



**С.І. Руднева
М.Д. Сахненко
О.П. Некрасов
А.В. Дженюк**



ФІЗИЧНА ХІМІЯ ONLINE

Частина II

Термодинаміка та рівноваги

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

С.І. Руднева, М.Д. Сахненко, О.П. Некрасов, А.В. Дженюк

ФІЗИЧНА ХІМІЯ ON LINE

*Навчальний посібник
для студентів інженерно-хімічних спеціальностей*

Частина II

Термодинаміка та рівноваги

Рекомендовано Вченою радою НТУ «ХПІ»

Харків
НТУ «ХПІ»
2023

УДК 544 (075)

Ф83

Рецензенти:

М. О. Мчедлов-Петросян, д-р хім. наук, проф.,

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Г. С. Хрипунов, д-р фіз-мат. наук, проф., Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

В. Л. Чергинець, д-р хім. наук, проф.,

Інститут сцинтиляційних матеріалів НАН України

*Рекомендовано Вченою радою НТУ «ХПІ» як навчальний посібник
для студентів інженерно-хімічних спеціальностей,
протокол №5 від 01.07.2022 р*

Фізична хімія ONLINE. Ч. II. Термодинаміка та рівноваги.

Ф83 Навчальний посібник для студентів інженерно-хімічних спеціальностей /
С. І. Руднєва, М. Д. Сахненко, О. П. Некрасов, А. В. Дженюк – Харків:
ФОП Панов А.М., 2023. – 308 с.

ISBN 978-617-8113-37-7

ISBN 978-617-8113-34-6 (Серія «Фізична хімія ONLINE»)

У навчальному посібнику висвітлено основні закони, які визначають хімічні та гетерогенні рівноваги в конденсованих і молекулярних системах і дозволяють обґрунтовувати оптимальні умови перебігу реакцій для одержання максимального виходу продуктів. Загальні теоретичні положення супроводжуються практичними прикладами з відповідними розрахунками, що сприяє більш глибокому засвоєнню матеріалу.

Посібник розрахований на студентів хіміко-технологічних спеціальностей вищих навчальних закладів і може бути корисним для аспірантів і викладачів при організації навчального процесу, зокрема в дистанційній формі.

Іл. 8. Бібліогр.: 8 найм.

УДК 544 (075)

ISBN 978-617-8113-37-7

ISBN 978-617-8113-34-6

(Серія «Фізична хімія ONLINE»)

©Руднєва С.І., Сахненко М.Д.,

Некрасов О.П., Дженюк А.В., 2023

©НТУ «ХПІ», 2023

ЧИТАЧЕВІ

Фізична хімія - джерело натхнення
Для науковців і філософів,
Бо пояснює підгрунтя подій сьогодення,
А не тільки технологію морозива!

З давніх давен філософський камінь
Шукало людство на теренах планети,
Та навіть і гадки тоді не мало,
Що втрапить у періодичних законів тенета!

Фізична хімія – основа всіх технологій:
Полімери, фаянс, ХДС* і фотокаталіз...
Тому ми створили цей феєричний опис
І запрошуємо Вас, читачі, приєднатись!

Рівняння Кірхгофа, закони Рауля,
Феєричні формулювання термодинаміки
Відомі всім студеям земної кулі –
Від Ісландії до країн Океанії!

То ж відкрийте для себе фізичних законів красу,
До опису хімічних систем застосованих –
Вони розуміння природи речей принесуть
(І будете в сесію на «відмінно» атестовані!).

ХДС* - хімічні джерела струму.

Зміст

Передмова	5
Розділ 1 Основи хімічної термодинаміки.	6
1.1 Колоквіум «Хімічна термодинаміка»	15
1.2 Контрольна робота «Термодинаміка»	84
1.3 Другий закон термодинаміки. Ентропія.	100
Розділ 2 Хімічні рівноваги	107
2.1 Колоквіум «Хімічна рівновага»	120
2.2 Контрольна робота «Хімічна рівновага»	179
2.3 Індивідуальні розрахункові завдання до розділів «Термодинаміка хімічної реакції» та «Хімічна рівновага»	194
Розділ 3 Гетерогенні рівноваги	199
3.1 Основні поняття теорії гетерогенних рівноваг	200
3.2 Колоквіум «Гетерогенні рівноваги»	219

Передмова

Сьогодення вимагає нових сучасних підходів в організації навчального процесу у зв'язку з бурхливим розвитком ІТ та комп'ютерних технологій.

Традиційний спосіб викладання курсу фізичної хімії завжди поділяв лекційні та лабораторні заняття, однак модернізація навчальних планів, що передбачає збільшення самостійної роботи студентів, використання методів дистанційного навчання потребує нового підходу до навчального процесу. Авторами цього видання розроблені багатоваріантні розрахункові завдання з використанням великої кількості експериментальних даних, що одержані професійними дослідниками, на базі яких студент повинен провести всі необхідні розрахунки, відповісти на всі запитання та проаналізувати отримані результати дистанційно.

Фізична хімія вивчає різні властивості речовин в залежності від їх хімічного складу і зовнішніх умов, а також вплив зовнішніх умов на перебіг хімічних реакцій. Даний посібник призначений для студентів інженерно-хімічних спеціальностей для самостійного вивчення саме цих питань, які розглядаються в розділах «Термодинаміка», «Хімічні рівноваги» та «Гетерогенні рівноваги». Труднощі засвоєння цих великих та складних розділів фізичної хімії обумовлені тим, що студенту важко виділити із запропонованого матеріалу основні напрямки й ті найважливіші питання, засвоєння яких вкрай необхідно.

Засвоєння будь-якого курсу складається із трьох елементів: зрозуміти, запам'ятати й навчитися практично застосовувати свої знання; з них вирішальними є перший й третій; другий же – запам'ятовування – досягається при ретельному вивченні матеріалу. Запам'ятовується тільки те, що ясно та чітко зрозуміло; запам'ятовування закріплюється в процесі оволодіння навичками практичного застосування теорії. Тому набагато важливіше осмислити взаємні зв'язки між явищами, зрозуміти закони, що управляють цими зв'язками, ніж просто зазубрити формулювання або математичні рівняння, які висвітлюють ці закони. Метою даного навчального посібника є сприяти активному вивченню теоретичного матеріалу, для чого в посібник включено велику кількість завдань, які передбачають участь читача в математичних перетвореннях, критичної оцінки отриманих результатів.

РОЗДІЛ I. ОСНОВИ ХІМІЧНОЇ ТЕРМОДИНАМІКИ

Загальні положення.

Хімічна реакція полягає у розриві одних та утворенні інших зв'язків, тому супроводжується виділенням або поглинанням енергії. **Хімічна термодинаміка** вивчає перетворення енергії при хімічних реакціях та встановлює закони цих перетворень. У хімічних процесах здебільшого зміна енергії відбувається як теплоти (Q) чи виконання роботи (A). Об'єктом хімічної термодинаміки є термодинамічна система – речовина чи сукупність речовин, подумки відокремлені від довкілля. Системи бувають гомогенні та гетерогенні. У гомогенних системах немає меж розділу фаз, прикладом гомогенної системи є водний розчин солі. У гетерогенних системах є поверхня розділу фаз, наприклад, гетерогенної системи є суміш піску з водою. Будь-яка гомогенна система є однією суцільною фазою; гетерогенні системи містять щонайменше двох фаз. Змінні величини, що визначають стан системи, називають **параметрами стану**, зокрема температура (T), маса (m), об'єм (V), тиск (p), склад системи. Від параметрів стану залежать інші змінні функції стану, які також визначають стан системи. До них відносяться: внутрішня енергія (U), тепловміст або ентальпія (H), ентропія (S), вільна енергія Гіббса (G) та ін.

Властивість параметра та функції стану.

Зміна будь-якого параметра та будь-якої функції стану залежить тільки від початкового та кінцевого станів системи та не залежить від того, яким способом здійснюється ця зміна. Якщо процеси переходу системи з одного стану в інший відбуваються за сталості будь-яких параметрів системи, то вони називаються: а) ізотермічними ($T = \text{const}$); б) ізобарними ($p = \text{const}$); в) ізохорними ($V = \text{const}$); г) ізобарно-ізотермічними ($p = \text{const}, T = \text{const}$); і т.п.

Внутрішня енергія.

Основною функцією стану будь-якої системи є її внутрішня енергія (U). Внутрішня енергія системи включає цілий ряд різних видів енергії, притаманних усім мікрочастинкам системи, у тому числі

енергію поступального, обертального та коливального руху молекул, енергію зв'язку між молекулами, енергію зв'язку атомів у молекулах, енергію електронів, енергію зв'язку електронів з ядром, енергію зв'язків частинок у ядрі та інші види енергії. Внутрішня енергія – це повна енергія системи за виключенням потенційної енергії, зумовленої станом системи у просторі, та без кінетичної енергії системи як цілого. Абсолютне значення внутрішньої енергії речовин невідоме, оскільки не можна привести систему до стану, позбавленого енергії. Однак можна визначити її зміну ΔU при переході системи з одного стану в інший: $\Delta U = U_2 - U_1$, де U_2 і U_1 – внутрішня енергія системи в кінцевому і початковому станах. Якщо система втрачає енергію $\Delta U < 0$, якщо отримує, то $\Delta U > 0$. Внутрішня енергія, як будь-який вид енергії, є функцією стану, тобто. її зміна однозначно визначається початковим і кінцевим станом системи та не залежить від шляху перебігу процесу. Тепло та робота не є функціями стану, бо вони є формами передачі енергії і пов'язані з процесом, а не зі станом системи.

Перший закон термодинаміки. Ентальпія.

Кількісне співвідношення між зміною внутрішньої енергії, теплою та роботою встановлює перший закон термодинаміки, що є формою вираження закону збереження енергії. Тепло, поглинене системою, витрачається на зміну її внутрішньої енергії і роботу системи над довкіллям:

$$Q = \Delta U + A \quad (1.1).$$

В хімічних реакціях робота пов'язана з розширенням системи проти сил зовнішнього тиску в результаті виділення газу під час хімічної реакції, тобто, $A = p\Delta V$, де p – зовнішній тиск, ΔV – зміна об'єму системи ($\Delta V = V_2 - V_1$). Оскільки більшість хімічних реакцій проводять при постійному тиску, то при ізобарному процесі ($p = \text{const}$) тепло Q_p дорівнюватиме

$$Q_p = \Delta U + p\Delta V; \quad (1.2)$$

$$Q_p = (U_2 - U_1) + p(V_2 - V_1) = (U_2 + pV_2) - (U_1 + pV_1). \quad (1.3)$$

Суму $U + pV$ позначимо через H , тоді $Q_p = H_2 - H_1 = \Delta H$. Сума внутрішньої енергії та добутку об'єму на тиск називається **ентальпією системи** (H). Як видно з останнього рівняння, у разі ізобарного процесу тепловий ефект реакції дорівнює зміні ентальпії системи в ході реакції. Ентальпія, як і внутрішня енергія, є функцією стану системи, її зміна (ΔH) визначається лише початковим та кінцевим станами системи та не залежить від шляху переходу системи з одного стану в інший. Фізичний сенс ентальпії – тепловий вміст (теплота) системи, ΔH – зміна теплоти системи. ΔH вимірюється у кДж/моль. При ізохоричному процесі ($V = \text{const}$) зміни об'єму немає і робота $A = p\Delta V$ дорівнює нулю. Тоді з першого закону термодинаміки випливає $Q_V = \Delta U$. Таким чином, тепловий ефект реакції, що протікає без зміни об'єму системи (Q_V), відповідає зміні внутрішньої енергії системи.

Термохімія.

Оскільки в більшості випадків перебіг хімічної реакції здійснюється при постійному тиску, то теплові ефекти реакцій частіше оцінюють зміною ентальпії. Розділ термодинаміки, який займається вивченням теплових ефектів хімічних реакцій та фазових перетворень, носить назву **термохімія**. Хімічні рівняння, в яких зазначені чисельні значення теплових ефектів, а також агрегатні стани або модифікації вихідних речовин та продуктів реакції, називаються термохімічними. Тепловий ефект (ΔH) наводять зазвичай у правій частині рівняння, відокремлюючи його комою. Прийнято наступні скорочені позначення агрегатного стану речовин: г – газоподібне, ж – рідке, т – тверде, к – кристалічне, р – розчинене. Хімічні реакції, при протіканні яких відбувається зменшення ентальпії системи ($\Delta H < 0$) та теплота виділяється ($Q_p > 0$), називають **екзотермічними**. Реакції, що протікають з підвищенням ентальпії системи ($\Delta H > 0$) та з поглинанням теплоти ($Q_p < 0$) називають **ендотермічними**.

В будь-яких процесах дотримується закон збереження енергії як прояв більш загального закону природи – закону збереження мате-

рії. Якщо прийняти, що додатними є теплота Q , що поглинається системою, і робота A , яку виробляє система, перший закон термодинаміки набуває вигляду:

$$Q = \Delta U + A. \quad (1.4)$$

Под терміном *стан системи* розуміють сукупність таких її властивостей: склад речовин, їх концентрація, температура, об'єм, тиск. При будь-якій зміні будь-якої складової характеристики системи вона переходить в інший стан.

У хімічних системах найчастіше єдиним видом роботи проти зовнішніх сил є робота розширення газу. При таких умовах існують два практичних випадки, коли теплота набуває властивості функції стану.

1. Процес проходить в закритій посудині ($V = \text{const}$), $A = 0$ і

$$Q_V = \Delta U. \quad (1.5)$$

2. Процес проходить у відкритій посудині ($p = \text{const}$), $A = p\Delta V = \Delta vRT$ і

$$Q_p = \Delta H = \Delta U + p\Delta V = \Delta U + \Delta vRT, \quad (1.6)$$

де $H = U + pV$ – ентальпія системи; U і H – екстенсивні величини, тобто їх значення залежать від кількості речовини; Δv – зміна числа молів газів у результаті перебігу реакції, $\Delta v = (\sum v_i)^{\text{прод}} - (\sum v_i)^{\text{вих}}$, де v_i – стехіометричний коефіцієнт у рівнянні хімічної реакції. Q_V і Q_p називають відповідно (при V або $p = \text{const}$) теплотами процесів (плавлення, кристалізації, розчинення, випаровування тощо) або реакцій. Для реакції тепловий ефект – це кількість тепла, що виділяється або поглинається в умовах постійного об'єму або тиску, коли вона проходить необоротно та єдиним видом роботи є робота розширення, а температура вихідних речовин і продуктів реакції має бути однаковою.

Висновки, що впливають з фізичного вмісту рівнянь (1.5) та (1.6), для хімічних реакцій відомі як *закон Гесса*. Тепловий ефект реакції не залежить від шляху реакції, а залежить тільки від початкового та кінцевого станів, тобто від природи вихідних речовин і продуктів реакції.

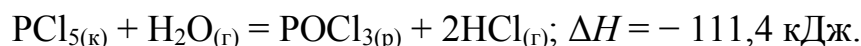
Для розрахунків теплових ефектів хімічних реакцій поширенишим є використання І наслідки із закону Гесса. Цей метод використовують, якщо відомі довідкові дані про теплоту утворення речовин, що беруть участь у реакції. Теплота утворення – тепловий ефект утворення одного моль сполуки з простих речовин. Простою речовиною називається речовина, що складається з атомів одного хімічного елемента (наприклад, H_2). У довідковій літературі наведено теплоти утворення ΔH^0 за стандартними умовами ($p = 1,013 \cdot 10^5$ Па, $T = 298$ К).

Відповідно до наслідку із закону Гесса тепловий ефект реакції, що протікає при постійному тиску, дорівнює різниці між сумами теплот утворення продуктів реакції і вихідних речовин з урахуванням їх стехіометричних коефіцієнтів:

$$\Delta H^0_{298} = \sum(\nu \Delta H^0_{298})_{\text{прод}} - \sum(\nu \Delta H^0_{298})_{\text{вих}} \quad (1.7)$$

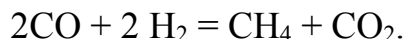
Приклад. При взаємодії кристалів хлориду фосфору (PCl_5) з парами води утворюється рідкий оксихлорид фосфору $POCl_3$ та HCl . Реакція супроводжується виділенням 111,4 кДж теплоти. Написати термохімічне рівняння.

Розв'язання. Якщо теплота в результаті реакції виділяється, то реакція екзотермічна $\Delta H < 0$. Термохімічне рівняння реакції має вигляд:



Для того, щоб можна було порівнювати теплові ефекти різних процесів, термохімічні розрахунки зазвичай відносять до 1 моль речовини. Тепловий ефект утворення 1 моль речовини із простих речовин за стандартних умов називається стандартною ентальпією (теплотою) утворення речовини. Його позначають ΔH^0 або ΔH^0_f . Стандартні ентальпії утворення визначені для кількох тисяч речовин та наведені у довідниках. Слід зазначити, що стандартні ентальпії утворення простих речовин, що перебувають у найбільш стійких алотропних модифікаціях, дорівнюють нулю.

Приклад. Розрахувати тепловий ефект реакції при $T = 298 \text{ K}$ та $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$:



Як зміниться цей тепловий ефект, якщо реакцію проводити у закритій посудині?

Розв'язання. Визначимо тепловий ефект даної реакції при $p = \text{const}$. Згідно з першим наслідком із закону Гесса:

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{хим.р}}^0 &= \Delta H_{\text{CH}_4}^0 + \Delta H_{\text{CO}_2}^0 - 2\Delta H_{\text{CO}}^0 - 2\Delta H_{\text{H}_2}^0 = \\ &= -74,85 - 393,5 - (-2 \cdot 119,53) - (-2 \cdot 0) = -247,3 \text{ кДж / моль.} \end{aligned}$$

Тепловий ефект даної реакції в закритій посудині, тобто при $V = \text{const}$ (ΔU) розраховуємо за рівнянням (1.2):

$$\Delta U = \Delta H + \Delta \nu RT = -247,3 \cdot 10^3 + (-2 \cdot 8,31 \cdot 298) = -62,93 \text{ кДж.}$$

Тут $\Delta \nu = 2 - 4 = -2$ (враховуються тільки речовини в газоподібному стані).

Закон Кірхгоффа. Використовуючи закон Гесса або його наслідок, можна розрахувати тепловий ефект реакції лише при стандартних умовах. Насправді ж часто виникає необхідність розрахунку теплового ефекту реакції при різних температурах. Отже, необхідно вміти розраховувати теплові ефекти за будь-якої заданої температури. При розрахунках теплових ефектів при різних температурах ми зустрічаємося з новою для нас величиною – теплоємністю (C). Під теплоємністю розуміють відношення нескінченно малої кількості теплоти, яке потрібно підвести до одного моль речовини для нескінченно малого збільшення температури, яке при цьому спостерігається.

Розрізняють *мольну теплоємність при постійному тиску* $C_p = \left(\frac{\partial H}{\partial T} \right)_p$ та *мольну теплоємність при постійному об'ємі* $C_v = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_v$. У загальному випадку теплоємність залежить від температури. На практиці залежність теплоємності складних речовин від температури зазвичай заснована на дослідних даних і апроксимується рівняннями вигляду:

$$C_p = a + bT + cT^2 + c' T^{-2}, \quad (1.8)$$

де a, b, c, c' – емпіричні коефіцієнти, індивідуальні для кожного випадку (при розрахунках беруться з довідкових даних); для неорганічних речовин $c = 0$, а для органічних $c' = 0$.

Приклад. Розрахувати теплоємність CO_2 при $T = 400 \text{ K}$. З довідника беремо значення коефіцієнтів для CO_2 : $a = 44,14$; $b \cdot 10^3 = 9,04$; $c' \cdot 10^{-5} = -8,53$.

Розв'язання.

$$C_{p,400} = 44,14 + 9,04 \cdot 10^{-3} \cdot 400 - 8,53 \cdot 10^5 \cdot 400^{-2} = 42,4 \text{ Дж/моль} \cdot \text{K}.$$

Знайдемо залежність теплового ефекту ΔH ізобарного процесу від температури (для ізохорного процесу дана залежність аналогічна; крім того, знаючи ΔH процесу, завжди можна розрахувати ΔU за рівнянням (1.4). Оскільки $\Delta H = H_2 - H_1$, то якщо продиференціювати співвідношення за температурою, отримаємо:

$$(d\Delta H/dT)_p = (dH_2/dT)_p - (dH_1/dT)_p, \quad (1.9)$$

але

$$(dH/dT)_p = C_p, \quad (1.10)$$

тоді

$$d(\Delta H/dT)_p = C_{p,2} - C_{p,1} = \Delta C_p, \quad (1.11)$$

аналогічно

$$(d\Delta U/dT)_V = \Delta C_V, \quad (1.12)$$

де ΔC – зміна теплоємності в результаті процесу.

Отримані рівняння (1.9 та 1.10) є диференціальною формою закону Кірхгоффа: температурний коефіцієнт теплового ефекту хімічного процесу (зміна теплового ефекту реакції при зміні температури на один градус) дорівнює зміні теплоємності системи внаслідок цього процесу.

Аналіз закону Кірхгофф показує: якщо $\Delta C_p > 0$, то похідна додатна, тобто зі зростанням температури тепловий ефект збільшується; якщо в результаті процесу теплоємність зменшилася, $\Delta C_p < 0$, то похідна від'ємна, тепловий ефект процесу зі зростанням температури зменшується.

Інтегруючи рівняння Кірхгоффа (1.10) у межах від T_1 до T_2 , знаходимо

$$\Delta H_{T_2} = \Delta H_{T_1} + \int_{T_1}^{T_2} \Delta C_p dT \quad (1.13)$$

Рівняння (1.11) дозволяє розрахувати тепловий ефект реакції при будь-якій температурі (T_2), якщо відомий тепловий ефект при іншій температурі (T_1) та зміна теплоємності в результаті реакції (ΔC_p).

При розрахунках у невеликому інтервалі температур (близько десятків градусів) можна припустити, що ΔC_p не залежить від температури; тоді рівняння (1.10) набуде вигляду:

$$\Delta H_T^0 = \Delta H_{298}^0 + \Delta C_{p,298} \cdot (T - 298). \quad (1.14)$$

Для більш точних розрахунків урахування залежності теплоємності від температури (рівняння 1.10) призводить до рівняння:

$$\Delta H_T^0 = \Delta H_{298}^0 + \int_{T_1}^{T_2} (\Delta a + \Delta bT + \Delta cT^2 + \Delta c'T^{-2}) \cdot dT, \quad (1.15)$$

де Δa , Δb , тощо – різниця алгебраїчних сум коефіцієнтів у рівняннях теплоємностей для продуктів та компонентів реакції, взятих з урахуванням стехіометричних коефіцієнтів. Так, наприклад, для реакції у загальному вигляді:

$$\Delta c' = (e c'_{c_E} + f c'_{c_F}) - (a c'_{c_A} + b c'_{c_B}) = \sum (n_i c'_i)_{\text{прод}} - \sum (n_i c'_i)_{\text{вих}}.$$

Інтегрування рівняння (1.12) призводить до виразу, який дозволяє розраховувати тепловий ефект реакції при будь-якій температурі:

$$\Delta H_{T_2}^0 = \Delta H_{T_1}^0 + \Delta a \cdot (T_2 - T_1) + \frac{\Delta b}{2} (T_2^2 - T_1^2) + \frac{\Delta c}{3} (T_2^3 - T_1^3) - \Delta c' \cdot \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right). \quad (1.16)$$

Для ΔH_{T_1} доцільно вибирати ΔH_{298} , оскільки цю величину легко розрахувати за допомогою таблиць термодинамічних величин.

Зміна теплоємності при протіканні хімічної реакції розраховується за загальноприйнятою схемою:

$$\Delta c_p = \left(\sum v_i \cdot C_{p,i} \right)_{\text{прод}} - \left(\sum v_i \cdot C_{p,i} \right)_{\text{вих}}, \quad (1.17)$$

де C_p – це різниця між сумами мольних теплоємностей продуктів реакції і вихідних речовин. Теплоємності речовин беруться з коефіцієнтами, що відповідають хімічній реакції.

Щоб вивести рівняння залежності теплового ефекту реакції від температури у загальному вигляді, доцільно розрахувати тепловий ефект при $T = 0$ К, користуючись довідковими даними:

$$\Delta H_0 = \Delta H_{298} - \Delta a \cdot 298 - \frac{1}{2} \Delta b \cdot 10^{-3} \cdot 298^2 - \frac{1}{3} \Delta c \cdot 10^{-6} \cdot 298^3 + \Delta c' \cdot 10^5 \cdot 298^{-1}. \quad (1.18)$$

Якщо проінтегрувати рівняння Кірхгофа в межах від 0 К до T , отримаємо:

$$\Delta H_T = \Delta H_0 + \Delta a \cdot T + \frac{1}{2} \Delta b \cdot 10^{-3} T^2 + \frac{1}{3} \Delta c \cdot 10^{-6} T^3 - \Delta c' \cdot 10^5 T^{-1}. \quad (1.19)$$

Дане рівняння найбільш загальної форми виражає залежність теплового ефекту реакції від температури.

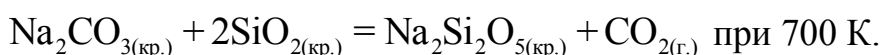
Приклад. Розрахувати зміну теплоємності при протіканні реакції:



Розв'язання.

$$\Delta C_p = 2C_{p(\text{Ag})} + 2C_{p(\text{NO}_2)} + C_{p(\text{O}_2)} - 2C_{p(\text{AgNO}_3)} = 2 \cdot 25,48 + 2 \cdot 37,11 + 29,36 - 2 \cdot 93,05 = -31,56 \text{ Дж/моль}.$$

Приклад. Розрахувати з різним ступенем наближення ΔH реакції



Розв'язання. Для зручності розрахунків зведемо дані в таблицю:

Речовина	ΔH_{298}^0 кДж/моль	$C_{p,298}^0$ Дж/моль·К	Коефіцієнти рівняння $C_p = f(T)$		
			a	$b \cdot 10^3$	$c' \cdot 10^{-5}$
$\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$	-2398	156,6	185,69	70,54	-44,64
CO_2	-393,5	37,1	44,14	9,04	-8,53
Na_2CO_3	-1129	110,0	70,63	135,6	-
SiO_2	-859,3	44,5	46,94	34,31	-11,3
2SiO_2	-1718,6	89,0	93,88	68,62	-22,6
$\Delta_{\text{хім. р}}$	+56,1	-5,3	65,32	-124,64	-30,57

В останньому рядку таблиці наведені розраховані для реакції значення ΔH_{298}^0 , $\Delta C_{p,298}^0$, Δa , $\Delta b \cdot 10^3$, $\Delta c' \cdot 10^{-5}$.

