermodynamics. Fourth Edition. New Delhi: McGraw Hill Education (India) Private Limited. 2015. Vol. III. 589 p.
6. Kapoor K. L. A Textbook of Physical Chemistry. Dynamics of Chemical Reactions, Statistical Thermodynamics, Macromolecules and Irreversible Processes. Third Edition. New Delhi: McGraw Hill Education (India) Private Limited. Vol. V. 559 p.
7. Ковальчук Є.П., Решетняк О.В. Фізична хімія: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. Львів: ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2008. 800 с.
8. Марчук О.В. Фізична хімія. Збірник задач / О.В. Марчук, О.М. Янчук. Луцьк: РВВ «Вежа», 2006.
9. Янчук О.М., Марчук О.В. Фізична хімія. Термодинаміка. Курс лекцій для студентів факультету хімії, екології та фармації. Видання доповнене і перероблене / Олександр Миколайович Янчук, Олег Васильович Марчук. Луцьк: ПП Іванюк В.П., 2023. – 145 с.
10. Янчук О.М., Марчук О.В. Фізична хімія. Хімічна кінетика та каталіз. Курс лекцій для студентів факультету хімії, екології та фармації. Луцьк: ПП Іванюк В.П., 2023. – 104 с.

Навчально-методичне видання

Марчук Олег Васильович
Янчук Олександр Миколайович

Фізична хімія

**Методичні рекомендації до практикуму з розв'язування задач для
здобувачів освіти спеціальності 102 Хімія (частина 1)**

Друкується в авторській
редакції
Верстка О.В. Марчука

Підписано до друку 19.03.2026. Формат 60x84 1/16
Ум. друк. арк. 4.5 Зам. № 189. Тираж 100
Папір офсетний. Гарнітура Times. Друк офсетний
Друк ПП Іванюк В.П. 43021, м. Луцьк, вул. Винниченка, 63
Свідоцтво Держкомінформу України
ВЛн № 31 від 04.02.2004 р.