а) розраховуємо наближене значення, припускаючи, що ΔC_p не залежить від температури, $\Delta H_{700}^0 = 56,1 \cdot 10^3 - 5,3 \cdot (700 - 298) = 53970$ Дж $\approx 54,0$ кДж (оскільки теплоємність виражена в Дж, тепловий ефект при розрахунку необхідно також виражати в Дж);

б) для розрахунку більш точного значення ΔH_{700} записуємо рівняння, що виражає залежність теплового ефекту від температури (див. рівняння 1.9), підставляючи в нього розраховані коефіцієнти Δa , Δb , $\Delta c'$ та $T_1 = 298$, $T_2 = 700$:

$$\Delta H_{700}^0 = 56,1 \cdot 10^3 + 65,32 \cdot (700 - 298) - \frac{124,64 \cdot 10^{-3}}{2} (700^2 - 298^2) + 30,57 \cdot 10^5 \left(\frac{1}{700} - \frac{1}{298} \right) = 51460 \text{ Дж} = 51,46 \text{ кДж}.$$

1.1. Колоквіум «Хімічна термодинаміка»

Варіант 1.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмін.

Реакція
$\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2, \Delta H_x \text{ кДж}$
$\text{CaCO}_3 + \text{SiO}_2 = \text{CaSiO}_3 + \text{CO}_2, \Delta H_1 = + 37,79 \text{ кДж}$
$\text{CaO} + \text{SiO}_2 = \text{CaSiO}_3, \Delta H_2 = - 140,60 \text{ кДж}$

а) 178,39 кДж; б) – 2,87кДж; в) 2,87 кДж; г) – 178,39 кДж.

2. Фенол (р) спочатку спалили при $T = 300 \text{ K}$ у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

а) даних для відповіді недостатньо;

б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298 \text{ K}$ та $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ випаровується 1 кг брому ($M = 159,8$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості брому (кДж).

Речовина	$\Delta H^0_{298} \text{ кДж/моль}$
$\text{Br}_2 \text{ (р)}$	0
$\text{Br}_2 \text{ (г)}$	30,92

а) 193,5 кДж; б) 30,92 кДж;

в) – 30.92 кДж; г) 1,717 кДж.

4. По теплоті згоряння метану $\text{CH}_4(\text{г})$ ($\Delta H_{\text{зг}} = - 890,31 \text{ кДж/моль}$) знайти його теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{\text{зг}, \text{C}} = - 393,51 \text{ кДж/моль}$; $\Delta H_{\text{зг}, \text{H}_2} = - 285,84 \text{ кДж/моль}$.

а) $74,88 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $243,31 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; в) $- 243,31 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) $- 74,88 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$

5. Що називається стандартною теплотою утворення речовини?

а) тепловий ефект утворення даної сполуки при 298 К і нормальному тиску;

б) тепловий ефект утворення даної сполуки при нормальному тиску із простих речовин, що перебувають у найбільш стійкому в цих умовах агрегатному стані;

в) тепловий ефект утворення даної сполуки із простих речовин при 0° С і нормальному тиску, що перебувають у найбільш стійкому в цих умовах агрегатному стані;

г) тепловий ефект утворення даної сполуки з елементів, що перебувають у стандартному стані.

6. В інтервалі температур 273 К – 298 К питома теплоємність графіту більше питомої теплоємності алмазу на 215 Дж/моль·К. Як зміниться тепловий ефект реакції переходу графіту в алмаз при підвищенні температури від 273 К до 298 К?

а) зменшиться; б) збільшиться;

в) не зміниться; г) пройде через максимум.

7. Для реакції $\text{CO} + 3 \text{H}_2 = \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}_{(p)}$ зв'язок між тепловим ефектом при постійному об'ємі з тепловим ефектом при постійному тиску:

а) $\Delta H = \Delta U - 2 RT$; б) $\Delta H = \Delta U + 3 RT$;

в) $\Delta H = \Delta U - 3 RT$; г) $\Delta H = \Delta U$.

8. Як зміниться ентропія системи в результаті випаровування речовини?

а) зросте; б) зменшиться;

в) не зміниться; може рости, може падати.

9. Аналітичний вираз II закону термодинаміки для ізольованої системи

а) $dS/dT = 0$; б) $dS = \delta Q/T$; в) $dS \geq 0$; г) $dS \geq Q/dT$.

10. У якому з наступних процесів: ізотермічному, адіабатичному, ізохорному, ізобарному при оборотному їхньому протіканні не відбувається зміни ентропії системи?

а) ізотермічному; б) ізобарному;

в) адіабатичному; г) ізохорному.

Варіант 2.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$\text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{Na}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \Delta H_x \text{ кДж}$
$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{SO}_2 = \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{CO}_2, \Delta H_1 = + 86,8 \text{ кДж}$
$\text{Na}_2\text{SO}_3 = \text{Na}_2\text{O} + \text{SO}_2, \Delta H_2 = - 232,51 \text{ кДж}$

а) 319,31 кДж; б) - 145,71 кДж;
в) 145,71 кДж; г) -319,31 кДж.

2. Діхлорметан $\text{CH}_2\text{Cl}_{2(g)}$ спочатку спалили при $T = 300 \text{ K}$ у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

а) даних для відповіді недостатньо;
б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298 \text{ K}$ та $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ випаровується 1 кг сірководню CS_2 ($M = 76,12$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості сірководню (кДж).

Речовина	$\Delta H^0_{298} \text{ кДж/моль}$
$\text{CS}_2 (р)$	87,8
$\text{CS}_2 (г)$	115,3

а) 193,49 кДж; б) 361,4 кДж;
в) 0,361 кДж; г) 27,5 кДж.

4. По теплоті згоряння ацетилену $\text{C}_2\text{H}_{2(g)}$ ($\Delta H_{зг} = -1299,63 \text{ кДж/моль}$) знайти його теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{зг, C} = - 393,51 \text{ кДж/моль}$; $\Delta H_{зг, H_2} = - 285,84 \text{ кДж/моль}$.

а) $- 226,77 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $- 74,88 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$;

в) $226,77 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) $74,88 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

5. Яке співвідношення для ідеального газу між c_p і c_v ?

- а) $C_p + C_v = R$; б) $C_p/C_v = R$;
в) $C_p = C_v + R$; г) $C_p = C_v + RT$.

6. Як залежить тепловий ефект хімічної реакції від температури й чим визначається ця залежність?

а) тепловий ефект хімічної реакції не залежить від температури;
б) тепловий ефект хімічної реакції може при підвищенні температури як рости, так і падати; зв'язку теплового ефекту з іншими параметрами немає;

в) тепловий ефект хімічної реакції при підвищенні температури може рости, може падати, може залишатися постійним; характер залежності визначається знаком і величиною ΔC_p ;

г) тепловий ефект хімічної реакції при підвищенні температури може рости, може падати, може залишатися постійним; характер залежності визначається знаком і величиною ΔS .

7. Чому дорівнює $C_v O_2$ (газ вважати ідеальним) при $T = 1000 \text{ K}$?

- а) $1000 R$; б) $3/2 R$; в) $5/2 R$; г) даних недостатньо.

8. Температурна залежність теплоти утворення сірчистої ртуті задана рівнянням:

$$\Delta H = -10393 - 4,627 T + 15,9 \cdot 10^{-3} T^2 - 18,49 \cdot 10^5 T^{-1}.$$

Надати рівняння залежності $C_p = f(T)$.

- а) $C_p = -10393 - 4,627 T$;
б) $C_p = -4,627 T + 15,9 \cdot 10^{-3} T^2 - 18,49 \cdot 10^5 T^{-1}$;
в) $C_p = -4,627 + 31,8 \cdot 10^{-3} T - 18,49 \cdot 10^5 T^{-2}$;
г) необхідно знати тепловий ефект даної реакції при 298 K .

9. Як зміниться ентропія системи, якщо в ній відбувається процес кристалізації речовини?

- а) зросте; б) зменшиться; в) не зміниться;
г) необхідно знати, яка речовина кристалізується.

10. Розрахувати ентропію моля Zn при 500 K ($T_{\text{пл.Zn}} = 600,6 \text{ K}$; $C_{p,\text{Zn}} = 25,48 \text{ Дж/моль}\cdot\text{K}$; $S^\circ_{\text{Zn}} = 41,59 \text{ Дж/моль}\cdot\text{K}$).

- а) 41,59; б) 60,29; в) 69,81; г) 54,78.

Варіант 3.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$\text{PbS} + \text{O}_2 = \text{Pb} + \text{SO}_2 + \Delta H_x \text{ кДж}$
$\text{PbS} + 2\text{O}_2 = \text{PbSO}_4, \Delta H_1 = -820,06 \text{ кДж}$
$\text{PbSO}_4 + \text{PbS} = 2 \text{Pb} + 2 \text{SO}_2, \Delta H_2 = -199,48 \text{ кДж}$

- а) $-310,28 \text{ кДж}$; б) $509,77 \text{ кДж}$;
в) $310,28 \text{ кДж}$; г) $-509,77 \text{ кДж}$.

2. Оцтову кислоту $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2(\text{р})$ спочатку спалили при $T = 300 \text{ K}$ у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

- а) даних для відповіді недостатньо;
б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298 \text{ K}$ та $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ випаровується 1 кг важкої води D_2O ($M = 20,0$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості важкої води (кДж).

Речовина	$\Delta H^0_{298} \text{ кДж/моль}$
$\text{D}_2\text{O} (\text{р})$	$-294,61$
$\text{D}_2\text{O} (\text{г})$	$-249,2$

- а) $-193,49 \text{ кДж}$; б) $2270,5 \text{ кДж}$;
в) $45,41 \text{ кДж}$; г) $-2270,5 \text{ кДж}$.

4. По теплоті згоряння етилену $\text{C}_2\text{H}_4(\text{г})$ ($\Delta H_{\text{зг}} = -1410,97 \text{ кДж/моль}$) знайти його теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{\text{зг,C}} = -393,51 \text{ кДж/моль}$; $\Delta H_{\text{зг,H}_2} = -285,84 \text{ кДж/моль}$.

- а) $-174,88 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $-226,42 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$;

в) $45,41 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) $52,27 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

5. Для реакції $\text{H}_2 + 0,5 \text{O}_2 = \text{H}_2\text{O}$, що протікає в стандартних умовах у відкритій системі, $\Delta S = -163 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$. Який напрямок мимовільного процесу в даних умовах?

а) відповідь дати не можна, тому що в цих умовах величина ΔS не визначає напрямок мимовільного протікання процесу;

б) убік утворення води, тому що $\Delta S < 0$;

в) убік дисоціації води, тому що $\Delta S < 0$;

г) система перебуває в рівновазі, тому що $p, T = \text{const}$.

6. Що називається стандартною теплотою згоряння речовини?

а) тепловий ефект реакції повного згоряння одного моля речовини до двоокису вуглецю, водяного пару і інших відповідних продуктів;

б) тепловий ефект реакції окислювання одного моля даної сполуки киснем з утворенням вищих окислів відповідних елементів або сполуки цих окислів;

в) тепловий ефект реакції взаємодії даної речовини з киснем з утворенням відповідних окислів;

г) тепловий ефект реакції взаємодії 1 моля речовини з окислювачем з утворенням відповідних окислів.

7. Який зв'язок між Q_p і Q_V для хімічної реакції?

а) $\Delta H = \Delta U + \Delta nRT$; б) $\Delta H = \Delta U - \Delta nRT$;

в) $\Delta H = \Delta U$; г) $\Delta H = \Delta U - p\Delta v$.

8. Напишіть вираз I закону термодинаміки для ізобарних процесів.

а) $\Delta U = Q - A$; б) $\Delta U = A$; в) $Q = \Delta H$; г) $\Delta U = \Delta H - A$.

9. Яка розмірність ентальпії?

а) Дж; б) Дж/моль; в) Дж/моль·К; г) Дж/К.

10. Чому дорівнює теплоємність He при $T = 800 \text{ К}$ (умови ізобарні)?

- а) 3 R; б) 800 R; в) 5/2 R; г) 3/2 R.

Варіант 4.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$PbS + O_2 = Pb + SO_2 + \Delta H_x$ кДж
$2PbS + 3O_2 = 2PbO + 2SO_2, \Delta H_1 = -136,48$ кДж
$2PbO + PbS = 3 Pb + SO_2, \Delta H_2 = +242,08$ кДж

- а) $-35,2$ кДж; б) $35,2$ кДж;
в) $126,16$ кДж; г) $-126,16$ кДж.

2. Мурашину кислоту $CH_2O_{2(l)}$ спочатку спалили при $T = 300$ K у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

- а) даних для відповіді недостатньо;
б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298$ K та $p = 1,013 \cdot 10^5$ Па випаровується 1 кг азотної кислоти HNO_3 ($M = 63,0$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості азотної кислоти (кДж).

Речовина	ΔH^0_{298} кДж/моль
HNO_3 (р)	$-173,0$
HNO_3 (г)	$-133,9$

- а) $39,1$ кДж; б) $-620,6$ кДж; в) $-39,1$ кДж; г) $620,6$ кДж.

4. По теплоті згоряння етану $C_2H_{6(g)}$ ($\Delta H_{32} = -1559,88$ кДж/моль) знайти його теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{32, C} = -393,51$ кДж/моль; $\Delta H_{32, H_2} = -285,84$ кДж/моль.

- а) $226,42 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $-226,42 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$;
в) $84,66 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) $-84,66 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

5. Чому дорівнює C_p He при 500 K?

а) $500 R$; б) $3/2 R$; в) $5/2 R$;

г) необхідно знати коефіцієнти a , v , c' для He.

6. Для реакції $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 = 6\text{H}_2\text{O} + 4\text{NO}$, що перебігає при 298 K та стандартному тиску, визначте зміну числа молів газоподібних речовин

а) $\Delta n = 1$; б) $\Delta n = -1$; в) $\Delta n = -5$; г) $\Delta n = 5$.

7. Сформулюйте закон Гесса.

а) тепловий ефект хімічної реакції дорівнює різниці між сумами теплот утворення продуктів реакції й вихідних речовин;

б) теплота, підведена до системи, витрачається на зміну внутрішньої енергії й здійснення роботи;

в) тепловий ефект хімічної реакції не залежить від шляху процесу за умови, що робота, виконана в ході даної реакції, максимальна, а тиск і температура постійні;

г) тепловий ефект хімічної реакції залежить тільки від виду й стану вихідних речовин і продуктів реакції, але не залежить від шляху переходу за умови сталості об'єму й тиску.

8. Чому дорівнює теплоємність при постійному тиску 1 моль Ag і 1 моль H_2 при постійному тиску при $T = 400 \text{ K}$ (гази вважати ідеальними)?

а) $5/2 R + 6 R$; б) $R \cdot 400$; в) $6 R + 5/2 R$; г) $5/2 R + 7/2 R$;

д) необхідно знати значення a , v , c' для теплоємності цих газів.

9. Як змінюється ентропія речовини при його охолодженні?

а) зростає; б) зменшується;

в) не змінюється; г) може як рости, так і падати.

10. Яке із співвідношень встановлює зв'язок між зміною ентропії й теплотою необоротного процесу?

а) $TdS = \delta Q = 0$; б) $dS > \delta Q/T$;

в) $dS < \delta Q/T$; г) $dS = \delta Q/T$.

Варіант 5.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$\text{SnCl}_2 + 2\text{HCl} + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{SnCl}_4 + \text{H}_2\text{O} + \Delta H_x$ кДж
$\text{H}_2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O} + \frac{1}{2} \text{O}_2, \Delta H_1 = -5,52$ кДж
$\text{SnCl}_2 + 2\text{HCl} + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{SnCl}_4 + 2\text{H}_2\text{O}, \Delta H_2 = -22,44$ кДж

- а) $-16,92$ кДж; б) $27,96$ кДж;
 в) $16,92$ кДж; г) $-27,96$ кДж.

2. Толуол $\text{C}_7\text{H}_{8(g)}$ спочатку спалили при $T = 300 \text{ K}$ у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

- а) даних для відповіді недостатньо;
 б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298 \text{ K}$ та $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ випаровується 1 кг ртуті ($M_{\text{Hg}} = 200,59$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості ртуті (кДж).

Речовина	ΔH^0_{298} кДж/моль
$\text{Hg}_{(p)}$	0
$\text{Hg}_{(r)}$	60,83

- а) $-60,83$ кДж; б) $60,83$ кДж;
 в) $-303,2$ кДж; г) $303,2$ кДж.

4. По теплоті згоряння пропілену $\text{C}_3\text{H}_{6(g)}$ ($\Delta H_{32} = -2058,53$ кДж/моль) знайти його теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{32, \text{C}} = -393,51$ кДж/моль; $\Delta H_{32, \text{H}_2} = -285,84$ кДж/моль.

- а) $-84,66 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $20,48 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$;
 в) $84,66 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) $20,48 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

5. Для яких реакцій тепловий ефект не залежить від температури?

- а) таких реакцій не існує;
 б) для реакцій, в яких $\Delta C_p = 0$;

в) для реакцій, в яких $\Delta C_p = \text{const}$;

г) відповідь дати не можна, тому що невідомі теплоємності реагуючих речовин.

6. Як визначається зміна ентропії при протіканні хімічної реакції?

а) $\Delta S = \Sigma S_i$ учасників реакції;

б) $\Delta S = \Sigma n_i S_i(\text{вих}) - \Sigma n_j S_j(\text{прод})$;

в) $\Delta S = \Sigma n_i S_i(\text{прод}) - \Sigma n_j S_j(\text{вих})$;

г) $\Delta S = \Delta H/T$; д) $\Delta S = 0$.

7. Відомо, що для хімічної реакції $A + B = 2 AB$ мольні теплоємності відповідно дорівнюють: $20,0 + 0,002 T$; $12,0 + 0,004 T$; $15,0 + 0,005 T$ (Дж/моль·К). Як буде змінюватися тепловий ефект цієї реакції при підвищенні температури від 300 K до 500 K ?

а) буде зростати;

б) буде зменшуватися;

в) не буде змінюватися;

г) спочатку буде зростати, а потім зменшуватися; д) спочатку буде зменшуватися, а потім зростати.

8. Чи можна застосовувати закон Кірхгофа до процесів, що не є типовими хімічними реакціями (зміна агрегатного стану, поліморфне перетворення тощо)?

а) можна; б) не можна;

в) це залежить від типу фізичного процесу.

9. Напишіть математичний вираз II закону термодинаміки для нескінченно малої зміни стану системи при оборотному й необоротному протіканні процесу.

а) $dS \geq 0$; б) $dS \leq 0$;

в) $dS \geq \delta Q/T$; г) $dS \geq \Delta Q/T$.

10. Укажіть реакцію, тепловий ефект якої представляє теплоту згоряння сірковуглецю?

а) $CS_2 + 4 O_2 = CO_2 + 2 SO_3$;

б) $CS_2 + O_2 = CO_2 + S_2$;

- в) $\text{CS}_2 + 3 \text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2 \text{SO}_2$;
 г) $\text{CS}_2 + 5/2\text{O}_2 = \text{CO} + 2 \text{SO}_2$.

Варіант 6.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$\text{CH}_3\text{CHO} + \text{H}_2 = \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O} + \Delta H_x$ кДж
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O}$, $\Delta H_1 = + 45,29$ кДж
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = \text{CH}_3\text{CHO} + \text{H}_2$, $\Delta H_2 = + 68,80$ кДж

- а) $- 23,51$ кДж; б) $114,09$ кДж;
 в) $23,51$ кДж; г) $-114,09$ кДж.

2. Бромбензол $\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}_{(p)}$ спочатку спалили при $T = 300 \text{ K}$ у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

- а) даних для відповіді недостатньо;
 б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298 \text{ K}$ та $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ випаровується 1 кг аміаку $\text{NH}_{3(p)}$ ($M = 17$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості аміаку (кДж).

Речовина	ΔH^0_{298} кДж/моль
$\text{NH}_3 (p)$	$- 69,87$
$\text{NH}_3 (r)$	$- 46,19$

- а) $- 23,68$ кДж; б) $1392,9$ кДж;
 в) $- 1392,9$ кДж; г) $23,68$ кДж.

4. По теплоті згоряння пропану $\text{C}_3\text{H}_{8(g)}$ ($\Delta H_{зг} = - 2058,53$ кДж/моль) знайти його теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{зг, \text{C}} = - 393,51$ кДж/моль; $\Delta H_{зг, \text{H}_2} = - 285,84$ кДж/моль.

- а) $- 265,36 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $- 103,86 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$;

в) $84,66 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) $265,36 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

5. Як залежить від температури внутрішня енергія індивідуальної речовини? Який математичний вираз цієї залежності?

а) $d\Delta U/dT = C_p$, зростає;

б) $d\Delta U/dT = \Delta C_v$, може як зростати, так і зменшуватись, це залежить від знаку ΔC_v ;

в) $d\Delta U/dT = C_v$, зростає;

г) $d\Delta U/dT = C_p$, може як зростати, так і зменшуватись, це залежить від знаку C_p .

6. Розрахувати зміну ентропії при нагріванні одного моль метану від 300 К до 400 К ($c_{p, \text{CH}_4} = 35,79 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$).

а) 10,29 Дж/моль·К; б) 3,57 Дж/моль·К

в) 21,9 Дж/моль·К; г) 17,11 Дж/моль·К.

7. Наведіть аналітичний вираз II закону термодинаміки для ізольованих систем.

а) $dS = \delta Q/T$; б) $dS > \delta Q/T$; в) $dS < \delta Q/T$; г) $dS > 0$.

8. В яких реакціях можна вважати, що тепловий ефект хімічної реакції прямо пропорційний температурі?

а) у випадку, якщо в даному інтервалі температур величина ΔC_p додатна;

б) у випадку, якщо в даному інтервалі температур величина ΔC_p постійна й додатна;

в) у випадку, якщо в розглянутому інтервалі температур величина $\Delta C_p = 0$;

г) таких випадків не існує; д) у випадку, якщо в розглянутому інтервалі температур величина ΔC_p від'ємна.

9. Фенол спочатку спалили при $T = 400 \text{ К}$ у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

а) у завданні недостатньо даних для відповіді;

б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

10 При яких умовах протікання процесу зміна ентропії може служити критерієм напрямку процесу?

- а) ізотермічному; б) ізобарному;
в) ізохорному; г) адіабатичному.

Варіант 7.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$2\text{CO}_2 = 2\text{CO} + \text{O}_2 + \Delta H_x$ кДж
$\text{CH}_4 + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{CO} + 2\text{H}_2, \Delta H_1 = -318,66$ кДж
$\text{CH}_4 + \text{CO}_2 = 2\text{CO} + 2\text{H}_2, \Delta H_2 = +247,30$ кДж

- а) $-1131,92$ кДж; б) $566,26$ кДж;
в) $-566,26$ кДж; г) $1131,92$ кДж.

2. Хлорбензол $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}_{(p)}$ спочатку спалили при $T = 300$ К у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

- а) даних для відповіді недостатньо;
б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298$ К та $p = 1,013 \cdot 10^5$ Па випаровується 1 кг $\text{SO}_2\text{Cl}_{2(p)}$ ($M = 135$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості сульфурилхлориду (кДж).

Речовина	ΔH^0_{298} кДж/моль
$\text{SO}_2\text{Cl}_2 (p)$	$-69,87$
$\text{SO}_2\text{Cl}_2 (r)$	$-46,19$

- а) $-23,68$ кДж; б) $175,23$ кДж;
в) $-175,23$ кДж; г) $23,68$ кДж.

4. По теплоті згоряння *n*-бутану $\text{C}_4\text{H}_{10(g)}$ ($\Delta H_{32} = -2878,38$ кДж/моль) знайти його теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{32, \text{C}} = -393,51$ кДж/моль; $\Delta H_{32, \text{H}_2} = -285,84$ кДж/моль.

- а) $-103,86 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $103,86 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$;
 в) $124,86 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) $-124,86 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

5. В ізольованій системі мимовільно протікає хімічна реакція.

Як змінюється ентропія такої системи?

- а) відповістити на поставлене запитання неможливо без вказівки, яка саме реакція протікає;
 б) ентропія залишається незмінною;
 в) ентропія зменшується;
 г) ентропія зростає.

6. Яке співвідношення між тепловими ефектами реакції $\text{H}_2 + \text{I}_{2(g)} = 2 \text{HI}_{(g)}$, що протікає при постійному об'ємі (ΔU) і постійному тиску (ΔH)?

- а) $\Delta H > \Delta U$; б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H < \Delta U$;
 г) може бути будь-яким залежно від кількості взятих реагентів.

7. Чому дорівнює вираз для збільшення теплоємності в ході процесу, якщо тепловий ефект його з ростом температури зменшується?

- а) $\sum C_p(\text{вих}) > \sum C_p(\text{прод})$; б) $\sum C_p(\text{вих}) = \sum C_p(\text{прод})$;
 в) $\sum C_p(\text{вих}) < \sum C_p(\text{прод})$; г) даних для відповіді недостатньо.

8. Чому дорівнює c_p для Хе при 700 К ?

- а) $700 R$; б) $3/2 R$; в) $5/2 R$;
 г) необхідно знати значення a , b , c' для температурної залежності теплоємності.

9. Стандартна теплота утворення рідкого нітробензолу при 298 К дорівнює $-178,7 \text{ кДж/моль}$. Напишіть рівняння реакції, до якої відноситься цей тепловий ефект.

- а) $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + \text{H}_2$;
 б) $6\text{C} + 5 \text{H} + \text{N} + 2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$;
 в) $6\text{C} + 2,5 \text{H}_2 + 0,5\text{N}_2 + \text{O}_2 = \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$;
 г) $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{NO}_2 = \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + 0,5 \text{H}_2$.

10. Два гази – одноатомний і двоатомний – адіабатично розширюються. Для якого з цих газів робота розширення буде більше,

якщо число молів обох газів однаково, а температура кожного газу знизилася на однакову величину?

- а) $A_1 > A_2$; б) $A_1 < A_2$; в) $A_1 = A_2$;
г) даних для відповіді недостатньо.

Варіант 8.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$2\text{CO} + \text{SO}_{2(\text{г})} = \text{S}_{(\text{ромб})} + 2\text{CO}_{2(\text{г})}, \Delta H_x \text{ кДж}$
$\text{SO}_{2(\text{г})} + \text{Cl}_2 = \text{SO}_2\text{Cl}_{2(\text{г})}, \Delta H_1 = -66,27 \text{ кДж}$
$\text{Cl}_2 + \text{S}_{(\text{ромб})} + 2\text{CO}_2 = \text{SO}_2\text{Cl}_2 + 2\text{CO}, \Delta H_2 = 202,79 \text{ кДж}$

- а) $-269,1 \text{ кДж}$; б) $269,1 \text{ кДж}$;
в) $136,52 \text{ кДж}$; г) $-136,52 \text{ кДж}$.

2. Хлорметан $\text{CH}_3\text{Cl}_{(\text{г})}$ спочатку спалили при $T = 300 \text{ К}$ у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

- а) даних для відповіді недостатньо;
б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298 \text{ К}$ та $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ випаровується 1 кг $\text{TiCl}_{4(\text{р})}$ ($M = 189,7$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості хлориду титану (кДж).

Речовина	$\Delta H^0_{298} \text{ кДж/моль}$
$\text{TiCl}_4 (\text{р})$	$-800,0$
$\text{TiCl}_4 (\text{г})$	$-759,8$

- а) $40,2 \text{ кДж}$; б) $211,85 \text{ кДж}$;
в) $-211,85 \text{ кДж}$; г) $-40,2 \text{ кДж}$.

4. По теплоті згоряння ізо-бутану $\text{C}_4\text{H}_{10(\text{г})}$ ($\Delta H_{\text{зг}} = -2871,69 \text{ кДж/моль}$) знайти його теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{\text{зг},\text{C}} = -393,51 \text{ кДж/моль}$; $\Delta H_{\text{зг},\text{H}_2} = -285,84 \text{ кДж/моль}$.

а) $-131,55 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $131,55 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$;

в) $124,86 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) $-124,86 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

5. Як змінюється ентропія речовини при нагріванні?

- а) зростає; б) зменшується;
в) не змінюється; г) може і зростати, і зменшуватися.

6. Чи можна застосовувати закон Гесса до процесів, що не є типовими хімічними реакціями (зміна агрегатного стану, поліморфні перетворення тощо)?

- а) однозначної відповіді дати не можна, це залежить від типу фізичного перетворення;
б) можна; в) не можна; г) не знаю.

7. Напишіть формулу, що показує, в якому співвідношенні перебувають величини ΔH і ΔU для хімічної реакції.

- а) $\Delta H = \Delta U + RT\Delta v$; б) $\Delta H = \Delta U$;
в) $\Delta H = \Delta U + \Delta nRT$; г) $\Delta U = \Delta H + \Delta nRT$.

8. Чи буде однаковою або різною зміна ентропії в процесі, що протікає в одному випадку оборотно, а в іншому – необоротно?

- а) зміна ентропії буде однаковою;
б) зміна ентропії буде більша у необоротному процесі;
в) дати однозначну відповідь неможливо, тому що зміна ентропії залежить від зовнішніх факторів;
г) зміна ентропії буде більша у оборотному процесі.

9. За якою формулою розраховується зміна ентропії при зміні T і p ?

- а) $\Delta S = C_p \cdot \ln T_2/T_1 + R \cdot \ln p_2/p_1$;
б) $\Delta S = C_p \cdot \ln T_2/T_1 - R \cdot \ln p_2/p_1$;
в) $\Delta S = C_V \cdot \ln T_2/T_1 + R \cdot \ln p_2/p_1$;
г) $\Delta S = C_V \cdot \ln T_2/T_1 - R \cdot \ln p_2/p_1$.

10. Стандартна теплота утворення аніліну дорівнює 29,7 кДж/моль. Напишіть рівняння реакції, до якої відноситься цей тепловий ефект.

- а) $6C + 7H + N = C_6H_7N$;
 б) $C_6H_5NO_2 + 3H_2 = C_6H_5NH_2 + 2H_2O$;
 в) $6C + 3,5 H_2 + 0,5N_2 = C_6H_5NH_2$;
 г) $C_6H_6 + NH_3 = C_6H_5NH_2 + H_2$.

Варіант 9.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$2NO_2 = 2NO + O_2 + \Delta H_x$ кДж
$N_2O_4 = 2 NO_2, \Delta H_1 = + 46,16$ кДж
$N_2O_4 = 2NO + O_2, \Delta H_2 = + 160,30$ кДж

- а) $- 114,14$ кДж; б) $114,14$ кДж;
 в) $206,46$ кДж; г) $-206,46$ кДж.

2. Етанол $C_2H_5OH_{(г)}$ спочатку спалили при $T = 300$ К у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

- а) даних для відповіді недостатньо;
 б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298$ К та $p = 1,013 \cdot 10^5$ Па випаровується 1 кг циклопентану $C_5H_{10(p)}$ ($M = 70$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості циклопентану (кДж).

Речовина	ΔH^0_{298} кДж/моль
C_2H_5OH (р)	$- 105,9$
C_2H_5OH (г)	$-77,24$

- а) $- 409,44$ кДж; б) $28,66$ кДж;
 в) $- 28,66$ кДж; г) $409,44$ кДж.

4. По теплоті згоряння циклогексану $C_6H_{12(г)}$ ($\Delta H_{зг} = - 3919,91$ кДж/моль) знайти його теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{зг,C} = - 393,51$ кДж/моль; $\Delta H_{зг,H_2} = - 285,84$ кДж/моль.

- а) $-124,86 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $156,19 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$;
 в) $124,86 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) $-156,19 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

5. В ізольованій системі згорає водень з утворенням рідкої води.

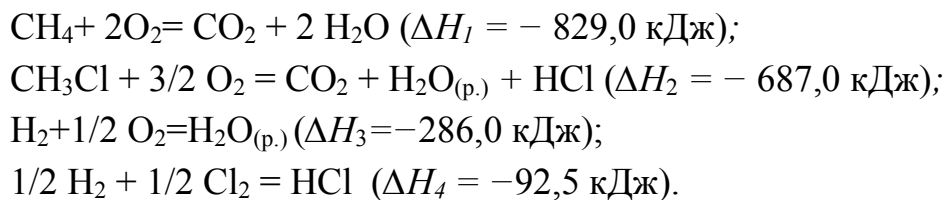
Яка зміна ΔH і ΔU ?

- а) внутрішня енергія збільшиться, а ентальпія зменшиться;
 б) внутрішня енергія зменшиться, а ентальпія зросте;
 в) ані внутрішня енергія, ані ентальпія не зміняться;
 г) зростуть і внутрішня енергія, і ентальпія.

6. Укажіть формулу для розрахунку теплового ефекту реакції за першим наслідком із закону Рауля:

- а) $\Delta H_{\text{хім. р}} = \sum n_i \Delta H_{i \text{ прод}} - \sum n_j \Delta H_{j \text{ вих. реч.}}$;
 б) $\Delta H_{\text{хім. р}} = \sum n_i \Delta H_{i \text{ вих. реч}} - \sum n_j \Delta H_{j \text{ прод.}}$;
 в) $\Delta H_{\text{хім. р}} = \sum n_i \Delta H_{i \text{ прод}} + \sum n_j \Delta H_{j \text{ вих.}}$;
 г) $\Delta H_{\text{хім. р}} = \sum n_i \Delta H_{i \text{ вих. реч}} + \Delta H_{j \text{ прод.}}$

7. Розрахуйте тепловий ефект реакції $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 = \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$ (ΔH), якщо при даній температурі відомі теплові ефекти наступних реакцій:



- а) $-41,0 \text{ кДж}$; б) $41,0 \text{ кДж}$;
 в) -104 кДж ; г) 104 кДж .

8. В ізольованій системі оборотно відбувається фазовий перехід. Яка зміна ентропії в цій системі?

- а) ентропія зростає;
 б) ентропія зменшується;
 в) ентропія не змінюється;
 г) ентропія може як рости, так і падати.

9. У результаті розширення 20 кг He при 298 K об'єм газу збільшився у 1000 разів. Розрахуйте зміну ентропії цього процесу.

- а) $1,21 \cdot 10^5$ Дж/моль·К;
 б) $2,87 \cdot 10^2$ Дж/моль·К;
 в) 5,01 Дж/моль·К;
 г) 11,51 Дж/моль·К.

10. Яка величина – ΔU або ΔH більша для наступної хімічної реакції в стандартних умовах: $4 \text{NO}_{(г)} + 6 \text{H}_2\text{O}_{(р)} = 4 \text{NH}_3_{(г)} + 5 \text{O}_2_{(г)}$?

- а) $\Delta H > \Delta U$; б) $\Delta U > \Delta H$; в) $\Delta H = \Delta U$;
 г) відповідь дати не можна, тому що невідомі теплоємності реагуючих речовин.

Варіант 10

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2 + \Delta H_x$ кДж
$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, $\Delta H_1 = -70,01$
$\text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$, $\Delta H_2 = +108,22$ кДж

- а) – 178,23 кДж; б) 178,23 кДж;
 в) 38,21 кДж; г) –38,21 кДж.

2. Сірковуглець $\text{CS}_{2(г)}$ спочатку спалили при $T = 300 \text{ K}$ у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння?

- а) даних для відповіді недостатньо;
 б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298 \text{ K}$ та $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ випаровується 1 кг метилбутилтану $\text{C}_5\text{H}_{12(р)}$ ($M = 72,0$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості метилбутилтану.

Речовина	ΔH^0_{298} кДж/моль
$\text{C}_5\text{H}_{12(р)}$	– 179,3
$\text{C}_5\text{H}_{12(г)}$	– 154,5

- а) 24,8 кДж; б) – 24,8 кДж;
 в) 344,45 кДж; г) –344,45 кДж.

4. По теплоті згоряння бензолу $C_6H_6(l)$ ($\Delta H_{зг} = -3301,59$ кДж/моль) знайти його теплоту утворення, користуючись довідниковими даними: $\Delta H_{зг,C} = -393,51$ кДж/моль; $\Delta H_{зг,H_2} = -285,84$ кДж/моль.

- а) $-83,01 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $199,17 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$;
в) $83,01 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) $-199,17 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

5. Які завдання можна вирішувати за допомогою II закону термодинаміки? Укажіть всі правильні відповіді.

- а) II закон термодинаміки (т/д) дозволяє розрахувати ΔS хімічної реакції;
б) II закон т/д дозволяє розрахувати максимальну роботу процесу;
в) II закон т/д дозволяє розрахувати енергетичний баланс системи;
г) II закон т/д вирішує завдання про напрямок і межі мимовільного протікання процесу.

6. Моль газу нагрівається ізобарно від T_1 до T_2 . Наведіть формулу для розрахунку зміни ентальпії в цьому процесі, якщо теплоємність його в даному інтервалі постійна.

- а) $\Delta H = \Delta C_p(T_2 - T_1)$;
б) $\Delta H = \Delta C_p(T_1 - T_2)$;
в) $\Delta H_{T_2} = \Delta H_{T_1} + \Delta C_p(T_2 - T_1)$;
г) $\Delta H = \Delta C_p T + \Delta H \cdot C_p T$.

7. Чи буде однаковою ΔS ентропії в оборотному і необоротному процесах?

- а) зміна ентропії буде однаковою;
б) зміна ентропії оборотного процесу буде більша;
в) зміна ентропії оборотного процесу буде менша;
г) дати однозначну відповідь не можна, це залежить від багатьох факторів.

8. Для реакції $H_2S + 1,5 O_2 = H_2O + SO_2$ (всі учасники газу) яка величина – ΔH або ΔU більша?

- а) $\Delta H > \Delta U$; б) $\Delta H < \Delta U$;
 в) $\Delta H = \Delta U$; г) не знаю.

9. Які дані треба мати для розрахунку теплового ефекту реакції при будь-якій заданій температурі (при наближеному й точному розрахунку)?

- а) дані про теплоємності реагентів;
 б) тепловий ефект при деякій температурі;
 в) ΔH^0 і теплоємності реагентів;
 г) ΔH^0 і рівняння залежності теплоємності реагентів від T .

10. У якому співвідношенні перебувають молярні ентропії трьох агрегатних станів однієї речовини: газу, рідини, твердого тіла?

- а) $S_{\text{г}} > S_{\text{рід}} > S_{\text{тв}}$; б) $S_{\text{г}} < S_{\text{рід}} < S_{\text{тв}}$; в) $S_{\text{г}} = S_{\text{рід}} = S_{\text{тв}}$;
 г) дане співвідношення визначається речовиною.

Варіант 11.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$\text{MgCO}_3 = \text{MgO} + \text{CO}_2 + \Delta H_x \text{ кДж}$
$\text{Mg(OH)}_2 + \text{CO}_2 = \text{MgCO}_3 + \text{H}_2\text{O}, \Delta H_1 = -19,49$
$\text{Mg(OH)}_2 = \text{MgO} + \text{H}_2\text{O}, \Delta H_2 = +81,36 \text{ кДж}$

- а) $-100,85 \text{ кДж}$; б) $61,87 \text{ кДж}$;
 в) $100,85 \text{ кДж}$; г) $-61,87 \text{ кДж}$.

2. Сірководоксид вуглецю $\text{COS}_{(\text{г})}$ спочатку спалили при $T = 300 \text{ К}$ у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

- а) даних для відповіді недостатньо;
 б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298 \text{ К}$ та $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ випаровується 1 кг бензолу $\text{C}_6\text{H}_6_{(\text{р})}$ ($M = 78,0$). Розрахувати, користуючись довідковими даними,

скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості бензолу (кДж).

Речовина	ΔH_{298}^0 кДж/моль
C_6H_6 (р)	49,04
C_6H_6 (г)	82,93

- а) 33,89 кДж; б) 434,5 кДж;
в) 131,97 кДж; г) -434,5 кДж.

4. По теплоті згоряння бензолу $C_6H_{6(p)}$ ($\Delta H_{зг} = - 3267,70$ кДж/моль) знайти його теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{зг, C} = - 393, 51$ кДж/моль; $\Delta H_{зг, H_2} = - 285,84$ кДж/моль.

- а) $- 49,12 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $49,12 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; в) $820,4 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) $-820,4 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

5. Розрахувати зміну ентропії при нагріванні 1 моль води від $T_1 = 298 \text{ K}$ до $T_2 = 348 \text{ K}$ $c_{p, H_2O} = 75,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{K}$, залежність теплоємності від T не враховувати.

- а) 11,68 Дж/моль·К; б) 6,6 кДж/моль К;
в) 75,3 Дж/моль·К; г) 33,6 Дж/моль·К .

6. Відомо, що для реакції $A_{(pid)} + B_{(pid)} = 2AB_{(pid)}$ мольні теплоємності реагентів відповідно дорівнюють 20, 12 і 17 Дж/моль·К. Як буде змінюватися тепловий ефект цієї реакції при підвищенні температури?

- а) буде зростати;
б) буде зменшуватися;
в) не буде змінюватися;
г) спочатку буде зростати, потім – зменшуватися; д) спочатку буде зменшуватися, потім – зростати.

7. Як розрахувати теплоту утворення речовини в стандартних умовах, маючи у своєму розпорядженні дані по теплотам згоряння різних речовин? Привести приклад.

- а) скласти теплоти згоряння всіх учасників реакції;

б) із суми теплот згоряння вихідних речовин відібрати суму теплот згоряння продуктів реакції з урахуванням стехіометричних коефіцієнтів;

в) із суми теплот згоряння продуктів реакції відібрати суму теплот згоряння вихідних речовин з урахуванням їх стехіометричних коефіцієнтів; г) для розрахунку даних недостатньо.

8. Яке з рівнянь використовують для розрахунку збільшення ентропії деякої речовини при нагріванні її від T_1 до T_2 ?

а) $\Delta S = C_V \ln T_2 / T_1$; б) $\Delta S = C_p \ln T_2 / T_1$;

в) $\Delta S = (C_{p,T_2} - C_{p,T_1}) \cdot T$; г) $\Delta S = C_p (T_2 - T_1)$.

9. За яких умов зміна ентропії є критерієм мимовільності процесу?

- а) в ізольованих системах;
- б) за умови сталості T і p ;
- в) за умови сталості V і p ;
- г) у неізольованих системах.

10. Тепловий ефект реакції $\text{Mg(OH)}_2 = \text{MgO} + \text{H}_2\text{O}_{(г)}$, що протікає у відкритій посудині при $T = 400 \text{ K}$ і $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$, становить $89,03 \text{ кДж/моль}$. Чи зміниться тепловий ефект, якщо реакцію проводити при тій же температурі, але в закритій посудині?

- а) зросте; б) зменшиться;
- в) не зміниться; г) даних недостатньо.

Варіант 12.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$\text{Ba(OH)}_2 = \text{BaO} + \text{H}_2\text{O} + \Delta H_x \text{ кДж}$
$\text{BaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ba(OH)}_2 + \text{CO}_2, \Delta H_1 = +115,66, \text{ кДж}$
$\text{BaCO}_3 = \text{BaO} + \text{CO}_2, \Delta H_2 = +263,80 \text{ кДж}$

- а) $-148,14 \text{ кДж}$; б) $148,14 \text{ кДж}$;

- в) 379,46 кДж; г) -61,87 кДж.

2. Формальдегід $\text{CH}_2\text{O}_{(g)}$ спочатку спалили при $T = 300 \text{ K}$ у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

- а) даних для відповіді недостатньо;
 б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T=298 \text{ K}$ та $p= 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ випаровується 1 кг *n*-гексану $\text{H-C}_6\text{H}_{14(p)}$ ($M = 86,0$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості *n*-гексану (кДж).

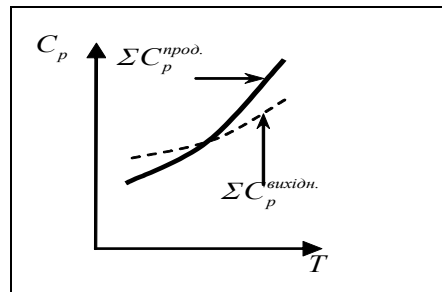
Речовина	ΔH^0_{298} кДж/моль
$\text{H-C}_6\text{H}_{14} (p)$	- 198,8
$\text{H-C}_6\text{H}_{14} (г)$	- 167,19

- а) - 367,6 кДж; б) 31,61 кДж;
 в) - 31,61 кДж; г) 367,6 кДж.

4. По теплоті згоряння толуолу $\text{C}_7\text{H}_8(p)$ ($\Delta H_{зг} = - 3910,28$ кДж/моль) знайти його теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{зг, \text{C}} = - 393, 51$ кДж/моль; $\Delta H_{зг, \text{H}_2} = - 285,84$ кДж/моль.

- а) $- 455,7 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $455,7 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; в) $- 12,35 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) $12,35 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

5. На рисунку наведена залежність теплоємності кінцевих продуктів і вихідних речовин від T для деякої реакції. Зобразіть графічно залежність теплового ефекту реакції (ΔH) від T .



- а) ΔH зменшується; б) ΔH зростає;
 в) ΔH проходить через max;
 г) ΔH проходить через min.

6. Розрахувати мольну теплоту конденсації бензолу при 100 К, якщо при 300 К $\Delta H_{\text{вип}} = 31475$ Дж/моль. Середня питома теплоємність $c_{p,g} = 1,25$ Дж/г·К, а $c_{p,\text{рід}} = 1,72$ Дж/г·К.

- а) $\Delta H_{\text{конд}} = 38807$ Дж; б) $\Delta H_{\text{конд}} = 24143$ Дж;
в) $\Delta H_{\text{конд}} = 31381$ Дж; г) $\Delta H_{\text{конд}} = 31569$ Дж.

7. Система складається з 3-х частин, кожна з яких має певну ентропію: S_1, S_2, S_3 . Як можна виразити ентропію системи в цілому?

- а) $S = S_1 + S_2 + S_3$; б) $S = 3 \cdot (S_1 + S_2 + S_3)$;
в) $S = 1/3 \cdot (S_1 + S_2 + S_3)$; г) $S = (S_1 \cdot S_2 \cdot S_3)^{1/3}$.

8. Розрахуйте різницю між тепловими ефектами при постійному тиску і постійному об'ємі ($Q_p - Q_V$) для реакції $C + 2 H_2 = CH_4$.

- а) $Q_p - Q_V = 2 RT$; б) $Q_p - Q_V = RT$;
в) $Q_p - Q_V = -2RT$; г) $Q_p - Q_V = -RT$.

9. Виразить залежність теплоємності від температури

- а) C_p не залежить від температури;
б) $C_p = aT + bT^2 + cT^3 + c' T^{-2}$;
в) $C_p = aT + bT^2 + cT^3 - c' T^{-2}$;
г) $C_p = a + bT + cT^2 + c' T^{-2}$.

10. Як змінюється ентропія речовини при охолодженні його?

- а) зростає; б) зменшується;
в) не змінюється; г) може і рости, і падати.

Варіант 13.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$C_2H_5OH = C_2H_4 + H_2O + \Delta H_x$ кДж
$2C_2H_4 + 2H_2O = CH_3COCH_3 + 3H_2 + CO, \Delta H_1 = -418,68$, кДж
$2 C_2H_5OH = CH_3COCH_3 + CO + 3H_2, \Delta H_2 = +141,50$ кДж

- а) $-280,09$ кДж; б) $560,18$ кДж;
в) $280,09$ кДж; г) $277,18$ кДж.

2. Метанол $\text{CH}_4\text{O}_{(p)}$ спочатку спалили при $T = 300 \text{ K}$ у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

- а) даних для відповіді недостатньо;
 б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298 \text{ K}$ та $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ випаровується 1 кг толуолу $\text{C}_7\text{H}_8(p)$ ($M = 92,0$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки буде потрібно теплоти на випаровування цієї кількості толуолу (кДж).

Речовина	ΔH^0_{298} кДж/моль
$\text{C}_6\text{H}_{14} (p)$	8,08
$\text{C}_6\text{H}_{14} (г)$	50,00

- а) – 41,92 кДж; б) 41,92 кДж;
 в) – 455,67 кДж; г) 455,67 кДж.

4. По теплоті згоряння *n*-ксилолу $\text{C}_8\text{H}_{10(c)}$ ($\Delta H_{зг} = - 4552,86$ кДж/моль) знайти його теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{зг, C} = - 393,51$ кДж/моль; $\Delta H_{зг, H_2} = - 285,84$ кДж/моль.

- а) – $549,62 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $441,92 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; в) $549,62 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) – $185,24 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

5. Як залежить тепловий ефект хімічної реакції від температури й чим визначається характер цієї залежності?

- а) з ростом температури $\Delta H > 0$, характер залежності визначається знаком і величиною ΔS ;
 б) з ростом температури $\Delta H < 0$, характер залежності визначається знаком і величиною ΔC_p ;
 в) при підвищенні температури тепловий ефект може зростати, може падати, може залишатися постійним, характер залежності визначається знаком і величиною ΔC_p ;
 г) тепловий ефект реакції не залежить від температури.

6. У довіднику відсутня величина теплоти згоряння бензилового альдегіду. Які дані необхідні для її розрахунку при 298 K?

а) теплоти згоряння бензилового альдегіду, вуглекислого газу й води;

б) теплоти утворення бензилового альдегіду, вуглекислого газу й води;

в) теплоти відновлення окислів – продуктів згоряння;

г) залежність теплоти утворення бензилового альдегіду від T .

7. Чому дорівнює теплоємність He при постійному об'ємі й $T = 800 K$?

а) $C_V = 800 R$; б) $C_V = 3 R$; в) $C_V = 3/2 R$; г) $C_V = 5/2 R$.

8. Яке співвідношення між енергією Гіббса G і енергією Гельмгольца F для даної термодинамічної системи? Напишіть математичний вираз.

а) $G = F - TS$; б) $G = F + pV$; в) $G = F - pV$; г) $G = F + RT$.

9. Як змінюється ентропія (при $U = const$ і $V = const$) мимовільного процесу?

а) збільшується; б) зменшується; в) $\Delta S = 0$;

г) проходить через \min ; д) проходить через \max .

10. При яких постійних термодинамічних параметрах зміна ентальпії ΔH може служити критерієм напрямку мимовільного процесу? Який знак ΔH у цих умовах указує на мимовільний процес?

а) при $V, T = const, \Delta H > 0$; б) при $p, T = const, \Delta H < 0$;

в) при $S, p = const, \Delta H < 0$; г) при $S, V = const, \Delta H < 0$.

Варіант 14.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$CO_2 = CO + \frac{1}{2} O_2 + \Delta H_x \text{ кДж}$
$3PbO + \frac{1}{2} O_2 = Pb_3O_4, \Delta H_1 = -65,57 \text{ кДж}$
$Pb_3O_4 + CO = 3 PbO + CO_2, \Delta H_2 = -217,41 \text{ кДж}$

- а) – 151,84 кДж; б) 282,98кДж;
в) – 282,98кДж; г) 151,84 кДж.

2. Бутанол $C_4H_{10}O_{(p)}$ спочатку спалили при $T = 300\text{ K}$ у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

- а) даних для відповіді недостатньо;
б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298\text{ K}$ та $p = 1,013 \cdot 10^5\text{ Па}$ випаровується 1 кг н-гептану $n-C_7H_{16(p)}$ ($M = 100,0$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості н-гептану (кДж).

Речовина	ΔH^0_{298} кДж/моль
n-C ₇ H ₁₆ (р)	– 224,4
n-C ₇ H ₁₆ (г)	–167,82

- а) 565,8 кДж; б) 56,58кДж;
в) – 56,58 кДж; г) –565,8кДж.

4. По теплоті згоряння метанолу $CH_4O_{(p)}$ ($\Delta H_{зг} = - 726,64$ кДж/моль) знайти його теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{зг, C} = -393,51$ кДж/моль; $\Delta H_{зг, H_2} = -285,84$ кДж/моль.

- а) $- 238,55 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $- 31,61 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; в) $- 115,77 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) $- 563,58 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$

5. Приведіть аналітичний вираз I закону термодинаміки.

- а) $dU = \delta Q - \delta A$; б) $dU = \delta Q + \delta A$;
в) $dU = \delta Q$; г) $dG = dH - TdS$.

6. Теплота утворення фосфорної кислоти при 298 K дорівнює ΔH^0 . Напишіть реакцію, якій відповідає цей тепловий ефект.

- а) $3H + P + 4O = H_3PO_4$;
б) $3H_2 + 4O_2 + 2P = 2H_3PO_4$;
в) $3/2 H_2 + 2O_2 + P = H_3PO_4$;
г) $H_2PO_3 + H_4PO_5 = 2H_3PO_4$.

7. Напишіть формулу розрахунку теплового ефекту хімічної реакції по теплотам згоряння вихідних речовин і продуктів реакції.

- а) $\Delta H_{\text{хім. реак}} = \sum n_i \Delta H_{i(\text{зг})\text{вих. реч}} - \sum n_j \Delta H_{j(\text{зг})\text{прод}}$;
 б) $\Delta H_{\text{хім. реак}} = \sum n_i \Delta H_{i(\text{зг})\text{прод}} - \sum n_j \Delta H_{j(\text{зг})\text{вих. реч}}$;
 в) $\Delta H_{\text{хім. реак}} = \sum n_i \Delta H_{i(\text{зг})\text{прод}} + \sum n_j \Delta H_{j(\text{зг})\text{вих. реч}}$;
 г) $\Delta H_{\text{хім. реак}} = \sum n_i \Delta H_{i(\text{зг})\text{вих. реч}} + \sum n_j \Delta H_{j(\text{зг})\text{прод}}$.

8. Процес протікає в умовах сталості температури й об'єму. Який термодинамічний потенціал слід вибрати як критерій протікання мимовільних процесів у цих умовах?

- а) ΔH ; б) ΔG , в) ΔU , г) ΔF .

9. Чи можна, користуючись рівнянням другого начала термодинаміки, розрахувати зміну термодинамічних функцій (ΔH , ΔG , ΔU , ΔF , ΔS) для необоротного процесу?

- а) не можна, тому що всі рівняння II закону термодинаміки відносяться тільки до оборотних процесів;
 б) можна, тому що перехід від початкового до кінцевого стану можна замінити одним або декількома оборотними процесами;
 в) можна, тому що всі рівняння II закону термодинаміки застосовні й до оборотних, і до необоротних процесів.

10. Як змінюється ентропія ізольованої системи, у якій оборотно кристалізується речовина?

- а) не змінюється; б) зростає;
 в) зменшується; г) може зростати, може зменшуватися.

Варіант 15.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$\text{PbS} + \text{CO} = \text{Pb} + \text{COS} + \Delta H_x \text{ кДж}$
$\text{Pb} + \text{CuS} = \text{Cu} + \text{PbS}, \Delta H_1 = -46,28 \text{ кДж}$
$\text{CuS} + \text{CO} = \text{Cu} + \text{COS}, \Delta H_2 = -87,56 \text{ кДж}$

- а) $-41,28 \text{ кДж}$; б) $41,28 \text{ кДж}$;
 в) $-133,84 \text{ кДж}$; г) $133,84 \text{ кДж}$.

2. *n*-пропанол $C_3H_8O_{(l)}$ спочатку спалили при $T = 300\text{ K}$ у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

- а) даних для відповіді недостатньо;
 б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298\text{ K}$ та $p = 1,013 \cdot 10^5\text{ Па}$ випаровується 1 кг оксидолу $o-C_8H_{10(p)}$ ($M = 106,0$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості оксидолу (кДж).

Речовина	ΔH^0_{298} кДж/моль
$o-C_8H_{10(p)}$	-24,4
$o-C_8H_{10(g)}$	-17,82

- а) 6,58 кДж; б) -62,075 кДж;
 в) 62,075 кДж; г) -6,58 кДж.

4. По теплоті згоряння етанолу $C_2H_6O_{(p)}$ ($\Delta H_{зг} = -1366,91$ кДж/моль) знайти його теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{зг, C} = -393,51$ кДж/моль; $\Delta H_{зг, H_2} = -285,84$ кДж/моль.

- а) $-277,63 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $-31,61 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; в) $-115,77 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) $-563,58 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$

5. Відомо, що для хімічної реакції $A_{(p)} + B_{(p)} = 2AB_{(p)}$ мольні теплоємності реагентів відповідно дорівнюють: 20,0; 12,0 і 16,0 (Дж/моль·К). Як буде змінюватися тепловий ефект цієї реакції при підвищенні температури від 400 К до 600 К?

- а) буде рости;
 б) буде зменшуватися;
 в) не буде змінюватися;
 г) спочатку буде зростати, потім зменшуватися;
 д) спочатку буде зменшуватися, потім зростати.

6. Яке співвідношення між ΔU і ΔH для реакції $2A + B = 3C$?

- а) $\Delta H > \Delta U$; б) $\Delta U > \Delta H$; в) $\Delta H = \Delta U$;

г) відповідь дати не можна, тому що невідомо, у яких агрегатних станах перебувають реагуючі речовини.

7. Напишіть закон Кірхгофа в диференціальній формі.

а) $d\Delta H/dT = -\Delta C_p$; б) $dH/dT = \Delta C_p$;

в) $d\Delta H/T = \Delta C_p$; г) $d\Delta H/dT = \Delta C_p$.

8. Чому дорівнює теплоємність ΔC_p при постійному тиску та $T=1000\text{ K}$?

а) $C_p = 1000 R$; б) $C_p = 3/2 R$; в) $C_p = 5/2 R$; г) $C_V = 3/2 R$;

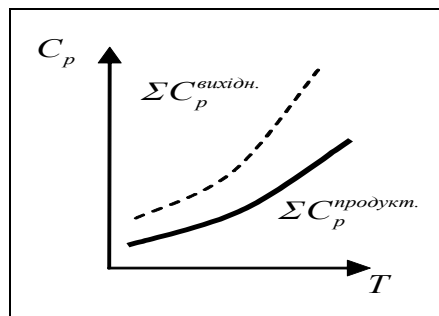
д) необхідно знати значення a , b , c для температурної залежності теплоємності.

9. Який характер залежності ентропії від температури для індивідуальної речовини?

а) $\Delta S > 0$; б) $\Delta S = 0$; в) $\Delta S < 0$;

г) це залежить від типу речовини.

10. На рисунку наведена залежність теплоємності продуктів і вихідних речовин від T для деякої реакції. Зобразіть графічно залежність ΔH реакції від T .



а) ΔH зменшується; в) ΔH проходить через max;

г) ΔH проходить через min. б) ΔH зростає;

Варіант 16.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{CO} + \text{H}_2\text{O} + \Delta H_x \text{ кДж}$
$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + 3\text{H}_2, \Delta H_1 = + 206,13 \text{ кДж}$
$\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 = \text{CH}_{4(\text{г})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{р})}, \Delta H_2 = - 130,1 \text{ кДж}$

а) $- 336,26 \text{ кДж}$; б) $326,26 \text{ кДж}$; в) $- 76,03 \text{ кДж}$; г) $76,03 \text{ кДж}$.

2. Етиленгліколь $C_2H_6O_{2(p)}$ спочатку спалили при $T = 300\text{ K}$ у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

- а) даних для відповіді недостатньо;
 б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298\text{ K}$ та $p = 1,013 \cdot 10^5\text{ Па}$ випаровується 1 кг н-ксилолу $n-C_8H_{10(p)}$ ($M = 106,0$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості н-ксилолу (кДж).

Речовина	ΔH^0_{298} кДж/моль
$n-C_8H_{10}$ (р)	- 24,34
$n-C_8H_{10}$ (г)	-17,95

- а) 6,39 кДж; б) -6,39 кДж;
 в) - 60,1 кДж; г) 60,1 кДж.

4. По теплоті згоряння етиленгліколю $C_2H_6O_{2(p)}$ ($\Delta H_{зг} = -1192,86\text{ кДж/моль}$) знайти його теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{зг,C} = -393,51\text{ кДж/моль}$; $\Delta H_{зг,H_2} = -285,84\text{ кДж/моль}$.

- а) $-277,63 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $-31,61 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; в) $-451,7 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) $-563,58 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

5. Укажіть реакцію, тепловий ефект якої представляє теплоту згоряння CS_2 :

- а) $CS_2 + 4 O_2 = CO_2 + 2 SO_3$; б) $CS_2 + O_2 = CO_2 + S_2$;
 в) $CS_2 + 3 O_2 = CO_2 + 2 SO_2$; г) $CS_2 + 5/2 O_2 = CO + 2 SO_2$.

6. Теплота утворення речовини в стандартних умовах позначається символом

- а) $C_{p, 298}$; б) $\Delta_f H^0_{298}$; в) S^0_{298} ; г) $\Delta_f G^0_{298}$.

7. Аналітичним виразом II закону термодинаміки для неізольованих систем є:

- а) $dS = \delta Q/T$; б) $dS \geq \delta Q/T$;
 в) $dS \leq \delta Q/T$; г) $dS \geq 0$.

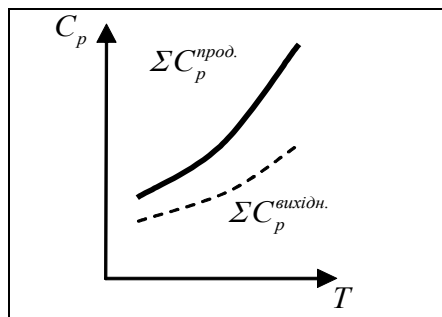
8. Математичний вираз першого закону термодинаміки:

- а) $Q = \Delta U + A$; б) $Q = \Delta U - A$;
 в) $Q = -\Delta H$; г) $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$.

9. Стандартній теплоті утворення CaCO_3 відповідає тепловий ефект реакції

- а) $\text{CO}_2 + \text{CaO} = \text{CaCO}_3$;
 б) $\text{C} + \text{Ca} + 1,5\text{O}_2 = \text{CaCO}_3$;
 в) $\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$;
 г) $2\text{C} + 2\text{Ca} + 3\text{O}_2 = 2\text{CaCO}_3$.

10. На рисунку наведена залежність теплоємності продуктів і вихідних речовин від T для деякої реакції. Укажіть графічно залежність ΔH реакції від T .



- а) ΔH зменшується; б) ΔH зростає;
 в) ΔH проходить через max;
 г) ΔH проходить через min.

Варіант 17.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$\text{C}_2\text{H}_6 = \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2 + \Delta H_x$ кДж
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{H}_2 = \text{C}_2\text{H}_6 + \text{H}_2\text{O}$, $\Delta H_1 = + 12,92$ кДж
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O}$, $\Delta H_2 = + 45,29$ кДж

- а) 32,37 кДж; б) - 32,37кДж;
 в) - 58,21кДж; г) 58,21 кДж.

2. Ацетон $C_3H_6O_{(p)}$ спочатку спалили при $T = 300\text{ K}$ у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

- а) даних для відповіді недостатньо;
 б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298\text{ K}$ та $p = 1,013 \cdot 10^5\text{ Па}$ випаровується 1 кг метанолу $CH_4O_{(p)}$ ($M = 32,0$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості метанолу (кДж).

Речовина	ΔH^0_{298} кДж/моль
CH_4O (р)	-238,7
CH_4O (г)	-201,2

- а) 37,5 кДж; б) 1171,9 кДж;
 в) 439,9 кДж; г) -439,9 кДж.

4. По теплоті згоряння ацетону $C_3H_6O_{(p)}$ ($\Delta H_{зг} = -1789,79$ кДж/моль) знайти його теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{зг, C} = -393,51$ кДж/моль; $\Delta H_{зг, H_2} = -285,84$ кДж/моль.

- а) $-277,63 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $-248,26 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; в) $-451,68 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) $-563,58 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$

5. Укажіть реакцію, тепловий ефект якої представляє теплоту утворення H_2SO_4 .

- а) $H_2 + S + 2O_2 = H_2SO_4$; б) $2H + S + 4O = H_2SO_4$;
 в) $2H_2 + S_2 + 4O_2 = 2H_2SO_4$; г) $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$.

6. Яке співвідношення між c_p і c_v для ідеальних газів?

- а) $C_p + C_v = R$; б) $C_p - C_v = R$;
 в) $C_p / C_v = R$; г) $C_p = C_v + RT$.

7. Залежність теплоти утворення речовини від T має вираз:

$$\Delta H = -10393 - 4,627 T + 15,9 \cdot 10^{-3} T^2 - 18,49 \cdot 10^5 T^{-1}.$$

Дайте рівняння залежності $\Delta c_p = f(T)$.

- а) $\Delta C_p = -10393 - 4,627 T$;
 б) $\Delta C_p = -4,627 T + 15,9 \cdot 10^{-3} T^2 - 18,49 \cdot 10^5 T^{-1}$;
 в) $\Delta C_p = -4,627 + 31,8 \cdot 10^{-3} T + 18,49 \cdot 10^5 T^{-2}$;
 г) необхідно знати тепловий ефект даної реакції при $T = 298\text{ K}$.

8. Які умови називаються стандартними? Які дані необхідно мати, щоб розрахувати тепловий ефект хімічної реакції в стандартних умовах?

- а) $T = 298 \text{ K}$ і $p = 1 \text{ атм}$; теплоти утворення реагуючих речовин;
- б) $p = 1 \text{ атм}$; теплоти утворення або згоряння реагуючих речовин;
- в) $p = 1 \text{ атм}$ і $c = 1 \text{ моль/л}$; тепловий ефект реакції при постійному тиску;
- г) $T = 298 \text{ K}$, теплоти згоряння або теплоти утворення реагуючих речовин.

9. За яких умов тепловий ефект змінюється обернено пропорційно температурі?

- а) якщо $\Delta H > 0$; б) якщо $\Delta H < 0$;
- в) якщо $\Delta C_p > 0$ і $\Delta C_p = \text{const}$;
- г) якщо $\Delta C_p < 0$ і $\Delta C_p = \text{const}$.

10. Сформулюйте (аналітично) закон Кірхгофа.

- а) $dC_p = \delta Q/T$; б) $C_p = \delta Q_p/\delta T$;
- в) $\Delta C_p \geq Q/dT$; г) $\Delta C_p \geq \Delta Q/dT$.

Варіант 18.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$\text{CO} + \text{Cl}_2 = \text{COCl}_2 + \Delta H_x \text{ кДж}$
$2 \text{CO} + \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2 = \text{COCl}_2 + \text{H}_2 + \text{CO}_2, \Delta H_1 = -150,14 \text{ кДж}$
$\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}, \Delta H_2 = +41,17 \text{ кДж}$

- а) $-191,31 \text{ кДж}$; б) $191,31 \text{ кДж}$;
- в) $-108,97 \text{ кДж}$; г) $108,97 \text{ кДж}$.

2. Бензиловий спирт $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}_{(p)}$ спочатку спалили при $T = 300 \text{ K}$ у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

- а) даних для відповіді недостатньо;
- б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298 \text{ K}$ та $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ випаровується 1 кг гліцерину $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3(p)$ ($M = 92,0$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості гліцерину (кДж).

Речовина	ΔH^0_{298} кДж/моль
$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 (p)$	159,8
$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 (г)$	282,5

- а) 122,7 кДж; б) -122,7 кДж;
в) 1333,75Дж; г) 791,7 кДж.

4. По теплоті згоряння гліцерину $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3(p)$ ($\Delta H_{зг} = - 1664,4$ кДж/моль) знайти його теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{зг, \text{C}} = - 393, 51$ кДж/моль; $\Delta H_{зг, \text{H}_2} = - 285,84$ кДж/моль.

- а) $- 277,63 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $- 248,26 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; в) $-451,68 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) $-659,49 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$

5. Система складається із двох частин, кожна з яких має певну ентропію S_1 і S_2 . Як можна виразити ентропію системи в цілому?

- а) $S = S_1 + S_2$; б) $S = S_1 - S_2$;
в) $S = (S_1 \cdot S_2)/2$; г) $S = (S_1 \cdot S_2)^{1/2}$.

6. До інтенсивних властивостей хімічної системи відноситься

- а) об'єм; б) кількість речовини;
в) енергія; г) концентрація.

7. Як пов'язані ентропії агрегатних станів – пари, рідини, твердого тіла?

а) ентропія твердого тіла, рідини й пара рівні між собою, тому що перехід з одного стану в інше завжди відбувається при постійній температурі й тиску;

б) ентропія пари більше ентропії рідини й тим більша ентропії твердого тіла;

в) ентропія твердого тіла більше ентропії рідини й тим більша ентропії газу;

г) співвідношення залежить від природи речовини.

8. Як визначається зміна ентропії в процесі фазового перетворення?

- а) $\Delta S_{\text{ф.п.}} = \Delta H_{\text{ф.п.}} / T_{\text{ф.п.}}$; б) $\Delta S_{\text{ф.п.}} = \Delta H_{\text{ф.п.}} \cdot T_{\text{ф.п.}}$;
 в) $\Delta S_{\text{ф.п.}} = \Delta H_{\text{ф.п.}} + T_{\text{ф.п.}}$; г) $\Delta S_{\text{ф.п.}} = \Delta H_{\text{ф.п.}} - T_{\text{ф.п.}}$.

9. Тепло утворення речовини в стандартних умовах позначається символом

- а) $C_{p, 298}$; б) $\Delta_f H_{298}^0$; в) S_{298}^0 г) $\Delta_f G_{298}^0$

10. Процес протікає при постійних об'ємі і температурі; напрямком процесу при цьому визначається функцією:

- а) F ; б) G ; в) U ; г) H .

Варіант 19.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$C_2H_2 + 2H_2 = C_2H_6 + \Delta H_x$ кДж
$C_2H_4 = C_2H_2 + H_2, \Delta H_1 = +174,45$ кДж
$C_2H_4 + H_2 = C_2H_6, \Delta H_2 = -32,37$ кДж

- а) $-142,08$ кДж; б) $142,08$ кДж;
 в) $-206,82$ кДж; г) $206,82$ кДж.

2. Циклопентан $C_5H_{10(p)}$ спочатку спалили при $T = 300$ К у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

- а) даних для відповіді недостатньо;
 б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298$ К та $p = 1,013 \cdot 10^5$ Па випаровується 1 кг етанолу $C_2H_6O_{(p)}$ ($M = 46,0$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості етанолу (кДж).

Речовина	ΔH_{298}^0 кДж/моль
C_2H_6O (р)	- 277,6
C_2H_6O (г)	- 235,3

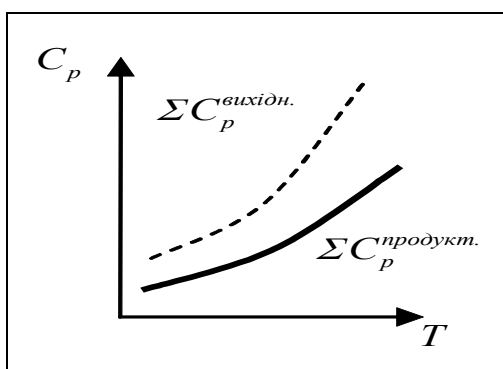
- а) - 42,3 кДж; б) -512,9 кДж;
 в) 42,3 кДж; г). 919,6 кДж.

4. По теплоті згоряння фенолу $C_6H_6O_{(кр)}$ ($\Delta H_{зг} = - 3036,52$ кДж/моль) знайти його теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{зг, C} = - 393, 51$ кДж/моль; $\Delta H_{зг, H_2} = - 285,84$ кДж/моль.

- а) - 277,63 $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) - 248,26 $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; в) - 451,68 $\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) - 182,06

$\frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$

5. На рисунку наведена залежність теплоємності кінцевих продуктів і вихідних речовин від температури для деякої реакції. Зобразіть графічно залежність теплового ефекту реакції (ΔH) від T .



- а) ΔH зменшується; б) ΔH зростає;
 в) ΔH проходить через max;
 г) ΔH проходить через min.

6. Укажіть реакцію, тепловий ефект якої представляє теплоту згоряння CS_2 :

- а) $CS_2 + 4 O_2 = CO_2 + 2 SO_3$;
 б) $CS_2 + O_2 = CO_2 + S_2$;
 в) $CS_2 + 3 O_2 = CO_2 + 2 SO_2$;
 г) $CS_2 + 5/2O_2 = CO + 2 SO_2$.

7. Аналітичним виразом II начала термодинаміки для неізольованих систем є:

a) $dS = \delta Q/T$; б) $dS \geq \delta Q/T$;

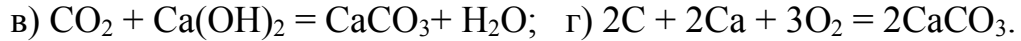
в) $dS \leq \delta Q/T$; г) $dS \geq 0$.

8. Математичний вираз першого закону термодинаміки:

a) $Q = \Delta U + A$; б) $Q = \Delta U - A$;

в) $Q = -\Delta H$; г) $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$.

9. Стандартній теплоті утворення CaCO_3 відповідає тепловий ефект реакції



10. Ізотермічний процес протікає при

a) $T \neq \text{const}$; б) $p = \text{const}, T = \text{const}$; в) $p = \text{const}$; г) $T = \text{const}$.

Варіант 20.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 = \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \Delta H_x$ кДж
$\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 + 2\text{C}_2\text{H}_4 = \text{CH}_4 + 2\text{C}_2\text{O}_5\text{OH}$, $\Delta H_1 = -255,54$ кДж
$\text{C}_2\text{O}_5\text{OH} = \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O}$, $\Delta H_2 = +45,29$ кДж

a) $-346,12$ кДж; б) $-164,96$ кДж;

в) $-210,25$ кДж; г) $300,83$ кДж.

2. Хінон $\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_2(\text{кр})$ спочатку спалили при $T = 300$ К у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

a) даних для відповіді недостатньо;

б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298$ К та $p = 1,013 \cdot 10^5$ Па випаровується 1 кг етиленгліколю $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_{(р)}$ ($M = 46,0$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості етиленгліколю (кДж).

Речовина	ΔH^0_{298} кДж/моль
$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_{(р)}$	$-454,9$

$C_2H_6O_{(г)}$	$- 397,6$
-----------------	-----------

- а) 919,6 кДж; б) 1245,7 кДж;
в) 57,3 кДж; г) $- 57,3$ кДж.

4. По теплоті згоряння мурашиної кислоти $CH_2O_{2(p)}$ ($\Delta H_{32} = -256,48$ кДж/моль) знайти її теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{32,C} = -393,51$ кДж/моль; $\Delta H_{32,H_2} = -285,84$ кДж/моль.

- а) $-277,63 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $-422,87 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; в) $-451,68 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) $-155,04 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$

5. До інтенсивних властивостей хімічної системи відноситься

- а) об'єм; б) кількість речовини;
в) енергія; г) концентрація.

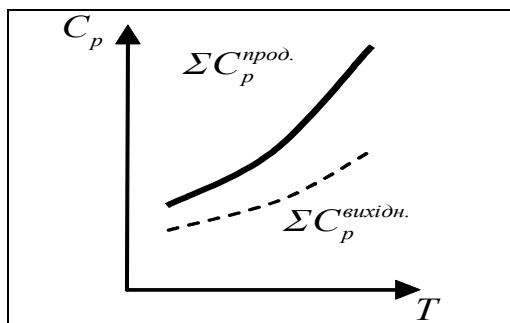
6. Для реакції $H_{2(g)} + I_{2(g)} = 2HI_{(g)}$ співвідношення між тепловими ефектами при постійному об'ємі та при постійному тиску:

- а) $\Delta H^0 > \Delta U^0$; б) $\Delta H^0 = \Delta U^0$; в) $\Delta H^0 < \Delta U^0$;
г) це залежить від кількості реагентів.

7. Ентропія є мірою

- а) стійкості; б) вірогідності;
в) стабільності; г) напрямку.

8. На рисунку наведена залежність теплоємності продуктів і вихідних речовин від T для реакції. Зобразіть графічно залежність теплового ефекту (ΔH) від T .



- а) ΔH зменшується; б) ΔH проходить через max;
в) ΔH зростає; г) ΔH проходить через min.

9. Ізобарний процес протікає при

- а) $T \neq \text{const}$; б) $p = \text{const}, T = \text{const}$;

- в) $p = \text{const}$; г) $T = \text{const}$.

10. Функцією стану називається функція, зміна якої

- а) не залежить від напрямку процесу;
 б) визначається сумою кінцевого та початкового станів процесу;
 в) залежить від агрегатного стану речовин;
 г) не залежить від шляху процесу, а тільки від кінцевого та початкового станів.

Варіант 21.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{CO} + \text{H}_2\text{O} + \Delta H_x$ кДж
$\text{CO}_2 + 3\text{H}_2 = \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$, $\Delta H_1 = -86,87$ кДж
$\text{CH}_3\text{OH} = \text{CO} + 2\text{H}_2$, $\Delta H_2 = +128,04$ кДж

- а) 41,17 кДж; б) -41,17 кДж;
 в) -213,91 кДж; г) 213,91 кДж.

2. Сечовину $\text{CH}_4\text{ON}_2(\text{кр})$ спочатку спалили при $T = 300$ К у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

- а) даних для відповіді недостатньо;
 б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298$ К та $p = 1,013 \cdot 10^5$ Па випаровується 1 кг ацетону $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}(\text{р})$ ($M = 58,0$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості ацетону (кДж).

Речовина	ΔH^0_{298} кДж/моль
$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}(\text{р})$	-247,7
$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}(\text{г})$	-216,4

- а) 539,6 кДж; б) -539,6 кДж;
 в) 31,3 кДж; г) -31,3 кДж.

4. По теплоті згоряння щавлевої кислоти $C_2H_2O_4(p)$ ($\Delta H_{зг} = -246,84$ кДж/моль) знайти її теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{зг,C} = -393,51$ кДж/моль; $\Delta H_{зг,H_2} = -285,84$ кДж/моль.

а) $-826,02 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $826,02 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; в) $-432,51 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) $432,51 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

5. Що більше за абсолютною величиною – теплота утворення води або теплота згоряння водню?

- а) теплота утворення води більша;
- б) теплота згоряння водню більша;
- в) порівняння теплот згоряння й теплот утворення речовин у різному агрегатному стані некоректно;
- г) теплоти однакові.

6. Чи може мимовільно протікати процес зі зменшенням ентропії?

- а) може, якщо процес протікає в ізольованій системі;
- б) не може;
- в) може, якщо процес протікає в неізольованій системі;
- г) може, завжди так і відбувається.

7. Якщо система не обмінюється з навколишнім середовищем ні енергією, ні масою, то ця система називається

- а) відкритою; б) закритою; в) ізольованою; г) ідеальною.

8. Внутрішня енергія системи – це

- а) сума потенціальної енергії взаємодії всіх часток тіла між собою;
- б) сума кінетичної енергії руху всіх часток системи;
- в) сума кінетичної та потенціальної енергій системи в цілому;
- г) загальний запас енергії системи за вилученням кінетичної енергії системи в цілому та її потенціальної енергії положення.

9. Для реакції $C + 3H_2 = CH_4 + H_2O(p)$ визначте зв'язок між тепловим ефектом при постійному об'ємі з тепловим ефектом при постійному тиску

- а) $\Delta H = \Delta U - 2RT$; б) $\Delta H = \Delta U + 3RT$;
- в) $\Delta H = \Delta U - 3RT$; г) $\Delta H = \Delta U$.

10. Тепловий ефект реакції залежить від температури за:

- а) законом Гесса; б) законом Кірхгоффа;
в) законом Больцмана; г) законом Рауля.

Варіант 22.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$\text{CH}_3\text{OH} = \text{CO} + 2\text{H}_2 + \Delta H_x \text{ кДж}$
$\text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + 3\text{H}_2, \Delta H_1 = +86,87 \text{ кДж}$
$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2, \Delta H_2 = -41,17 \text{ кДж}$

- а) 45,7 кДж; б) -45,7 кДж;
в) -128,04 кДж; г) 128,04 кДж.

2. Піридин $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}_{(p)}$ спочатку спалили при $T = 300 \text{ K}$ у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

- а) даних для відповіді недостатньо;
б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298 \text{ K}$ та $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ випаровується 1 кг н-пропанолу $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_{(p)}$ ($M = 60,0$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості н-пропанолу (кДж).

Речовина	$\Delta H^0_{298} \text{ кДж/моль}$
н- $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ (р)	-306,6
н- $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ (г)	-260,4

- а) 770,15 кДж; б) -770,15 кДж;
в) 46,2 кДж; г) -46,2 кДж.

4. По теплоті згоряння оцтової кислоти $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2_{(кр)}$ ($\Delta H_{зг} = -874,58 \text{ кДж/моль}$) знайти її теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{зг, \text{C}} = -393,51 \text{ кДж/моль}$; $\Delta H_{зг, \text{H}_2} = -285,84 \text{ кДж/моль}$.

- а) $-195,23 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $+484,12 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$;

$$\text{в) } -484,12 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}; \quad \text{г) } +195,23 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}.$$

5. Якщо система не обмінюється з навколишнім середовищем ні енергією, ні масою, то ця система називається

- а) відкритою; б) закритою; в) ізольованою; г) ідеальною.

6. Стандартним умовам відповідають наступні значення температури й тиску:

- а) $T = 273 \text{ К}$ і $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$; б) $T = 298 \text{ К}$ і $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$;
в) $T = 298 \text{ К}$ і $p = 1,0 \text{ Па}$; г) $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ і $p = 1 \text{ атм}$.

7. Перелічте всі відомі вам функції стану:

- а) Q, A, U ; б) H, U, G, S, F ; в) A, G, S, F ; г) S, p, V, T .

8. Порівняйте тепловий ефект реакції $\text{Mg(OH)}_2 = \text{MgO} + \text{H}_2\text{O}_{(г)}$, що протікає у відкритій посудині при $T = 400 \text{ К}$ і $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$, з тепловим ефектом при тієї ж температурі, але в закритій посудині.

- а) тепловий ефект зросте; б) тепловий ефект зменшиться;
в) тепловий ефект не зміниться; г) даних недостатньо.

9. Стандартна теплота утворення рідкого нітробензолу при $T = 298 \text{ К}$ дорівнює $178,7 \text{ кДж/моль}$; укажіть рівняння реакції, до якої належить цей тепловий ефект:

- а) $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + \text{O}_2 = \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + \text{H}_2$;
б) $6\text{C} + 5\text{H} + \text{N} + 2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$;
в) $6\text{C} + 2,5\text{H}_2 + 0,5\text{N}_2 + \text{O}_2 = \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$;
г) $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{NO}_2 = \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + 0,5 \text{ H}_2$.

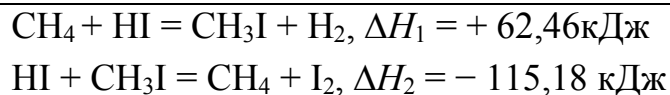
10. Система складається з 3-х частин, кожна з яких має певну ентропію: S_1, S_2, S_3 ; ентропія системи в цілому:

- а) $S = S_1 + S_2 + S_3$; б) $S = S_1 - S_2 - S_3$;
в) $S = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3$; г) $S = (S_1 \cdot S_2 \cdot S_3)^{1/3}$.

Варіант 23.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$2\text{HI} = \text{I}_2 + \text{H}_2 + \Delta H_x \text{ кДж}$



- а) 52,72 кДж; б) -52,72 кДж;
 в) - 177,64 кДж; г) 177,64 кДж.

2. Метиламін $\text{CH}_5\text{N}_{(г)}$ спочатку спалили при $T = 300 \text{ К}$ у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

- а) даних для відповіді недостатньо;
 б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298 \text{ К}$ та $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ випаровується 1 кг ізопропанолу ізо- $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_{(р)}$ ($M = 60,0$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості ізопропанолу (кДж).

Речовина	$\Delta H^0_{298} \text{ кДж/моль}$
ізо- $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_{(р)}$	- 318,7
ізо- $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_{(г)}$	- 275,4

- а) 43,3 кДж; б) -721,8 кДж;
 в) 721,8 кДж; г) - 43,3 кДж.

4. По теплоті згоряння бензойної кислоти $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2_{(кр)}$ ($\Delta H_{зг} = - 3227,54 \text{ кДж/моль}$) знайти її теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{зг, \text{C}} = -393,51 \text{ кДж/моль}$; $\Delta H_{зг, \text{H}_2} = - 285,84 \text{ кДж/моль}$.

- а) $-384,55 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $384,55 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; в) $- 384,55 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) $384,55 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

5. Якщо система обмінюється з навколишнім середовищем енергією та масою, то ця система називається

- а) відкритою; б) закритою;
 в) ізольованою; г) ідеальною.

6. Теплота утворення речовини вимірюється в

- а) Дж/моль; б) Дж/моль·К;
 в) Дж/кг·К; г) Дж/м³·К.

7. Молярна абсолютна ентропія речовини в стандартних умовах позначається символом:

а) $C_{p,298}^0$; б) $\Delta_f H_{298}^0$; в) S_{298}^0 ; г) $\Delta_f G_{298}^0$.

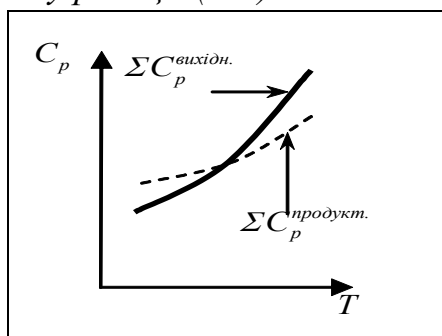
8. До екстенсивних властивостей хімічної системи відноситься

а) температура; б) тиск;
в) об'єм; г) хімічний потенціал.

9. Укажіть реакцію, тепловий ефект якої представляє теплоту утворення H_2SO_4 :

а) $H_2 + S + 2O_2 = H_2SO_4$; б) $2H + S + 4O = H_2SO_4$;
в) $2H_2 + S_2 + 4O_2 = 2H_2SO_4$; г) $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$.

10. На рисунку наведена залежність теплоємності продуктів і вихідних речовин від T для деякої реакції. Зобразіть графічно залежність теплового ефекту реакції (ΔH) від T .



а) ΔH зменшується; б) ΔH зростає;
в) ΔH проходить через max;
г) ΔH проходить через min.

Варіант 24.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$H_2O + CO = CO_2 + H_2 + \Delta H_x$ кДж
$C_2H_6 + CO_2 + H_2 = CH_3COCH_3 + H_2O, \Delta H_1 = + 18,80$ кДж
$C_2H_6 + CO = CH_3COCH_3, \Delta H_2 = - 22,37$ кДж

а) 41,17 кДж; б) -41,17кДж;
в) - 3,57кДж; г) 3,57 кДж.

2. Діметиламін $C_2H_7N_{(g)}$ спочатку спалили при $T = 300\text{ K}$ у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

- а) даних для відповіді недостатньо;
 б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298\text{ K}$ та $p = 1,013 \cdot 10^5\text{ Па}$ випаровується 1 кг н-амілового спирту $n-C_5H_{12}O_{(p)}$ ($M=88,0$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості н-амілового спирту (кДж).

Речовина	ΔH^0_{298} кДж/моль
$n-C_5H_{12}O_{(p)}$	- 360,4
$n-C_5H_{12}O_{(r)}$	- 307,2

- а) 53,2 кДж; б) -604,5 кДж;
 в) 604,5 кДж; г) - 53,2 кДж.

4. По теплоті згоряння сахарози $C_{12}H_{22}O_{11(kp)}$ ($\Delta H_{зг} = - 5648,0$ кДж/моль) знайти її теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{зг, C} = - 393, 51$ кДж/моль; $\Delta H_{зг, H_2} = - 285,84$ кДж/моль.

- а) $-142,7 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $+182,7 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$;
 в) $- 2218,36 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) $+ 2218,36 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

5. Ентропія речовини при нагріванні

- а) збільшується; б) зменшується;
 в) не змінюється; г) може збільшуватися, може зменшуватися.

6. У математичному записі першого начала термодинаміки теплота позначається символом:

- а) U ; б) Q ; в) A ; г) δ .

7. Процес протікає в умовах сталості температури і об'єму. Який термодинамічний потенціал слід вибрати як критерій напрямку протікання мимовільних процесів у цих умовах?

- а) ΔH ; б) ΔG ; в) ΔU ; г) ΔF .

8. Чи може мимовільно протікати процес зі зменшенням ентропії?

- а) може, якщо процес протікає в ізольованій системі;
- б) не може;
- в) може, якщо процес протікає в неізольованій системі;
- г) може, завжди так і відбувається.

9. Для яких реакцій тепловий ефект не залежить від температури?

- а) таких реакцій не існує;
- б) для реакцій, у яких $\Delta C_p = 0$;
- в) для реакцій, у яких $\Delta C_p = \text{const}$;
- г) відповідь неможлива без рівняння реакції.

10. Якою повинна бути зміна функції Гіббса при мимовільному протіканні ізохорного процесу?

- а) $\Delta G = 0$; б) $\Delta G < 0$; в) $\Delta G > 0$;
- г) будь-якою, оскільки ця функція за даних умов не визначає напрямку процесу.

Варіант 25.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакції, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$2\text{NO} + \text{O}_2 = \text{N}_2\text{O}_4 + \Delta H_x \text{ кДж}$
$\text{N}_2\text{O}_5 = \text{N}_2\text{O}_4 + \frac{1}{2} \text{O}_2, \Delta H_1 = + 169,22 \text{ кДж}$
$\text{N}_2\text{O}_5 = 2 \text{NO} + \frac{3}{2} \text{O}_2, \Delta H_2 = - 329,52 \text{ кДж}$

- а) 498,74 кДж; б) -498,74 кДж;
- в) - 160,3 кДж; г) 160,3 кДж.

2. Бензиловий спирт $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}_{(л)}$ спочатку спалили при $T = 300 \text{ K}$ у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

- а) даних для відповіді недостатньо;
- б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298 \text{ K}$ та $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ випаровується 1 кг йодистого метилу $\text{CH}_3\text{I}_{(p)}$ ($M = 142,0$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості йодистого метилу (кДж).

Речовина	ΔH^0_{298} кДж/моль
$\text{CH}_3\text{I}_{(p)}$	- 8,4
$\text{CH}_3\text{I}_{(r)}$	- 20,5

- а) - 12,1 кДж; б) 12,1 кДж;
в) - 85,2 кДж; г) 85,2 кДж.

4. По теплоті згоряння оксид-сульфід вуглецю $\text{COS}_{(e)}$ ($\Delta H_{32} = -553,1 \text{ кДж/моль}$) знайти його теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{32, \text{C}} = -393,51 \text{ кДж/моль}$; $\Delta H_{32, \text{H}_2} = -285,84 \text{ кДж/моль}$; $\Delta H_{32, \text{S}} = -296,9 \text{ кДж/моль}$.

- а) $-423,15 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $137,31 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; в) $-137,31 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) $423,15 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

5. Формула, яка показує, у якому співвідношенні перебувають величини ΔH і ΔU для хімічної реакції, має вигляд:

- а) $\Delta H = \Delta U - RT \Delta V$; б) $\Delta H = \Delta U$;
в) $\Delta H = \Delta U + \Delta n RT$; г) $\Delta U = \Delta H + \Delta n \cdot RT$.

6. Рівняння для розрахунку збільшення ентропії деякої речовини при нагріванні її від T_1 до T_2 має вигляд:

- а) $\Delta S = C_V \cdot \ln T_2 / T_1$; б) $\Delta S = C_p \cdot \ln T_2 / T_1$;
в) $\Delta S = \Delta C_p \cdot T$; г) $\Delta S = C_p \cdot (T_2 - T_1)$.

7. Теплота утворення фосфорної кислоти при 298 K дорівнює ΔH^0 . Оберіть реакцію, якій відповідає цей тепловий ефект

- а) $3\text{H} + \text{P} + 4\text{O} = \text{H}_3\text{PO}_4$;
б) $3\text{H}_2 + 4\text{O}_2 = 2\text{H}_3\text{PO}_4$;
в) $3/2 \text{H}_2 + 2\text{O}_2 + \text{P} = \text{H}_3\text{PO}_4$;
г) $3 \text{H}_2\text{O} + \text{P}_2\text{O}_5 = 2 \text{H}_3 \text{PO}_4$.

8. Теплота, що необхідна для зміни температури одного грама речовини на один градус, називається:

- а) питомою теплоємністю; б) мольною теплоємністю;
в) середньою теплоємністю; г) істинною теплоємністю.

9. Відомо, що для хімічної реакції $A + B = 2AB$ мольні теплоємності відповідно дорівнюють: 20,0; 12,0; 15,0 (Дж/моль·К); тепловий ефект реакції при підвищенні температури буде:

- а) рости; б) зменшуватися;
в) не буде змінюватися;
г) спочатку буде рости, а потім зменшуватися.

10. В ізольованій системі мимовільно протікає хімічна реакція. Ентропія такої системи:

- а) зростає; б) залишається незмінною;
в) зменшується;
г) відповістити на поставлене запитання неможливо без вказівки, яка саме реакція протікає.

Варіант 26.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$H_2O + CO = CO_2 + H_2 + \Delta H_x$ кДж
$CH_3COCH_3 + H_2O = C_2H_6 + CO_2 + H_2, \Delta H_1 = -18,80$ кДж
$CH_3COCH_3 = C_2H_6 + CO, \Delta H_2 = +41,17$ кДж

- а) 22,37 кДж; б) -22,37 кДж;
в) 60,0 кДж; г) -60,0 кДж.

2. Формальдегід $CH_2O_{(g)}$ спочатку спалили при $T = 300$ К у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

- а) даних для відповіді недостатньо;
б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298$ К та $p = 1,013 \cdot 10^5$ Па випаровується 1 кг діхлорметану $CH_2Cl_{2(p)}$ ($M = 85,0$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості діхлорметану (кДж).

Речовина	ΔH^0_{298} кДж/моль
CH_2Cl_2 (р)	- 117,1
CH_2Cl_2 (г)	- 87,9

- а) 343,4 кДж; б) -343,4 кДж;
 в) 29,2 кДж; г) - 29,2 кДж.

4. По теплоті згоряння сірковуглецю $\text{CS}_{2(l)}$ ($\Delta H_{32} = - 1075,0$ кДж/моль) знайти його теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{32,C} = -393,51$ кДж/моль; $\Delta H_{32,H_2} = - 285,84$ кДж/моль; $\Delta H_{32,S} = - 296,9$ кДж/моль.

- а) $-87,69 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $+87,69 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; в) $- 423,15 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) $+ 423,15 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

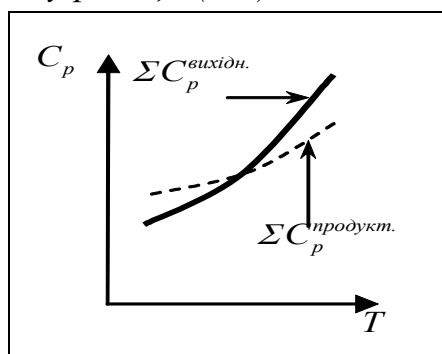
5. Ізохорний процес протікає при

- а) $p = \text{const}$; б) $p = \text{const}, T = \text{const}$;
 в) $V = \text{const}$; г) $V \neq \text{const}$.

6. Співвідношення для ідеального газу між C_p і C_V :

- а) $C_p + C_V = R$; б) $C_p/C_V = R$; в) $C_p = C_V + R$; г) $C_p = C_V + RT$.

7. На рисунку наведена залежність теплоємності продуктів і вихідних речовин від T для деякої реакції. Зобразіть графічно залежність теплового ефекту реакції (ΔH) від T .



- а) ΔH зменшується; б) ΔH зростає;
 в) ΔH проходить через max; г) ΔH проходить через min.

8. Ентропія ізольованої системи, в якій іде оборотний процес,

- а) не змінюється; б) зростає;
 в) зменшується; г) може зростати, може зменшуватись.

9. У якому співвідношенні перебувають молярні ентропії трьох агрегатних станів однієї речовини: газу, рідини, твердого тіла?

а) $S_{(г)} > S_{(р)} > S_{(тв)}$;

б) $S_{(г)} < S_{(р)} < S_{(тв)}$;

в) $S_{(г)} = S_{(р)} = S_{(тв)}$;

г) треба вказати конкретну речовину.

10. Якщо тепловий ефект реакції з ростом температури зменшується, то співвідношення теплоємностей вихідних речовин і продуктів у ході процесу наступне:

а) $\sum C_p(\text{вих}) > \sum C_p(\text{прод})$; б) $\sum C_p(\text{вих}) = \sum C_p(\text{прод})$;

в) $\sum C_p(\text{вих}) < \sum C_p(\text{прод})$; г) даних для відповіді недостатньо.

Варіант 27.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$\text{CuS} + \text{Cu} = \text{Cu}_2\text{S} + \Delta H_x \text{ кДж}$
$\text{Cu}_2\text{S} + \text{CO} = 2\text{Cu} + \text{COS} + \text{H}_2, \Delta H_1 = -62,20 \text{ кДж}$
$\text{CuS} + \text{CO} = \text{Cu} + \text{COS}, \Delta H_2 = -88,56 \text{ кДж}$

а) 150,76 кДж;

б) -150,76 кДж;

в) -26,36 кДж;

г) 26,360 кДж.

2. Анілін $\text{C}_6\text{H}_7\text{N}_{(р)}$ спочатку спалили при $T = 300 \text{ K}$ у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

а) даних для відповіді недостатньо;

б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298 \text{ K}$ та $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ випаровується 1 кг хлороформу $\text{CHCl}_{3(р)}$ ($M = 119,5$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості хлороформу (кДж).

Речовина	$\Delta H^0_{298} \text{ кДж/моль}$

CHCl_3 (р)	- 117,1
CHCl_3 (г)	- 87,9

- а) - 244,4 кДж; б) 29,2 кДж;
 в) 244,4 кДж; г) - 29,2 кДж.

4. По теплоті згоряння сечовини $\text{CH}_4\text{ON}_{2(\text{кр})}$ ($\Delta H_{32} = - 634,3$ кДж/моль) знайти її теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{32, \text{C}} = - 393,51$ кДж/моль; $\Delta H_{32, \text{H}_2} = - 285,84$ кДж/моль.

- а) $-87,69 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $- 330,89 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; в) $87,69 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) $330,89 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

5. C_p He при 500 К дорівнює:

- а) 500 R; б) 3/2 R; в) 5/2 R; г) R.

6. Розмірністю ентропії є:

- а) Дж; б) Дж/моль; в) Дж/моль · К; г) Дж/К.

7. Якщо для деякої реакції зміна сумарної теплоємності додатна, то з ростом температури тепловий ефект реакції:

- а) збільшиться; б) зменшиться;
 в) не зміниться; г) даних для відповіді недостатньо.

8. Закон Кірхгоффа в диференціальній формі

- а) $d\Delta H/dT = - \Delta C_p$; б) $d\Delta H/dT = C_p$;
 в) $d\Delta H/T = \Delta C_p$; г) $d\Delta H/dT = \Delta C_p$.

9. Ентропія мимовільного процесу при постійних внутрішньої енергії й об'ємі

- а) $\Delta S > 0$; б) $\Delta S < 0$; в) $\Delta S = 0$;
 г) проходить через максимум.

10. Тепловий ефект реакції змінюється обернено пропорційно температурі

- а) якщо $\Delta H > 0$; б) якщо $\Delta H < 0$;
 в) якщо $\Delta C_p > 0$ і $\Delta C_p = \text{const}$; г) якщо $\Delta C_p < 0$ і $\Delta C_p = \text{const}$.

10. Функція Гельмгольца може служити критерієм напрямку процесу, якщо:

- а) $p, S = \text{const}$; б) $V, S = \text{const}$;

в) $V, T = \text{const}$; г) $p, T = \text{const}$.

Варіант 28.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$C_2H_4 + H_2 = C_2H_6 + \Delta H_x$ кДж
$C_2H_4 + H_2 + CO = CH_3COCH_3, \Delta H_1 = -54,74$ кДж
$CH_3COCH_3 = C_2H_6 + CO, \Delta H_2 = +22,37$ кДж

- а) 77,11 кДж; б) -77,11 кДж;
в) -32,37 кДж; г) 32,37 кДж.

2. Нітробензол $C_6H_5O_2N_{(p)}$ спочатку спалили при $T = 300$ К у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

- а) даних для відповіді недостатньо;
б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298$ К та $p = 1,013 \cdot 10^5$ Па випаровується 1 кг хлорбензолу $C_6H_5Cl_{(p)}$ ($M = 112,5$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості хлорбензолу (кДж).

Речовина	ΔH^0_{298} кДж/моль
$C_6H_5Cl_{(p)}$	10,65
$C_6H_5Cl_{(r)}$	52,13

- а) 368,7 кДж; б) -368,7 кДж;
в) 41,48 кДж; г) -41,48 кДж.

4. По теплоті згоряння піридину $C_5H_5N_{(p)}$ ($\Delta H_{зг} = -2755,2$ кДж/моль) знайти його теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{зг, C} = -393,51$ кДж/моль; $\Delta H_{зг, H_2} = -285,84$ кДж/моль.

$$\begin{array}{ll} \text{а) } -73,05 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}; & \text{б) } +73,05 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}; \\ \text{в) } -320,5 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}; & \text{г) } +320,5 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}. \end{array}$$

5. Ентропія – це

- а) тепловий ефект реакції при $p = \text{const}$;
- б) тепловий ефект реакції при $V = \text{const}$;
- в) міра відхилення від стехіометрії;
- г) міра неупорядкованості у системі.

6. Якщо для деякої реакції не відбувається зміни сумарної теплоємності, то з ростом температури тепловий ефект реакції:

- а) збільшиться; б) зменшиться;
- в) не зміниться; г) даних для відповіді недостатньо.

7. Теплота утворення фосфорної кислоти при 298 К дорівнює ΔH^0 . Оберіть реакцію, якій відповідає цей тепловий ефект

- а) $3\text{H} + \text{P} + 4\text{O} = \text{H}_3\text{PO}_4$;
- б) $3\text{H}_2 + 4\text{O}_2 = 2\text{H}_3\text{PO}_4$;
- в) $3/2 \text{H}_2 + 2\text{O}_2 + \text{P} = \text{H}_3\text{PO}_4$;
- г) $3\text{H}_2\text{O} + \text{P}_2\text{O}_5 = 2\text{H}_3\text{PO}_4$.

8. $C_p \text{O}_2$ (газ вважати ідеальним) при $T = 1000 \text{ K}$ дорівнює

- а) $1000 R$; б) $3/2 R$; в) $5/2 R$; г) $7/2 R$;
- д) для відповіді даних недостатньо.

9. Зміна ентропії в процесі фазового перетворення визначається як:

- а) $\Delta S_{\text{ф.п.}} = \Delta H_{\text{ф.п.}} / T_{\text{ф.п.}}$; б) $\Delta S_{\text{ф.п.}} = \Delta H_{\text{ф.п.}} \cdot T_{\text{ф.п.}}$;
- в) $\Delta S_{\text{ф.п.}} = \Delta H_{\text{ф.п.}} + T_{\text{ф.п.}}$; г) $\Delta S_{\text{ф.п.}} = \Delta H_{\text{ф.п.}} - T_{\text{ф.п.}}$.

10. Для реакції $\text{C} + 3 \text{H}_2 = \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}_{(\text{рід})}$ визначте зв'язок між тепловим ефектом при постійному об'ємі і тепловим ефектом при постійному тиску:

- а) $\Delta H = \Delta U - 2RT$; б) $\Delta H = \Delta U + 3RT$;
- в) $\Delta H = \Delta U - 3RT$; г) $\Delta H = \Delta U$.

Варіант 29.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$C_2H_4 + H_2 = C_2H_6 + \Delta H_x$ кДж
$C_2H_4 + 2 H_2 = 2CH_4, \Delta H_1 = -202,0$ кДж
$2CH_4 = C_2H_6 + H_2, \Delta H_2 = +65,03$ кДж

- а) 267,03 кДж; б) -267,03кДж;
в) 136,97кДж; г) - 136,97 кДж.

2. *n*-ксилол $n-C_8H_{10(p)}$ спочатку спалили при $T = 300$ К у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

- а) даних для відповіді недостатньо;
б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298$ К та $p = 1,013 \cdot 10^5$ Па випаровується 1 кг піридину $C_5H_5N_{(p)}$ ($M=79,0$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості піридину (кДж).

Речовина	ΔH^0_{298} кДж/моль
$C_5H_5N_{(p)}$	99,95
$C_5H_5N_{(г)}$	140,2

- а) - 509,6 кДж; б) - 40,25 кДж;
в) 40,25 кДж; г) 509,6 кДж.

4. По теплоті згоряння нітробензолу $C_6H_5O_2N_{(p)}$ ($\Delta H_{зг} = -3091,2$ кДж/моль) знайти його теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{зг,C} = -393,51$ кДж/моль; $\Delta H_{зг,H_2} = -285,84$ кДж/моль.

- а) $-15,54 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $+320 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$;

$$в) - 320,5 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}; \quad г) + 15,54 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}.$$

5. Ентропія правильно утвореного кристалу при наближенні до абсолютного нуля

- а) $S_{298}^0 \rightarrow 0$; б) $S_{298}^0 > \max$;
 в) $S_{298}^0 > \min$; г) S_{298}^0 не змінюється.

6. Рівнянням, яке пов'язує максимальну роботу, температурний коефіцієнт максимальної роботи й тепловий ефект ізобарного процесу, є:

- а) $\Delta G = \Delta F - T\Delta S$; б) $\Delta G = \Delta H + T\Delta S$;
 в) $A_{\max} = \Delta H - T\Delta S$; г) $A_{\max} = T\Delta S - \Delta H$.

7. Порівняйте ΔH і ΔU для реакції: $\text{H}_2\text{S} + 1,5 \text{O}_2 = \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$ (всі учасники – гази):

- а) $\Delta H > \Delta U$; б) $\Delta H < \Delta U$; в) $\Delta H = \Delta U$;
 г) для відповіді треба вказати температуру.

8. Для реакції $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 = 6\text{H}_2\text{O} + 4\text{NO}$ визначте зміну числа молів газоподібних речовин при $T = 298 \text{ K}$ і стандартному тиску:

- а) $\Delta n = 1$; б) $\Delta n = -1$; в) $\Delta n = -5$; г) $\Delta n = 5$.

9. У математичному записі першого начала термодинаміки робота позначається символом:

- а) U ; б) Q ; в) A ; г) δ .

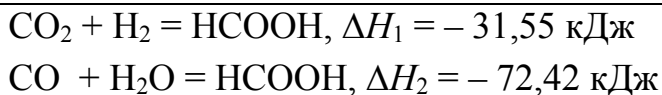
10. Для реакції $\text{C} + 2 \text{H}_2 = \text{CH}_4$ різниця між тепловими ефектами при постійному тиску й постійному об'ємі ($Q_p - Q_V$) дорівнює:

- а) $Q_p - Q_V = 2 RT$; б) $Q_p - Q_V = RT$;
 в) $Q_p - Q_V = - 2RT$; г) $Q_p - Q_V = - RT$.

Варіант 30.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$, ΔH_x кДж



- а) 103,67 кДж; б) -193,67кДж;
 в) -40,87кДж; г) 40,87 кДж.

2. Ацетилен C_2H_2 (г) спочатку спалили при $T = 300 \text{ К}$ у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

- а) даних для відповіді недостатньо;
 б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298 \text{ К}$ та $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ випаровується 1 кг аніліну $\text{C}_6\text{H}_7\text{N}$ (р) ($M=93,0$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості аніліну (кДж).

Речовина	ΔH^0_{298} кДж/моль
$\text{C}_6\text{H}_7\text{N}$ (р)	29,7
$\text{C}_6\text{H}_7\text{N}$ (г)	82,4

- а) - 566,7 кДж; б) 566,7 кДж;
 в) 52,7 кДж; г) - 52,7 кДж.

4. По теплоті згоряння формальдегіду CH_2O (г) ($\Delta H_{32} = -563,58 \text{ кДж/моль}$) знайти його теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{32, \text{C}} = -393,51 \text{ кДж/моль}$; $\Delta H_{32, \text{H}_2} = -285,84 \text{ кДж/моль}$.

- а) $+320,5 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $+115,77 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$;
 в) $-320,5 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) $-115,77 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

5. Стандартна теплота згоряння CO_2 дорівнює:

- а) 1 Дж; б) 0; в) двом енергіям зв'язку С-О; г) 1 кДж.

6. Якщо система обмінюється з навколишнім середовищем енергією, але не обмінюється масою, то ця система називається:

- а) відкритою; б) закритою;
 в) ізольованою; г) ідеальною.

7. Залежність теплоємності (C_p) від температури має вигляд:

а) C_p не залежить від температури;

б) $C_p = aT + bT^2 + cT^3 + c' T^{-2}$;

в) $C_p = aT + bT^2 + cT^3 - c' T^{-2}$;

г) $C_p = a + bT + cT^2 + c' T^{-2}$.

8. Зміна ентропії при протіканні хімічної реакції розраховується як:

а) $\Delta S = \sum S_i$ учасників реакції ;

б) $\Delta S = \sum n_i S_i \text{ вих} - \sum n_j S_j \text{ прод}$;

в) $\Delta S = \sum n_i S_i \text{ прод} - \sum n_j S_j \text{ вих}$;

г) $\Delta S = \Delta H / T$.

9. Ізольована система знаходиться в стані рівноваги, якщо:

а) $dS > 0$; б) $dS < 0$; в) $dS = 0$; г) $dG = 0$.

10. Молярна ізобарна теплоємність у стандартних умовах позначається символом:

а) $C_{p,298}^0$; б) $\Delta_f H_{298}^0$; в) S_{298}^0 ; г) $\Delta_f G_{298}^0$.

Варіант 31.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$2\text{H}_2 + \text{S}_2 = 2\text{H}_2\text{S}, \Delta H_x \text{ кДж}$
$\text{CS}_{2(\text{г})} + 4\text{H}_2 = 2\text{H}_2\text{S}_{(\text{г})} + \text{CH}_4, \Delta H_1 = -230,45 \text{ кДж}$
$\text{CH}_4 + 2\text{S}_{2(\text{г})} = \text{CS}_2 + 2\text{H}_2\text{S}_{(\text{г})}, \Delta H_2 = -9,05 \text{ кДж}$

а) $-239,5 \text{ кДж}$;

б) $239,5 \text{ кДж}$;

в) $119,75 \text{ кДж}$;

г) $-119,75 \text{ кДж}$.

2. Мурашину кислоту $\text{CH}_2\text{O}_{2(\text{г})}$ спочатку спалили при $T = 300 \text{ К}$ у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

а) даних для відповіді недостатньо;

б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298 \text{ K}$ та $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ випаровується 1 кг азотної кислоти HNO_3 ($M = 63,0$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки буде потрібно теплоти на випаровування цієї кількості азотної кислоти (кДж).

Речовина	ΔH_{298}^0 кДж/моль
HNO_3 (р)	-173,0
HNO_3 (г)	-133,9

- а) 39,1 кДж; б) - 620,6 кДж;
 в) -39,1 кДж; г) 620,6 кДж

4. По теплоті згоряння етану C_2H_6 ($\Delta H_{\text{зг}} = -1559,88$ кДж/моль) знайти його теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{\text{зг}, \text{C}} = -393,51$ кДж/моль; $\Delta H_{\text{зг}, \text{H}_2} = -285,84$ кДж/моль.

- а) $226,42 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $-226,42 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$;
 в) $84,66 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) $-84,66 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

5. Що називається стандартною теплотою утворення речовини?

- а) тепловий ефект утворення даної сполуки при 298 К і нормальному тиску;
 б) тепловий ефект утворення даної сполуки при нормальному тиску із простих речовин, що перебувають у найбільш стійкому в цих умовах агрегатному стані;
 в) тепловий ефект утворення даної сполуки із простих речовин при 0 °С і нормальному тиску, що перебувають у найбільш стійкому в цих умовах агрегатному стані;
 г) тепловий ефект утворення даної сполуки з елементів, що перебувають у стандартному стані.

6. В інтервалі температур 273 К – 298 К питома теплоємність графіту більше питомої теплоємності алмаза на 215 Дж/моль·К. Як

зміниться тепловий ефект реакції переходу графіту в алмаз при підвищенні температури від 273 K до 298 K?

- а) зменшиться; б) збільшиться;
в) не зміниться; г) пройде через максимум.

7. Який зв'язок між тепловим ефектом при постійному об'ємі з тепловим ефектом при постійному тиску для реакції:



- а) $\Delta H = \Delta U - 2 RT$; б) $\Delta H = \Delta U + 3 RT$;
в) $\Delta H = \Delta U - 3 RT$; г) $\Delta H = \Delta U$.

8. Як зміниться ентропія системи в результаті випару речовини?

- а) зросте; б) зменшиться;
в) не зміниться; може рости, може падати.

9. Аналітичний вираз II начала термодинаміки для ізольованої системи

- а) $dS/dT = 0$; б) $dS = \delta Q/T$; в) $dS \geq 0$; г) $dS \geq Q/dT$.

10. В якому з наступних процесів: ізотермічному, адіабатичному, ізохорному, ізобарному при оборотному їхньому протіканні не відбувається зміни ентропії системи?

- а) ізотермічному; б) ізобарному;
в) адіабатичному; г) ізохорному.

Варіант 32.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$2\text{CO} + \text{SO}_{2(\text{г})} = \text{S}_{(\text{ромб})} + 2\text{CO}_{2(\text{г})}, \Delta H_x \text{ кДж}$
$\text{SO}_{2(\text{г})} + \text{Cl}_2 = \text{SO}_2\text{Cl}_{2(\text{г})}, \Delta H_1 = -66,27 \text{ кДж}$
$\text{Cl}_2 + \text{S}_{(\text{ромб})} + 2\text{CO}_2 = \text{SO}_2\text{Cl}_2 + 2\text{CO}, \Delta H_2 = 202,79 \text{ кДж}$

- а) 267,03 кДж; б) -267,03 кДж;
в) -136,97 кДж; г) 136,97 кДж.

2. Діхлорметан $\text{CH}_2\text{Cl}_{2(\text{г})}$ спочатку спалили при $T = 300 \text{ K}$ у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

- а) даних для відповіді недостатньо;
 б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298 \text{ K}$ та $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ випаровується 1 кг сірководню CS_2 ($M = 76,12$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості сірководню (кДж).

Речовина	ΔH^0_{298} кДж/моль
CS_2 (р)	87,8
CS_2 (г)	115,3

- а) 193,49 кДж; б) 361,4 кДж;
 в) 0,361 кДж; г) 27,5 кДж.

4. По теплоті згоряння ацетилену $\text{C}_2\text{H}_{2(\text{г})}$ ($\Delta H_{\text{зг}} = -1299,63$ кДж/моль) знайти його теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{\text{зг}, \text{C}} = -393,51$ кДж/моль; $\Delta H_{\text{зг}, \text{H}_2} = -285,84$ кДж/моль.

- а) $-226,77 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $-74,88 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$;
 в) $226,77 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) $74,88 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

5. Яке співвідношення для ідеального газу між C_p і C_V ?

- а) $C_p + C_V = R$; б) $C_p/C_V = R$; в) $C_p = C_V + R$; г) $C_p = C_V + RT$.

6. Як залежить тепловий ефект хімічної реакції від температури й чим визначається ця залежність?

а) тепловий ефект хімічної реакції не залежить від температури;
 б) тепловий ефект хімічної реакції може при підвищенні температури як зростати, так і падати; зв'язку теплового ефекту з іншими параметрами немає;

в) тепловий ефект хімічної реакції при підвищенні температури може зростати, може падати, може залишатися постійним; характер залежності визначається знаком і величиною Δc_p ;

г) тепловий ефект хімічної реакції при підвищенні температури може зростати, може падати, може залишатися постійним; характер залежності визначається знаком і величиною ΔS .

7. Чому дорівнює $C_V O_2$ (газ вважати ідеальним) при $T = 1000K$?

а) $1000 R$; б) $3/2 R$; в) $5/2 R$; г) даних недостатньо.

8. Температурна залежність теплоти утворення сірчистої ртуті задана рівнянням:

$$\Delta H = -10393 - 4,627 T + 15,9 \cdot 10^{-3} T^2 - 18,49 \cdot 10^5 T^{-1}.$$

Надати рівняння залежності $C_p = f(T)$.

а) $C_p = -10393 - 4,627 T$;

б) $C_p = -4,627 T + 15,9 \cdot 10^{-3} T^2 - 18,49 \cdot 10^5 T^{-1}$;

в) $C_p = -4,627 + 31,8 \cdot 10^{-3} T - 18,49 \cdot 10^5 T^{-2}$;

г) необхідно знати тепловий ефект даної реакції при $298 K$.

9. Як зміниться ентропія системи, якщо в ній відбувається процес кристалізації речовини?

а) зросте; б) зменшиться; в) не зміниться;

г) необхідно знати, яка речовина кристалізується.

10. Розрахувати ентропію 1 моль Zn при $500 K$ ($T_{пл.Zn} = 600,6 K$; $C_{p,Zn} = 25,48 \text{ Дж/моль} \cdot K$; $S_{Zn}^0 = 41,59 \text{ Дж/моль} \cdot K$).

а) $41,59$; б) $60,29$; в) $69,81$; г) $54,78$.

Варіант 33.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$PbS + O_2 = Pb + SO_2 + \Delta H_x \text{ кДж}$
$PbS + 2O_2 = PbSO_4, \Delta H_1 = -820,06 \text{ кДж}$
$PbSO_4 + PbS = 2 Pb + 2 SO_2, \Delta H_2 = -199,48 \text{ кДж}$

а) $-310,28 \text{ кДж}$;

б) $509,77 \text{ кДж}$;

в) $310,28 \text{ кДж}$;

г) $-509,77 \text{ кДж}$.

2. Оцтову кислоту $C_2H_4O_2(p)$ спочатку спалили при $T = 300\text{ K}$ у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

- а) даних для відповіді недостатньо;
 б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298\text{ K}$ та $p = 1,013 \cdot 10^5\text{ Па}$ випаровується 1 кг важкої води D_2O ($M = 20,0$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості важкої води (кДж).

Речовина	ΔH^0_{298} кДж/моль
D_2O (р)	- 294,61
D_2O (г)	- 249,2

- а) -193,49 кДж; б) 2270,5 кДж;
 в) 45,41 кДж; г) -2270,5 кДж

4. По теплоті згоряння етилену $C_2H_4(g)$ ($\Delta H_{зг} = -1410,97$ кДж/моль) знайти його теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{зг, C} = -393,51$ кДж/моль; $\Delta H_{зг, H_2} = -285,84$ кДж/моль.

- а) $-174,88 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $-226,42 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; в) $45,41 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) $52,27 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$

5. Для реакції $H_2 + 0,5 O_2 = H_2O$, що протікає в стандартних умовах у відкритій системі, $\Delta S = -163$ Дж/моль·К. Який напрямок мимовільного процесу в даних умовах?

- а) відповідь дати не можна, тому що в цих умовах величина ΔS не визначає напрямок мимовільного протікання процесу;
 б) убік утворення води, тому що $\Delta S < 0$;
 в) убік дисоціації води, тому що $\Delta S < 0$;
 г) система перебуває в рівновазі, тому що $p, T = const$.

6. Що називається стандартною теплотою згоряння речовини?

- а) тепловий ефект реакції повного згоряння одного моль речовини до двоокису вуглецю, водяної пари і інших відповідних продуктів;

б) тепловий ефект реакції окиснення одного моль даної сполуки киснем з утворенням вищих окислів відповідних елементів або сполуки цих окидів;

в) тепловий ефект реакції взаємодії даної речовини з киснем з утворенням відповідних окидів;

г) тепловий ефект реакції взаємодії 1 моль речовини з окисриком з утворенням відповідних окидів.

7. Який зв'язок між Q_p і Q_V для хімічної реакції?

а) $\Delta H = \Delta U + \Delta n \cdot RT$; б) $\Delta H = \Delta U - \Delta n \cdot RT$;

в) $\Delta H = \Delta U$; г) $\Delta H = \Delta U - p\Delta v$.

8. Напишіть вираз I закону термодинаміки для ізобарних процесів.

а) $\Delta U = Q - A$; б) $\Delta U = A$; в) $Q = \Delta H$; г) $\Delta U = \Delta H - A$.

9. Яка розмірність ентальпії?

а) Дж; б) Дж/моль; в) Дж/моль · К; г) Дж/К.

10. Чому дорівнює теплоємність He при $T = 800\text{ K}$ (умови ізобарні)?

а) $3R$; б) $800R$; в) $5/2 R$; г) $3/2 R$.

Варіант 34.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$C_2H_4 + H_2 = C_2H_6 + \Delta H_x \text{ кДж}$
$C_2H_4 + 2 H_2 = 2CH_4, \Delta H_1 = -202,0 \text{ кДж}$
$2CH_4 = C_2H_6 + H_2, \Delta H_2 = +65,03 \text{ кДж}$

а) $267,03 \text{ кДж}$; б) $-267,03 \text{ кДж}$;

в) $136,97 \text{ кДж}$; г) $-136,97 \text{ кДж}$.

2. Хінон $C_6H_4O_{2(кр)}$ спочатку спалили при $T = 300\text{ K}$ у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

а) даних для відповіді недостатньо;

б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298\text{ K}$ та $p = 1,013 \cdot 10^5\text{ Па}$ випаровується 1 кг аміаку $\text{NH}_3(p)$ ($M = 17$). Розрахувати, користуючись довідковими даними, скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості аміаку (кДж).

Речовина	ΔH^0_{298} кДж/моль
$\text{NH}_3(p)$	- 69,87
$\text{NH}_3(r)$	- 46,19

а) - 23,68 кДж; б) 1392,9 кДж;
в) - 1392,9 кДж; г) 23,68 кДж.

4. По теплоті згоряння метану $\text{CH}_4(g)$ ($\Delta H_{32} = - 890,31$ кДж/моль) знайти його теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{32, C} = - 393,51$ кДж/моль; $\Delta H_{32, H_2} = - 285,84$ кДж/моль.

а) $74,88 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $243,31 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$;
в) $- 243,31 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) $- 74,88 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

5. Які завдання можна вирішувати за допомогою II закону термодинаміки? Укажіть всі правильні відповіді.

а) II закон термодинаміки (т/д) дозволяє розрахувати ΔS хімічної реакції;

б) II закон т/д дозволяє розрахувати максимальну роботу процесу;

в) II закон т/д дозволяє розрахувати енергетичний баланс системи;

г) II закон т/д вирішує завдання про напрямок і межі мимовільного протікання процесу.

6. Для реакції $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 = 6\text{H}_2\text{O} + 4\text{NO}$ визначте зміну числа моль газоподібних речовин при 298 K і стандартному тиску.

а) $\Delta n = 1$; б) $\Delta n = -1$; в) $\Delta n = -5$; г) $\Delta n = 5$.

7. Чому дорівнює теплоємність 1 моль Ar і 1 моль H_2 при постійному тиску та $T = 400\text{ K}$ (гази вважати ідеальними)?

а) $5/2R + 6R$; б) $R \cdot 400$; в) $6R + 5/2R$; г) $5/2R + 7/2R$;

д) необхідно знати значення a , v , c' для теплоємності цих газів.

8. Виразіть залежність теплоємності від температури

- а) C_p не залежить від температури;
 б) $C_p = aT + bT^2 + cT^3 + c' T^{-2}$;
 в) $C_p = aT + bT^2 + cT^3 - c' T^{-2}$;
 г) $C_p = a + bT + cT^2 + c' T^{-2}$.

9. У якому співвідношенні перебувають молярні ентропії трьох агрегатних станів однієї речовини: газу, рідини, твердого тіла?

- а) $S_{(г)} > S_{(р)} > S_{(тв)}$; б) $S_{(г)} < S_{(р)} < S_{(тв)}$; в) $S_{(г)} = S_{(р)} = S_{(тв)}$;
 г) треба вказати конкретну речовину.

10. Якщо тепловий ефект реакції з ростом температури зменшується, то співвідношення теплоємностей вихідних речовин і продуктів у ході процесу наступне:

- а) $\sum C_{p(\text{вих})} > \sum C_{p(\text{прод})}$; б) $\sum C_{p(\text{вих})} = \sum C_{p(\text{прод})}$;
 в) $\sum C_{p(\text{вих})} < \sum C_{p(\text{прод})}$; г) даних для відповіді недостатньо.

Варіант 35.

1. Користуючись даними теплових ефектів реакцій, обчислити тепловий ефект заданої реакції ΔH_x . Умови проходження реакції і фазовий стан речовин в межах одного варіанту незмінні.

Реакція
$\text{CO} + \text{Cl}_2 = \text{COCl}_2 + \Delta H_x$ кДж
$2 \text{CO} + \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2 = \text{COCl}_2 + \text{H}_2 + \text{CO}_2$, $\Delta H_1 = -150,14$ кДж
$\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$, $\Delta H_2 = +41,17$ кДж

- а) $-191,31$ кДж; б) $191,31$ кДж;
 в) $-108,97$ кДж; г) $108,97$ кДж.

2. Бутанол $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_{(р)}$ спочатку спалили при $T = 300$ К у відкритій, а потім у закритій посудині. Чому дорівнює різниця між теплотами згоряння в цих умовах?

- а) даних для відповіді недостатньо;
 б) $\Delta H = \Delta U$; в) $\Delta H > \Delta U$; г) $\Delta H < \Delta U$.

3. При $T = 298$ К та $p = 1,013 \cdot 10^5$ Па випаровується 1 кг бензолу $\text{C}_6\text{H}_6_{(р)}$ ($M = 78,0$). Розрахувати, користуючись довідковими даними,

скільки потрібно теплоти на випаровування цієї кількості бензолу (кДж).

Речовина	ΔH^0_{298} кДж/моль
C_6H_6 (р)	49,04
C_6H_6 (г)	82,93

- а) 33,89 кДж; б) 434,5 кДж;
в) 131,97 кДж; г) -434,5 кДж.

4. По теплоті згоряння пропану $C_3H_{8(g)}$ ($\Delta H_{зг} = - 2058,53$ кДж/моль) знайти його теплоту утворення, користуючись довідковими даними: $\Delta H_{зг,C} = - 393,51$ кДж/моль; $\Delta H_{зг,H_2} = - 285,84$ кДж/моль.

- а) $- 265,36 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; б) $- 103,86 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$;
в) $84,66 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$; г) $265,36 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

5. Як залежить від температури внутрішня енергія індивідуальної речовини? Який математичний вираз цієї залежності?

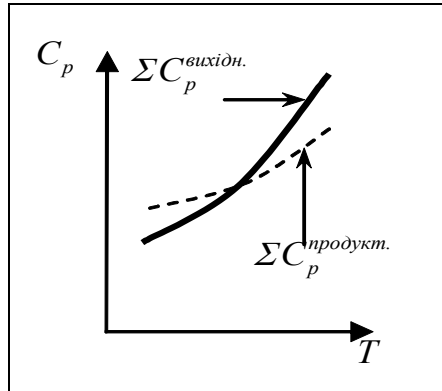
- а) $d\Delta U/dT = C_p$, зростає;
б) $d\Delta U/dT = \Delta C_V$, може як зростати, так і зменшуватись, це залежить від знаку ΔC_V ;
в) $d\Delta U/dT = C_V$, зростає;
г) $d\Delta U/dT = C_p$, може як зростати, так і зменшуватись, це залежить від знаку C_p .

6. Яка величина – ΔH або ΔU більша для реакції



- а) $\Delta H > \Delta U$; б) $\Delta H < \Delta U$; в) $\Delta H = \Delta U$; г) не знаю.

7. На рисунку наведена залежність теплоємності продуктів і вихідних речовин від T для деякої реакції. Зобразіть графічно залежність теплового ефекту реакції (ΔH) від T .



- а) ΔH зменшується; б) ΔH проходить через \min .
 в) ΔH зростає; г) ΔH проходить через \max ;

8. Моль газу нагрівається ізобарно від T_1 до T_2 . Наведіть формулу для розрахунку зміни ентальпії в цьому процесі, якщо теплоємність його в даному інтервалі постійна.

- а) $\Delta H = \Delta C_p / (T_2 - T_1)$;
 б) $\Delta H = \Delta C_p (T_1 - T_2)$;
 в) $\Delta H_{T_2} = \Delta H_{T_1} + \Delta C_p (T_2 - T_1)$;
 г) $\Delta H = \Delta C_p T + \Delta H \cdot C_p T$.

9. В ізольованій системі оборотно відбувається фазовий перехід. Яка зміна ентропії в цій системі?

- а) ентропія зростає;
 б) ентропія зменшується;
 в) ентропія не змінюється;
 г) ентропія може як рости, так і падати.

10. У результаті розширення 20 кг He при 298 К об'єм газу збільшився в 1000 разів. Розрахуйте зміну ентропії цього процесу.

- а) $1,21 \cdot 10^5$ Дж/моль·К;
 б) $2,87 \cdot 10^2$ Дж/моль·К;
 в) 5,01 Дж/моль·К;
 г) 11,51 Дж/моль·К.

1.2. Контрольна робота «Хімічна термодинаміка»

Варіант 1

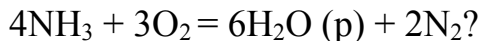
1. Відповідно до першого закону термодинаміки теплота є функцією процесу. Закон Гесса стверджує, що тепловий ефект хімічної реакції не залежить від шляху процесу. Дайте пояснення цьому протиріччю.

2. Стандартна теплота утворення рідкого бензолу при $T = 298 \text{ K}$ дорівнює $49,04 \text{ кДж/моль}$. Напишіть рівняння реакції, до якої відносять тепловий ефект.

3. Як залежить від температури внутрішня енергія індивідуальної речовини? Напишіть математичний вираз цієї залежності.

4. Які дані треба мати для розрахунку теплового ефекту реакції при будь-якій заданій температурі (при наближеному і точному розрахунку)?

5. Скільки тепла виділиться при $T = 298 \text{ K}$ в стандартних умовах в результаті повного згоряння аміаку за реакцією:



При розрахунку скористатися довідковими даними.

6. Розрахуйте молярну теплоту випаровування бензолу при $T = 353 \text{ K}$, якщо при $T = 273 \text{ K}$ вона дорівнює 32645 кДж/моль . Середня питома теплоємність газоподібного бензолу дорівнює $1,25 \text{ кДж/кг}\cdot\text{град}$, а рідкого $-1,72 \text{ кДж/кг}\cdot\text{град}$.

Варіант 2

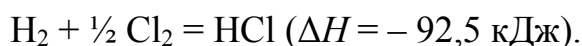
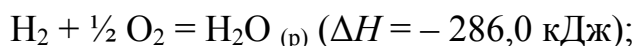
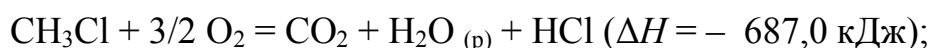
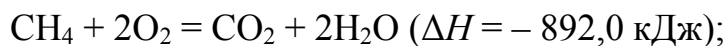
1. Які умови називаються стандартними? Які дані потрібні для розрахунку теплового ефекту реакції при стандартних умовах?

2. Теплота згоряння октану C_8H_{18} при $T = 298 \text{ K}$ і Па дорівнює $-634,749 \text{ кДж/моль}$. Напишіть рівняння реакції, до якої відноситься цей тепловий ефект.

3. Якими рівняннями виражається залежність c_p від температури?

4. Як може змінюватися тепловий ефект хімічної реакції при підвищенні температури? В яких випадках буде спостерігатися та чи інша залежність?

5. Розрахуйте тепловий ефект реакції $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 = \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$, якщо при даній температурі відомі теплові ефекти наступних реакцій:



6. Розрахуйте ΔH реакції $2\text{Cl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}_{(r)} = 4 \text{HCl} + \text{O}_2$ при $T = 1000 \text{ K}$, користуючись довідковими даними, вважаючи, що теплоємності речовин – учасників реакції в температурному інтервалі від 298 до 1000 K не змінюються.

Варіант 3

1. В якому разі для хімічних реакцій можна знехтувати різницею між ΔH і ΔU ?

2. Напишіть рівняння хімічних реакцій, теплової ефект яких відповідає:

а) теплоті утворення азотної кислоти HNO_3 ;

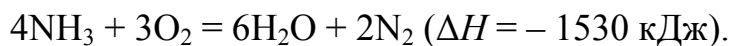
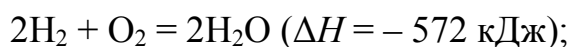
б) теплоті згоряння бензилового альдегіду $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}$.

3. Як залежить ΔH реакції від T , чим визначений характер цієї залежності?

4. Розрахуйте зміну теплоємності для реакції $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$ при $T = 1000 \text{ K}$, якщо залежність ΔH цієї реакції від температури виражається рівнянням:

$$\Delta H = 180467 + 8,218 T - 1,028 \cdot 10^{-3} T^2 + 17,3 \cdot 10^5 T^{-1} \text{ (Дж)}.$$

5. Розрахуйте теплоту утворення аміаку ΔU при $t = 25^\circ\text{C}$ і $V = \text{const}$, якщо при даній t відомі теплові ефекти при постійному тиску (ΔH) наступних реакцій:



6. Розрахуйте тепловий ефект реакції $\text{CO} + 3\text{H}_2 = \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$, що протікає при $T = 1200 \text{ K}$ і постійному об'ємі, користуючись довідковими даними. Вважати, що теплоємність кожної речовини в інтервалі від 298 K до 1000 K не змінюється.

Варіант 4

1. Чи буде теплота реакції в необоротних умовах відрізнятися від теплоти реакції, розрахованої для оборотних умов? Початкові і кінцеві умови однакові.

2. Як розрахувати теплоту згоряння органічної сполуки, маючи дані про теплоту утворення різних речовин?

3. Які дані треба мати для розрахунку теплового ефекту реакції при будь-якій заданій температурі при наближеному і точному розрахунках?

4. Розрахуйте (Дж/моль) різницю між тепловими ефектами при постійному тиску і об'ємі ($\Delta H - \Delta U$) реакції взаємодії ацетальдегіду з воднем $\text{CH}_3\text{CHO}_{(г)} + \text{H}_2 = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(р)}$ при $T = 298 \text{ K}$. Чому буде дорівнювати ця різниця, якщо температуру підняти до $T = 400 \text{ K}$ і спирт перевести в газоподібний стан?

5. Користуючись довідковими даними, визначте тепловий ефект при стандартних умовах (Дж/моль) для реакції $2\text{NO}_2 = 2\text{NO} + \text{O}_2$.

6. Визначити, користуючись довідковими даними, як зміниться тепловий ефект реакції $\text{CO} + 2\text{H}_2 = \text{CH}_3\text{OH}_{(г)}$ при зміні температури від 298 K до 2000 K при постійному тиску. Прийміть, що залежність теплоємності кожного речовини від температури виражається рівнянням: $C_p = a + bT$.

Варіант 5

1. Напишіть рівняння хімічних реакцій, теплові ефекти яких є теплота утворення і теплота згоряння сечовини H_2NCONH_2 .

2. Напишіть формулу, яка показує, в якому співвідношенні знаходяться ентальпія і внутрішня енергія термодинамічної системи.

3. Як розраховується зміна теплоємності в хімічній реакції? Як може змінитися теплоємність в результаті реакції?

4. Температурна залежність теплоти утворення сульфїду ртутї Hg_2S виражена рївнянням:

$$\Delta H = -10393 - 4,627T + 15,9 \cdot 10^{-3} T^2 - 18,49 \cdot 10^{-6} T^3.$$

Знайдїть рївняння залежностї $\Delta c_p = f(T)$ для цїєї реакцїї.

5. Розрахуйте тепловий ефект (Дж/моль) реакцїї розкладання глюкози $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{тв}) = 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{р}) + 2\text{CO}_2(\text{г})$ при $T = 298 \text{ К}$ і $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$, якщо теплота згоряння глюкози $\Delta H_{\text{зг}} = -2815,5 \text{ кДж/моль}$, а рїдкого етанолу $\Delta H_{\text{зг}} = -1366,91 \text{ кДж/моль}$.

6. Користуючись довідковими даними, розрахуйте кїлькїсть тепла, необхідну для нагрївання 1 моль н-бутану ($\text{n-C}_4\text{H}_{10}$) вїд $25 \text{ }^\circ\text{C}$ до $3000 \text{ }^\circ\text{C}$ при $p = 1,0133 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Приймїть, що залежнїсть теплоємностї н-бутану вїд температури виражається рївнянням:
 $C_p = a + bT + cT^2$.

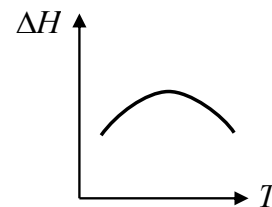
Варїант 6

1. Напишїть формули для розрахунку теплового ефекту хїмїчної реакцїї по теплотї: а) утворення і б) згоряння вихїдних речовин і продуктїв реакцїї.

2. Теплота згоряння пропїлового спирту $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ при $T = 298 \text{ К}$ і $p = 1,0133 \cdot 10^5 \text{ Па}$ дорївнює $\Delta H = -2011,863 \text{ кДж/моль}$. Напишїть рївняння реакцїї, до якої вїдноситься цей тепловий ефект.

3. Яке спїввїдношення мїж c_p і c_v для їдеального газу?

4. На рисунку наведено залежнїсть теплового ефекту хїмїчної реакцїї вїд температури. Зобразїть графїчно залежностї сум теплоємностей кїнцевих і вихїдних речовин цїєї реакцїї вїд температури.



5. Користуючись довідковими даними, розрахуйте тепловий ефект реакцїї при стандартних умовах (кДж / моль): $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$.

6. Визначте змїну $\Delta H_{T_2} = \Delta H_{T_1}$ при нагрїванні 64 г газоподїбного метанолу вїд $T_1 = 300 \text{ К}$ до $T_2 = 700 \text{ К}$. Користуючись довідником, виконати найбїльш точне рїшення.

Варіант 7

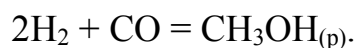
1. Як знайти теплоту утворення органічної сполуки, якщо мати у своєму розпорядженні дані про теплоту згоряння різних речовин?

2. Що більше для реакції $4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}_{(г)} = 4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2$ при $t = 1500\text{ }^\circ\text{C}$ – ΔH або ΔU ? Аргументуйте відповідь.

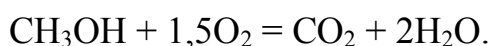
3. В інтервалі температур від 273 К до 298 К питома теплоємність графіту більше питомої теплоємності алмазу на 215 кДж/кг·град. Як зміниться ΔH реакції переходу графіту в алмаз при підвищенні температури від 273 К до 298 К?

4. Напишіть реакції, тепловий ефект яких є теплотою утворення і теплотою згоряння тринітробензолу $\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)_3$.

5. Розрахуйте, користуючись довідковими даними, тепловий ефект реакції при стандартних умовах (кДж / моль):



6. Розрахуйте, користуючись довідковими даними, ΔH реакції при $T = 400\text{ К}$



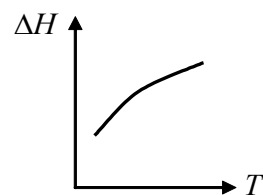
Варіант 8

1. Стандартна теплота утворення рідкого аніліну при $T = 298\text{ К}$ дорівнює 29,7 кДж/моль. Напишіть рівняння реакції, до якої відносять цей тепловий ефект.

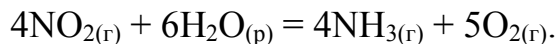
2. Реакція $\text{Mg}(\text{OH})_2 = \text{MgO} + \text{H}_2\text{O}$ протікає у відкритій посудині при $T = 400\text{ К}$ і $p = 1,0133 \cdot 10^5\text{ Па}$, $\Delta H = 89,03\text{ кДж/моль}$. Чи зміниться, тепловий ефект, якщо реакцію проводити при тій же температурі, але в закритій посудині?

3. Напишіть рівняння (в диференційній формі) залежності теплового ефекту хімічної реакції при постійному тиску від температури.

4. На рисунку наведено залежність ΔH хімічної реакції від температури. Зобразіть графічно залежності сум теплоємностей кінцевих і вихідних речовин цієї реакції від T .



5. Користуючись довідковими даними, знайдіть ΔH_{298}^0 для реакції



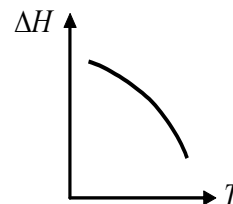
6. Розрахуйте мольну теплоту конденсації бензолу при $t = 20^\circ\text{C}$, якщо при $t = 50^\circ\text{C}$ $\Delta H_{\text{вип}} = 31475$ Дж/моль, а теплоємності газоподібного та рідкого бензолу дорівнюють, відповідно 1,75 Дж/г та 1,05 Дж/г (вважати теплоємності сталими).

Варіант 9

1. Стандартна теплота утворення рідкого ацетону: $\Delta H = -247,7$ кДж/моль. Напишіть рівняння реакції, до якої відноситься цей тепловий ефект.

2. Вкажіть, яке співвідношення між зміною ентальпії і внутрішньої енергії для реакції; $2\text{NO}_2 = \text{N}_2\text{O}_4$, що протікає при $T = 500$ К. Що більше?

3. На рисунку наведено залежність ΔH хімічної реакції від температури. Зобразіть графічно залежності сум теплоємностей кінцевих і вихідних речовин цієї реакції від T .



4. Залежність ΔH реакції $\text{U}_{\text{тв}} + 3\text{Pb}_{\text{р}} = \text{UPb}_{3,\text{тв}}$ від температури задано рівнянням $\Delta H_T^0 = -24,556 + 19,875 \cdot 10^{-6} T^2 - 20,356 \cdot 10^{-9} T^3$ кДж.

Знайдіть рівняння залежності $\Delta C_p = f(T)$ для цієї реакції.

5. Розрахуйте тепловий ефект реакції за стандартних умов (кДж/моль) для реакції $\text{N}_2\text{O}_4 = 2\text{NO}_2$. Скористайтесь довідковими даними.

6. Користуючись довідковими даними, розрахуйте тепловий ефект реакції $\text{C}_6\text{H}_6 + 3\text{H}_2 = \text{C}_6\text{H}_{12}$ при $T = 1000$ К.

Варіант 10

1. Яке співвідношення між ΔH і ΔU для реакції $2\text{CO} = \text{CO}_2 + \text{C}$? Що більше?

2. Стандартна теплота утворення CdSO_4 дорівнює $\Delta H = -925,9$ кДж/моль. Напишіть рівняння реакції, до якої відноситься цей тепловий ефект.

3. Зміна теплоємності в ході реакції в деякому інтервалі температур менше нуля. Як зміниться тепловий ефект цієї реакції при підвищенні температури в даному інтервалі?

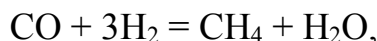
4. Для реакції $\text{CH}_3\text{OH}_{\text{г}} + 3/2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}_{\text{г}}$ залежність ΔH від T має вигляд:

$$\Delta H_T^0 = -684,71 \cdot 10^3 + 36,77 \cdot 10^{-3} T^2 + 8,21 \cdot 10^{-6} T^3 - 2,88 \cdot 10^5 \cdot 1/T.$$

Розрахуйте зміну теплоємності Δc_p для цієї реакції при $T = 500$ К.

5. Користуючись довідником, розрахуйте стандартну теплоту згоряння фталевої кислоти $\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4(\text{тв})$ при $T = 298$ К, якщо її теплота утворення $\Delta H^0 = -781,9$ кДж/моль.

6. Користуючись довідковими даними, розрахуйте тепловий ефект реакції



яка протікає при $T = 800$ К.

Варіант 11

1. У чому полягає практичне значення закону Гесса?

2. Тепловий ефект реакції $\text{Mg}(\text{OH})_2 = \text{MgO} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$, що протікає у відкритій посудині при $T = 400$ К в стандартних умовах $\Delta H = 89,03$ кДж. Який буде тепловий ефект при тій же температурі, але в закритій посудині?

3. Чи може теплоємність c_p не залежати від температури? Зменшуватися при підвищенні температури?

4. Чим визначається залежність теплового ефекту хімічної реакції від температури? В яких випадках тепловий ефект зменшується з ростом T ?

5. Стандартна ентальпія згоряння твердого нафталіну C_{10}H_8 $\Delta H = -5133,1$ кДж/моль. Стандартні ΔH утворення $\text{CO}_{2(\text{г})}$ і $\text{H}_2\text{O}_{(\text{р})}$ відповідно дорівнюють $-393,51$ і $-285,84$ кДж/моль. Знайдіть стандартну теплоту утворення нафталіну.

6. Користуючись довідковими даними, розрахуйте тепловий ефект згоряння метанолу CH_3OH при $T = 500 \text{ K}$.

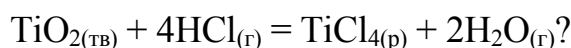
Варіант 12

1. Як сформулюється і де застосовується закон Гесса?

2. Стандартна теплота згоряння гліцерину $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_{3(\text{p})}$ $\Delta H = -1662$ кДж/моль.

Напишіть відповідне цій теплоті рівняння хімічної реакції.

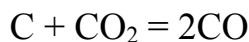
3. Який кількісний зв'язок між тепловими ефектами при постійному тиску і постійному об'ємі для реакції



4. У яких випадках можна вважати, що тепловий ефект хімічної реакції зростає прямо пропорційний температурі?

5. Користуючись даними довідника, розрахуйте тепловий ефект реакції $\text{S O}_2 + \text{Cl}_2 = \text{SO}_2\text{Cl}_2$ при стандартних умовах (ΔH_T^0).

6. Користуючись даними довідника, розрахуйте тепловий ефект реакції



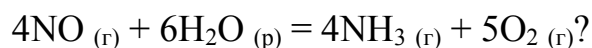
при $T = 1000 \text{ K}$. Виконайте максимально точний розрахунок.

Варіант 13

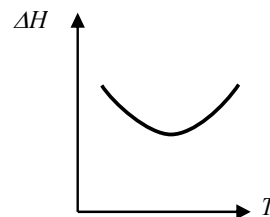
1. Які умови називаються стандартними? Які дані потрібні для розрахунку теплового ефекту реакції при стандартних умовах?

2. Стандартна теплота утворення CuSO_4 дорівнює $\Delta H = -771,1$ кДж/ моль. Напишіть відповідне рівняння хімічної реакції.

3. Яка величина – ΔH або ΔU більша для хімічної реакції:



4. На рисунку наведено залежність ΔH хімічної реакції від температури. Зобразіть графічно залежності сум теплоємностей кінцевих і вихідних речовин цієї реакції від T .



5. Користуючись довідковими даними, розрахуйте теплоту згоряння антрацену $C_{14}H_{10}$ при $T = 298\text{ K}$ в стандартних умовах (теплота утворення антрацену $\Delta H^0 = 128,0\text{ кДж/моль}$).

6. Теплота випаровування CH_3OH при $T = 298\text{ K}$ $\Delta H^0 = 37,4\text{ кДж/моль}$, теплоємність рідкого метанолу $C_p = 81,6\text{ Дж/моль}\cdot\text{K}$. Визначте теплоту випаровування метанолу при $T = 400\text{ K}$. Вважати, що теплоємність метанолу в даному інтервалі температур є сталою.

Варіант 14

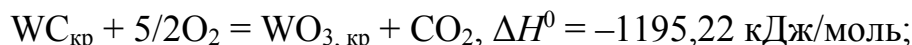
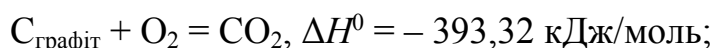
1. Як розрахувати тепловий ефект хімічної реакції, користуючись теплою утворення вихідних речовин і продуктів реакції?

2. Стандартна теплота згоряння ацетону $C_3H_6(O)$ $\Delta H^0 = -1787\text{ кДж/моль}$. Напишіть відповідне рівняння хімічної реакції.

3. Для реакції $2A_{2, \text{тв}} + 5B_{2, \text{г}} = 2A_2B_{5, \text{г}}$ $\Delta U_{298}^0 = 15000\text{ Дж/моль}$. Визначте ΔH_{298}^0 для цієї реакції.

4. Для деякої хімічної реакції зміна теплоємності як функції температури виражається рівнянням $\Delta C_p = \Delta a + \Delta b \cdot T$. Величини Δa і Δb додатні. Зобразити схематично графік залежності теплового ефекту цієї реакції від T .

5. Визначити стандартну теплоту утворення карбиду вольфраму WC (тв) на основі наступних даних:



6. З максимально можливою точністю підрахуйте ΔH^0 при ізобарному нагріванні 1 моль газоподібного циклогексану (C_6H_{12}) від $T_1 = 400$ до $T_2 = 500\text{ K}$.

Варіант 15

1. Стандартна теплота утворення $CaCO_3$, $\Delta H^0 = -1207,740\text{ кДж/моль}$. Напишіть рівняння реакції, до якої відносять цей тепловий ефект.

2. Вкажіть, яке співвідношення між зміною ентальпії і внутрішньої енергії для реакції $2\text{NO}_2 = \text{N}_2\text{O}_4$, яка протікає $T = 500 \text{ K}$. Що більше?

3. Який вид графічної залежності ΔC_p має реакція, якщо її тепловий ефект від температури змінюється прямо пропорційно температурі?

4. Для реакції $2\text{H}_2 + \text{CO} = \text{CH}_3\text{OH}$ залежність теплового ефекту від температури задана рівнянням:

$$\Delta H_T^0 = -74540 - 67,69 \cdot 10^{-3} T^2 + 47,29 \cdot 10^{-3} T^2.$$

Знайдіть рівняння залежності $\Delta C_p = f(T)$ для цієї реакції.

5. Користуючись довідковими даними, розрахуйте тепловий ефект реакції (кДж/моль) при стандартних умовах: $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$.

6. Питома теплота випаровування води при $t_1 = 1000 \text{ }^\circ\text{C}$ дорівнює 2255 Дж/г . Обчисліть мольну теплоту випаровування води при $t_2 = 1200 \text{ }^\circ\text{C}$, якщо питома теплоємність рідкої води і пари відповідно дорівнюють $c_p = 4,184$ і $1,864 \text{ Дж/г}\cdot\text{град}$.

Варіант 16

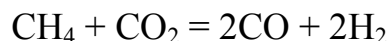
1. Чому дорівнює C_V O_2 (газ вважати ідеальним) при $T = 1000 \text{ K}$?

2. Укажіть реакцію, тепловий ефект якої представляє теплоту згоряння сірковуглецю (CS_2, p).

3. Для реакції $4\text{NO}_g + 6\text{H}_2\text{O}_p = 4\text{NH}_3, \text{r} + 5\text{O}_2$, що перебігає при $T = 400 \text{ K}$, визначити різницю між зміною ентальпії ΔH та внутрішньої енергії ΔU .

4. Чим визначається залежність теплового ефекту реакції від температури?

5. Користуючись довідковими даними, знайти ΔH_{298}^0 для реакції



6. Користуючись довідковими даними, розрахувати тепловий ефект реакції $\text{C}_6\text{H}_6 + 3\text{H}_2 = \text{C}_6\text{H}_{12}$, що перебігає при температурі $T = 900 \text{ K}$.

Варіант 17

1. Укажіть реакцію, тепловий ефект якої представляє теплоту утворення сірчаної кислоти.

2. Як називається теплота, що необхідна для зміни температури одного грама речовини на один градус?

3. Як змінюється тепловий ефект реакції з температурою, якщо зміна сумарної теплоємності (ΔC_p) в цієї реакції додатна?

4. Написати математичний вираз першого начала термодинаміки для ізобарного процесу.

5. Користуючись довідковими даними, знайти ΔH_{298}^0 для реакції $2\text{CO} + \text{SO}_2 = \text{S}_{(\text{ромб.})} + 2\text{CO}_2$.

6. Визначити зміну ($\Delta H_{T_2} - \Delta H_{T_1}$), що була поглинена при нагріванні 1 кг CaO від 298 до 398 К.

Варіант 18

1. Для реакції $\text{C} + 2\text{H}_2 = \text{CH}_4$ визначте зв'язок між тепловим ефектом при постійному об'ємі з тепловим ефектом при постійному тиску у вигляді:

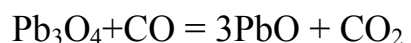
$$\Delta H = \Delta U -/+ \Delta n RT.$$

2. В якому випадку тепловий ефект реакції змінюється обернено пропорційно температурі?

3. Написати математичний вираз першого начала термодинаміки для ізохорного процесу.

4. Як змінюється сумарна теплоємність реакції, якщо її тепловий ефект залежить від температури прямо пропорційно?

5. Користуючись довідковими даними, знайти ΔH_{298}^0 для реакції:



6. Користуючись довідковими даними, розрахувати ΔH^0 реакції



при температурі $T = 800$ К. Зробити точні розрахунки.

Варіант 19

1. Порівняти тепловий ефект реакції $\text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$, що протікає у відкритій посудині при $T = 400$ К і $p = 1,013 \cdot 10^5$ Па, з тепловим ефектом при тих же умовах, але в закритій посудині.

2. Чому дорівнює C_p He при $T = 500$ K?
3. Як називається теплота, що необхідна для зміни температури одного моль речовини на один градус?
4. Які функції зветься функціями стану? Наведіть приклади.
5. Користуючись довідковими даними, знайти ΔH_{298}^0 для реакції

$$2\text{CO} + \text{H}_2\text{O}_{(r)} + \text{Cl}_2 = \text{COCl}_2 + \text{H}_2 + \text{CO}_2.$$
6. Користуючись довідковими даними, визначити тепловий ефект реакції взаємодії оксиду етилену з воднем згідно з рівнянням $\text{CH}_3\text{CHO} + \text{H}_2 = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ при $T = 500$ K, враховуючи залежність теплоємності реагентів від температури.

Варіант 20

1. Порівняти ΔH і ΔU газофазної реакції:

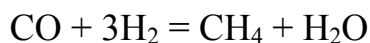
$$\text{H}_2\text{S} + 1,5\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2.$$
2. Чому дорівнює стандартна теплота згоряння CO_2 ?
3. Два гази – одноатомний і двоатомний адіабатно розширюються. Для якого з цих газів робота розширення буде більше, якщо число молів обох газів однаково і температура обох газів знизилася на однакову величину?
4. Написати рівняння залежності (в диференціальній формі) теплового ефекту хімічної реакції при $p = \text{const}$ від температури.
5. Користуючись довідковими даними, знайти ΔH_{298}^0 для реакції

$$\text{S}_2 + 2\text{H}_2 = 2\text{H}_2\text{S}.$$
6. Розрахувати тепловий ефект реакції

$$\text{CO} + 3\text{H}_2 = \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$$
 при $T = 1200$ K, користуючись довідковими даними. Врахувати, що теплоємність всіх речовин у інтервалі від 298 K до 1200 K залежить від температури.

Варіант 21

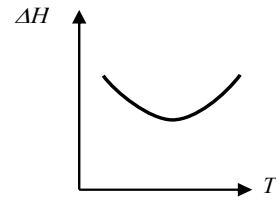
1. Визначте зв'язок між тепловим ефектом при постійному об'ємі з тепловим ефектом при постійному тиску для реакції



у вигляді: $\Delta H = \Delta U -/+ \Delta n RT$.

2. Чому дорівнює C_p O_2 (газ вважати ідеальним) при $T = 500$ К?

3. На рисунку наведено залежність ΔH хімічної реакції від температури. Зобразіть графічно залежності теплоємностей кінцевих і вихідних речовин цієї реакції від T .



4. Що більше за абсолютною величиною — теплота утворення води або теплота згоряння водню. Відповідь аргументуйте.

5. Газоподібний етиловий спирт C_2H_5OH можна отримати при взаємодії етилену $C_2H_4(g)$ та водяної пари. Написати термохімічне рівняння цієї реакції, обчислити її тепловий ефект за стандартних умов.

6. Користуючись довідковими даними, розрахувати ΔH^0 реакції $2NH_3 + 3SO_3 = N_2 + 3H_2O + 3SO_2$ при температурі $T = 800$ К. Зробити точні розрахунки.

Варіант 22

1. Для реакції $2A_{(тв)} + 3B_{2(г)} = 2AB_{3(г)}$ $\Delta U_{298}^0 = 15000$ Дж/моль. Визначте ΔH_{298}^0 для цієї реакції.

2. Написати реакцію, тепловий ефект якої представляє теплоту утворення сірчаної кислоти.

3. Для яких реакцій тепловий ефект не залежить від температури?

4. Відомо, що для хімічної реакції $3A + B_2 = A_3B_2$, мольні теплоємності відповідно рівні: 10,0; 20,0; 50,0 (дж/моль К); як буде змінюватись тепловий ефект цієї реакції при підвищенні температури.

5. При взаємодії газоподібних сірководню та діоксиду вуглецю утворюються пари води та сірковуглецю $CS_{2(г)}$. Написати термохімічне рівняння цієї реакції і обчислити її тепловий ефект за стандартних умов.

6. Розрахувати ΔH^0 реакції $2NO + Cl_2 = 2NOCl$, користуючись довідковими даними, при температурі $T = 800$ К. Зробити точні розрахунки.

Варіант 23

1. Порівняти тепловий ефект реакції $\text{Cd}(\text{OH})_2 = \text{CdO} + \text{H}_2\text{O}$, що протікає у відкритій посудині при $T = 300 \text{ K}$ і $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$, з тепловим ефектом при тих же умовах, але в закритій посудині.

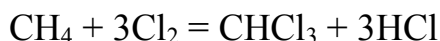
2. Чому дорівнює $c_v \text{ NH}_3$ (газ вважати ідеальним) при $T = 400 \text{ K}$?

3. Визначите зміну числа молів газоподібних речовин реакції $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 = 6\text{H}_2\text{O} + 4\text{NO}$ при 298 K й стандартного тиску

4. Що більше за абсолютною величиною – теплота утворення двооксиду вуглецю або теплота згоряння вуглецю. Відповідь аргументуйте.

5. Написати термохімічне рівняння реакції утворення одного моль метану $\text{CH}_{4(\text{г})}$ із оксиду вуглецю $\text{CO}_{(\text{г})}$ та водню. Скільки теплоти виділиться внаслідок цієї реакції за стандартних умов ?

6. Користуючись довідковими даними, розрахувати ΔH^0 реакції



при температурі $T = 400 \text{ K}$. Зробити точні розрахунки.

Варіант 24

1. Зіставте тепловий ефект реакції $\text{CaCO}_2 = \text{CaO} + \text{CO}_2$, що протікає у відкритій посудині при $T = 400 \text{ K}$ и $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$, з тепловим ефектом при тій же температурі, але в закритій посудині

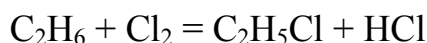
2. Чим визначається залежність теплового ефекту реакції від температури?

3. Наведіть співвідношення для ідеального газу між C_p і C_v , визначить загальний зміст газової постійної R , виходячи з цього співвідношення.

4. Напишіть реакцію, якій відповідає тепловий ефект згоряння аніліну.

5. При взаємодії газоподібних метану та сірководню утворюються сірковуглець $\text{CS}_{2(\text{г})}$ та водень. Написати термохімічне рівняння цієї реакції, обчисливши її тепловий ефект за стандартних умов .

6. Користуючись довідковими даними, розрахувати ΔH^0 реакції



при температурі $T = 800 \text{ K}$. Зробити точні розрахунки.

Варіант 25

1. Визначте зв'язок між тепловим ефектом при постійному об'ємі з тепловим ефектом при постійному тиску для реакції



у вигляді: $\Delta H = \Delta U -/+ \Delta n RT$.

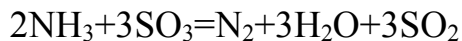
2. Відомо, що для хімічної реакції $A + 2B = AB_2$, мольні теплоємності відповідно рівні: 20,0; 10,0; 30,0 (Дж/моль К); як буде змінюватись тепловий ефект цієї реакції при підвищенні температури.

3. За яких умов тепловий ефект хімічної реакції обернено пропорційний температурі?

4. В інтервалі температур 300 К – 350 К питома теплоємність рідкої води $C = 3,89$ Дж/г·К, а питома теплоємність водяної пари $C = 19,49$ Дж/г·К, визначити зміну мольного теплового ефекту випаровування води при підвищенні температури в даному інтервалі.

5. Теплоти розчинення сульфату міді CuSO_4 та мідного купоросу $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ відповідно, рівні – 66,11 кДж/моль та +11,72 кДж/моль. Обчислити теплоту гідратації CuSO_4 за стандартних умов.

6. Користуючись довідковими даними, розрахувати ΔH^0 реакції



при температурі $T = 500$ К. Зробити точні розрахунки.

Таблиця 1. Термодинамічні характеристики для простих речовин і хімічних сполук

Речовина	ΔH_0^0 , Дж/моль	c_p , Дж/моль·К	Коефіцієнти рівняння $c_p = a + bT + cT^2 + c' T^2$, Дж/(кмоль·К)				Температурний інтервал, К
			a	$b \cdot 10^3$	$c \cdot 10^{-5}$	$c' \cdot 10^6$	
Cl ₂ (г)	0	33,84	36,69	1,05	-2,52	–	273 – 1500
H ₂ (г)	0	28,83	27,28	3,26	0,502	–	298 – 3000
I ₂ (г)	62,24	36,9	37,40	0,59	-0,71	–	298 – 3000
N ₂	0	29,1	27,87	4,27	–	–	298 – 3000
O ₂ (г)	0	29,36	31,46	3,39	-3,77	–	298 – 3000
S _{ромб}	0	22,6	14,98	26,11	–	–	298 – 3000
S ₂ (г)	129,1	32,47	36,11	1,09	-3,52	–	273 – 2000
CO(г)	-110,5	29,15	28,41	4,10	-0,46	–	298 – 2500
CO ₂ (г)	-393,51	37,13	44,14	9,04	-8,53	–	298 – 2500
COCl ₂ (г)	-223,0	60,67	67,16	12,11	-9,03	–	298 – 1000
CaCO _{3, кр}	-1206	81,85	104,5	21,92	-25,94	–	298 – 1200
CaO (кр)	-635,1	42,80	49,63	4,52	-6,95	–	298 – 1800
Ca(OH) _{2, кр}	-986,2	87,5	105,2	12,0	-19,0	–	298 – 600
HCl (г)	92,30	29,16	26,53	4,60	1,09	–	298 – 2000
HI (г)	25,94	29,16	26,32	5,94	0,92	–	298 – 1000
H ₂ O(г)	-241,84	33,56	30,00	10,71	0,33	–	298 – 2500
H ₂ S (г)	-20,15	33,93	29,37	15,40	–	–	298 – 1800
MgCO _{3, кр}	-1096,21	75,52	77,91	57,74	-17,41	–	298 – 750
Mg(OH) _{2, кр}	-924,66	76,99	54,56	66,11	–	–	298 – 600
MgO (кр)	601,24	37,41	42,59	7,28	-6,19	–	298 – 1100
NH ₃	-46,19	35,65	29,8	25,48	-1,67	–	298 – 3000
NO (г)	90,37	29,83	29,58	3,85	-0,59	–	298 – 2500
NO ₂ (г)	33,89	37,11	42,93	8,54	-6,74	–	298 – 2500
N ₂ O ₄ (г)	9,37	78,99	83,89	39,75	-14,9	–	298 – 1000
PCl ₃ (г)	-277,0	72,05	80,12	3,1	-7,99	–	298 – 1200
PCl ₅ (г)	-369,45	111,9	129,5	2,92	-16,4	–	298 – 1500
PbO	-217,86	45,86					
Pb ₃ O ₄	-734,5	147,0					
SO ₂ (г)	-296,9	39,87	42,55	12,55	-5,65	–	298 – 1800
SO ₂ Cl ₂ (г)	-358,7	77,4	53,72	79,50	–	–	298 – 500
SO ₃ (г)	-395,2	50,63	57,32	26,86	-13,05	–	298 – 1200
CH ₄ (г)	-74,85	35,79	17,45	60,46	–	-1,117	298 – 1500
C ₂ H ₄ (г)	52,28	43,63	4,196	154,59	–	-81,09	298 – 1500
C ₂ H ₆ (г)	-84,67	52,70	4,494	182,26	–	-74,86	298 – 1500
C ₄ H ₁₀ (г)	124,7	97,78	0,469	385,38	–	-198,88	298 – 3000
C ₆ H ₆ (г)	82,93	81,67	-33,90	471,87	–	-98,34	298 – 1500
C ₆ H ₁₂ (г)	-123,1	106,3	-51,72	598,8	–	-230,0	298 – 1800
CH ₂ O ₂ (г)	-376,7	48,7	19,4	112,8	–	-47,5	298 – 1000
CH ₄ O (г)	-201,2	43,9	15,28	105,2	–	-31,04	298 – 1000
C ₂ H ₅ Cl (г)	-105,0	62,3	13,07	188,5	–	-71,94	298 – 700
C ₂ H ₄ O	-51,0	48,5	-9,6	232,1	–	-140,5	298 – 1000

1.3 Другий закон термодинаміки. Ентропія

Перший закон термодинаміки й наслідки, що випливають із нього, дозволяють вирішувати багато питань, пов'язаних з поведінням хімічних систем: тепловий ефект, його залежність від температури й т. і.

Але в якому напрямку буде в дійсності (самодовільно або несамодовільно) протікати процес, яка буде глибина перетворення вихідних речовин, при якому співвідношенні концентрацій реагентів установиться стан рівноваги в хімічній системі і як впливають на цю рівновагу, наприклад, температура й тиск? На всі ці питання перший закон термодинаміки відповісти не може.

Відповіді на ці питання даються на основі другого закону термодинаміки.

Другий закон термодинаміки, як і перше, є постулатом. Було запропоновано багато формулювань другого начала термодинаміки. Одне з них (Кельвіна-Планка) – неможливий періодичний процес, єдиним результатом якого є перетворення теплоти в роботу.

Для пояснення такого факту довелося ввести функцію стану, що назвали *ентропією* (S). Значення цієї функції неоднакове для різних процесів, можливих відповідно до першого закону термодинаміки, що й визначає їхню нерівноцінність. Виявилось, що самодовільно можуть протікати тільки такі процеси, для яких дотримується співвідношення:

$$dS \geq \frac{\delta Q_{\text{обор}}}{T}, \quad (1.20)$$

тобто *самодовільно протікають тільки такі процеси, в яких зміна ентропії виявляється більше або рівною величині $\delta Q_{\text{обор}}/T$, що названа наведеною теплотою*. Це ще одне з формулювань II начала термодинаміки. Знак «>» відповідає необоротним процесам, знак «=» – оборотним. У випадку кінцевих змін у системі вираз другого начала термодинаміки приймає вигляд:

$$\Delta S \geq \frac{Q_{\text{обор}}}{T}, \quad (1.21)$$

Зміну ентропії при перебігу хімічної реакції можна обчислити за звичайною методикою:

$$\Delta S_{298}^0 = \left[\sum \nu_i \cdot S_{i,298}^0 \right]_{\text{прод}} - \left[\sum \nu_j \cdot S_{j,298}^0 \right]_{\text{вих}}, \quad (1.22)$$

Енергія Гіббса й енергія Гельмгольца як критерії спрямованості процесу й стану рівноваги

Одним з основних питань хімічної термодинаміки є питання можливості самодовільного перебігу реакції у певному напрямі. Довгий час вважали, що самодовільно можуть проходити ті хімічні реакції, які супроводжуються виділенням теплоти (принцип Бертло). Причому, чим більше в результаті реакції виділяється теплоти, тим більшою спорідненістю мають реагуючі речовини і тим міцніше продукти реакції. Проте виявилось, що принцип Бертло суперечать деякі факти. Самодовільно можуть протікати реакції, що супроводжуються поглинанням теплоти. Крім того, багато реакцій є оборотними. Реакція, що йде при даній температурі з виділенням теплоти, при іншій температурі може йти у зворотному напрямку, тобто з поглинанням теплоти. Тут проявляється діалектичний закон єдності та боротьби протилежностей. З одного боку, система прагне впорядкування (агрегації), зменшення ентальпії ($\Delta H < 0$), з іншого боку, система прагне безладу (деагрегації). Перша тенденція зростає зі зниженням температури, а друга зростає із підвищенням температури. Усе це свідчить, що зміна ентальпії перестає бути єдиним чинником, який визначає можливість перебігу реакції. Виявилось, що другим фактором, що впливає на самодовільний перебіг процесу, є тенденція до досягнення найімовірнішого стану системи. Спостереження природних явищ показує, що найчастіше самодовільно відбувається збільшення ступеня безладдя у системі. Таким чином, самодовільно протікають процеси, у яких система з менш імовірного стану перетворюється на більш імовірний стан (з більш впорядкованого в менш впорядкований) – це також є одним з формулювань другого закону термодинаміки.

У термодинаміці тенденцію до безладдя характеризує величина, яку називають ентропією (S). Ентропія відбиває рух частинок речовини і є мірою неупорядкованості системи. Вона зростає зі збільшенням руху частинок: при нагріванні, випаровуванні, плавленні, розширенні газу, при ослабленні чи розриві зв'язків між атомами. Зростанням ентропії супроводжуються реакції, які з збільшенням числа газоподібних молекул у системі. Процеси, пов'язані з упорядкованістю системи, ведуть до зменшення ентропії. До них відносяться: конденсація, кристалізація, стиснення газів, зміцнення зв'язків, полімеризація; реакції, що йдуть із зменшенням числа газоподібних молекул. Ентропія є функцією стану, тобто її зміна (ΔS) залежить тільки від початкового (S_1) та кінцевого (S_2) стану системи та незалежності від шляху процесу: $\Delta S = S_2 - S_1$. Таким чином, якщо $\Delta S > 0$ – безлад у системі зростає, якщо $\Delta S < 0$ – система стає більш упорядкованою. Інше формулювання другого закону термодинаміки таке: у системі, де немає енергетичних змін ($\Delta H = 0$), мимовільно протікають процеси, що супроводжуються збільшенням ентропії, тобто коли $\Delta S > 0$.

Приклади.

1. Якщо відкрити балон із газом, останній виходить з нього мимовільно ($\Delta S > 0$); зворотнього процесу ($\Delta S < 0$) нічого очікувати.

2. Визначити знак ΔS для реакції $2\text{CH}_{4(\text{г})} = \text{C}_2\text{H}_{2(\text{г})} + 3\text{H}_{2(\text{г})}$. У цій реакції відбувається збільшення об'єму (2 моль CH_4 проти 1 моль C_2H_2 і 3 моль H_2), тому ΔS – позитивно ($\Delta S > 0$).

Мінімальне значення ентропії мають ідеально побудовані кристали за абсолютного нуля $T \rightarrow 0$. Зі зростанням температури S зростає ($\Delta S > 0$), оскільки зростає інтенсивність руху частинок і зростає кількість способів їхнього розташування.

Величини стандартних ентропій різних речовин наводяться у довідниках. Зміна ентропії реакції дорівнює різниці між сумою ентропій продуктів реакції та сумою ентропій вихідних речовин з урахуванням стехіометричних коефіцієнтів: $\Delta S^\circ = \sum n_i S^\circ_{\text{прод.}} - \sum n_j S^\circ_{\text{вих. реч.}}$, де n_i і n_j – стехіометричні коефіцієнти у правій та лівій частинах рівняння.

Оскільки ентропія зростає з підвищенням температури, то можна вважати, що міра неупорядкованості $\approx T\Delta S$. Ентропія вимірюється у Дж/(моль·К).

Таким чином, мимовільному перебігу хімічних процесів сприяє поєднання умов: $\Delta H < 0$ і $\Delta S > 0$. Функцією стану, що одночасно відображає вплив на напрямок процесу обох факторів, є енергія Гіббса (G), пов'язана з ентальпією та ентропією співвідношенням: $G = H - TS$. Зміна енергії Гіббса для ізобарно-ізотермічного процесу дорівнює:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S. \quad (1.23)$$

Величина G називається також ізобарно-ізотермічним потенціалом. Показано, що мірою хімічної спорідненості або умовою можливості мимовільного перебігу реакції у вибраному напрямку є спад енергії Гіббса. Якщо $\Delta G < 0$, процес принципово здійснимо, якщо $\Delta G > 0$, процес мимовільно проходити не може. Чим менше ΔG , тим сильніше прагнення перебігу даного процесу і тим далі він від стану рівноваги, при якому $\Delta G = 0$ і $\Delta H = T\Delta S$. З співвідношення $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ видно, що мимоволі можуть протікати і процеси, для яких $\Delta H > 0$ (ендотермічні). Це можливо, коли $\Delta S > 0$, але $|T\Delta S| > |\Delta H|$, тобто. при високих температурах, тоді $\Delta G < 0$. З іншого боку, екзотермічні реакції ($\Delta H < 0$) спонтанно не протікають, якщо при $\Delta S < 0$ виявиться, що $\Delta G > 0$. Реакція здійснена за будь-яких умов, якщо $\Delta H < 0$ і $\Delta S > 0$. Реакція не йде за жодних умов, якщо $\Delta H > 0$ і $\Delta S < 0$. Для розрахунків використовують стандартні енергії Гіббса утворення, значення яких наводяться у довідниках. Стандартною енергією Гіббса утворення речовини називається зміна енергії Гіббса, якою супроводжується утворення 1 моль речовини із простих речовин за стандартних умов, позначається ΔG_f° . Стандартна енергія Гіббса утворення найбільш стійкої модифікації простої речовини дорівнює нулю. Стандартна зміна енергії Гіббса реакції дорівнює сумі стандартних енергій Гіббсу утворення продуктів реакції за вирахуванням суми стандартних енергій Гіббсу утворення вихідних речовин з урахуванням стехіометричних коефіцієнтів:

$$\Delta G^\circ = \sum n_i \Delta G_{f\text{прод.}}^\circ - \sum n_j \Delta G_{f\text{вих. реч.}}^\circ \quad (1.24)$$

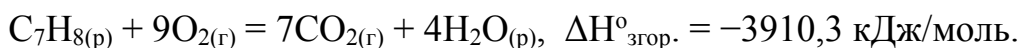
Зміна ентальпії H і зміна енергії Гіббсу G можуть бути не тільки розраховані за допомогою табличних даних, але і визначені експериментально. ΔH визначається під час проведення процесу у калориметрах шляхом вимірювання теплового ефекту реакції. ΔG визначається за рівнянням $\Delta G = -2,3RT \lg K_p$, де K_p – константа рівноваги, встановлюється шляхом визначення рівноважних концентрацій, що беруть участь у реакції речовин; R – універсальна газова постійна – 8,31 Дж/град·моль. Висновок про можливість мимовільного проходження процесу не означає, що насправді процес обов'язково протікатиме. При дослідженні можливості здійснення процесу, крім термодинамічних даних, необхідно враховувати кінетичні фактори і шукати способи прискорення або уповільнення реакції.

Вирішення типових завдань

При розв'язанні задач слід використовувати термодинамічні характеристики речовин, які наведені в додатку 1.

Завдання 1. Написати термохімічне рівняння реакції згорання толуолу ($\Delta H_{\text{згор.}}^0 = -3910,3$ кДж/моль). За написаним рівнянням обчислити стандартну теплоту утворення толуолу.

Розв'язання. Записуємо термохімічне рівняння



Згідно слідства з закону Гесса

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{x.p.}}^0 &= 7\Delta H_{\text{f CO}_2}^0 + 4\Delta H_{\text{f H}_2\text{O}}^0 - \Delta H_{\text{f C}_7\text{H}_8}^0; \\ -3910,3 &= 7(-393,5) + 4(-285,8) - \Delta H_{\text{f C}_7\text{H}_8}^0. \end{aligned}$$

З цього $\Delta H_{\text{f C}_7\text{H}_8}^0 = -3897,7 + 3910,3 = +12,6$ кДж/моль.

Завдання 2. Що має більшу ентропію: 1 моль кристалічної речовини або 1 моль її пари за тієї ж температури?

Розв'язання. Ентропія є мірою невпорядкованості стану речовини. У кристалі частинки (атоми, іони) мають упорядковане розташування і можуть бути лише у деяких точках простору, а газу таких обмежень немає. Один моль газу має набагато більший об'єм, ніж

один моль кристала, і можливість хаотичного руху молекул у газі більша. Оскільки ентропію можна інтерпретувати як кількісну міру хаотичності атомно-молекулярної структури речовини, то ентропія моль пари речовини більше ентропії моль його кристалів за однакової температури.

Завдання 3. Пряма або зворотна реакція протікатиме за стандартних умов у системі: $\text{CH}_4(\text{r}) + \text{CO}_2(\text{r}) = 2\text{CO}(\text{r}) + 2\text{H}_2(\text{r})$?

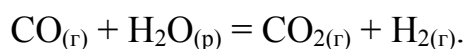
Розв'язання. Для відповіді на питання слід обчислити зміну енергії Гіббса прямої реакції з використанням довідкових даних.

$$\Delta G^0 = 2\Delta G_{f, \text{CO}(\text{r})}^0 + 2\Delta G_{f, \text{H}_2(\text{r})}^0 - \Delta G_{f, \text{CO}_2(\text{r})}^0,$$

$$\Delta G^0 = 2(-137,27) + 2 \cdot 0 - (-50,79) - (-394,38) = +170,63 \text{ кДж.}$$

Таким чином, $\Delta G^0 > 0$, що вказує на неможливість мимовільного перебігу прямої реакції в стандартних умовах.

Завдання 4. На підставі стандартних теплот утворення та стандартних ентропій речовин обчислити ΔG^0 реакції, що протікає за рівнянням:



Розв'язання

$$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0,$$

$$\Delta H^0 = \Delta H_{f, \text{CO}_2(\text{r})}^0 + \Delta H_{f, \text{H}_2(\text{r})}^0 - \Delta H_{f, \text{CO}(\text{r})}^0 - \Delta H_{f, \text{H}_2\text{O}(\text{p})}^0$$

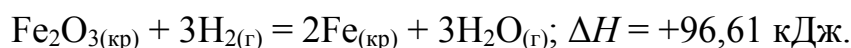
$$\Delta H^0 = -393,51 + 0 - (-110,52) - (-285,84) = +2,85 \text{ кДж.}$$

$$\Delta S^0 = S_{\text{CO}_2(\text{r})}^0 + S_{\text{H}_2(\text{r})}^0 - S_{\text{CO}(\text{r})}^0 - S_{\text{H}_2\text{O}(\text{p})}^0$$

$$\Delta S^0 = 213,65 + 130,59 - 197,91 - 69,94 = +76,39 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}.$$

$$\Delta G^0 = 2,85 \cdot 10^3 - 298 \cdot 0,07639 = -19910 \text{ Дж} = -19,91 \text{ кДж.}$$

Завдання 5. Відновлення Fe_2O_3 воднем протікає за рівнянням



Чи можлива ця реакція за стандартних умов, якщо зміна ентропії реакції $\Delta S^0 = 0,1387 \text{ кДж/(моль} \cdot \text{К)}$? За якої температури почнеться відновлення Fe_2O_3 ?

Розв'язання. Обчислюємо ΔG^0 реакції:

$$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0 = +96,61 - 298 \cdot 0,1387 = 55,28 \text{ кДж.}$$

Оскільки $\Delta G^0 > 0$, то реакція за стандартних умов неможлива; навпаки, за цих умов йде зворотна реакція окиснення заліза (корозія). Знайдемо температуру, за якої $\Delta G = 0$:

$$\Delta H^0 = T\Delta S^0; T = \Delta H^0/\Delta S^0 = 96,61/0,1387 = 696,5\text{K}.$$

Отже, при температурі 696,5 К почнеться реакція відновлення Fe_2O_3 .

Аналогічно функції Гіббса напрямок перебігу реакції при постійних об'ємі і температурі визначає функція Гельмгольца:

$$\Delta F^0 = \Delta U^0 - T\Delta S^0 \quad (1.23)$$

Повні диференціали цих функцій (з урахуванням вихідної нерівності в другому началі термодинаміки) мають вигляд:

$$dF \leq -pdV - SdT, \quad (1.24)$$

$$dG \leq -SdT + Vdp. \quad (1.25)$$

Через обмеженість формальної термодинаміки абсолютні значення цих функцій ми розрахувати не можемо, тому користуємося змінами функцій ΔF і ΔG . Однак цього виявляється досить для того, щоб визначити напрямок процесу.

Із цих співвідношень витікає, що:

– при постійній температурі й об'ємі ($dT = 0, dV = 0$) $dF \leq 0$;

– при постійних температурі й тиску ($dT = 0, dp = 0$) $dG \leq 0$;

(знак рівності ставиться до оборотних процесів, нерівності – до необоротних, тобто, самовільних процесів).

Таким чином, критерієм напрямку ізотермічних процесів є зміна відповідного потенціалу: мовільні ізохорно-ізотермічні процеси йдуть у бік зменшення ізохорного потенціалу до стану рівноваги; відповідного мінімальному для даної системи значенню F (умова рівноваги $dF \leq 0$); мовільні ізобарно-ізотермічні процеси йдуть у бік зменшення ізобарного потенціалу до стану рівноваги, що відповідає мінімальному значенню G (при рівновазі $dG \leq 0$).

Співвідношення (1.24) і (1.25) дозволяють, знаючи тепловий ефект процесу й зміну ентропії, розрахувати зміну ізохорного й ізобарного потенціалів і, отже, визначити напрямок процесу.

РОЗДІЛ 2. ХІМІЧНА РІВНОВАГА.

Якщо змішати у довільних пропорціях речовини, що можуть реагувати, почнеться хімічна реакція. Напрямок її перебігу визначається початковими значеннями хімічних потенціалів реагуючих речовин. Коли значення хімічних потенціалів реагуючих речовин вирівнюються, у системі встановлюється рівновага, яка при постійних температурі і тиску характеризується мінімальним значенням енергії Гіббса.

У стані рівноваги швидкість прямої реакції дорівнює швидкості зворотної, а склад системи (концентрація) з часом не змінюється.

Співвідношення між рівноважними кількостями реагуючих речовин визначається законом дії мас і виражається константою хімічної рівноваги. Значення константи рівноваги залежить, насамперед, від природи реагуючих речовин і температури та не залежить від тих величин, через які вона виражена.

Конкретний вираз і числове значення константи рівноваги для наданої реакції залежить від того, яким способом виражені рівноважні кількості реагуючих речовин і як написано рівняння реакції, але сама рівноважна кількість залишається незмінною.

Хімічна рівновага – це такий стан системи, при якому зберігають своє значення в часі всі термодинамічні параметри системи.

Для стану рівноваги характерний ряд основних властивостей і ознак. Серед них відзначимо такі:

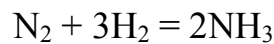
динамічність; у стані рівноваги взаємодія й перетворення одних молекул в інші не припиняється, а одночасно проходять два процеси – пряма й зворотна реакції; коли швидкості прямої й зворотної реакції стають однаковими, саме й говорять про хімічну рівновагу;

сталість складу (концентрацій реагуючих речовин) при незмінних зовнішніх умовах; ця найважливіша властивість стану рівноваги, саме вона «відповідальна» за кількості речовин у стані рівноваги або, інакше кажучи, рівноважний вихід продуктів реакції;

рухливість; стан рівноваги не є статичним (станом спокою); при зміні зовнішніх умов (наприклад, температури й/або тиску) рів-

новага зрушується, тобто змінюється співвідношення між рівноважними концентраціями продуктів реакції й вихідних речовин; якщо зовнішні умови здобувають первісні значення, рівновага (співвідношення між рівноважними концентраціями продуктів реакції й вихідних речовин) вертається у вихідний стан;

можливість досягнення рівноваги з будь-якого боку; це означає, що для встановлення рівноваги початково не обов'язково мати всі речовини, що беруть участь у реакції; так, для реакції



як би ми початково не взяли речовини, що беруть участь у реакції, – три, два вихідних, або один продукт – у результаті в рівновазі обов'язково будуть перебувати три речовини в масових співвідношеннях, що відповідають зовнішнім умовам;

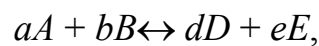
мінімальним значенням вільної енергії (енергії Гіббса при p і $T = \text{const}$ або енергії Гельмгольца при T і $V = \text{const}$); якщо врахувати природу реагуючих речовин (їхній хімічний потенціал), фундаментальною термодинамічною умовою рівноваги є виконання рівностей:

$$\sum \mu_i \cdot dn_i = 0; \text{ та } \sum \mu_i \cdot \nu_i = 0 \quad (2.1)$$

Остання властивість (і ознака) хімічної рівноваги є найголовнішим і визначає всі інші його властивості.

Константа рівноваги. Закон дії мас. Різні способи вираження константи рівноваги

Якщо для реакції, реагуючі речовини якої знаходяться в газовій фазі



застосувати рівність (2.18), виразивши хімічні потенціали через парціальні тиски компонентів у відносних одиницях, одержимо рівняння ізотерми хімічної реакції:

$$\Delta G_{p,T} = RT \cdot \ln \frac{(\tilde{p}'_D)^d \cdot (\tilde{p}'_E)^e}{(\tilde{p}'_A)^a \cdot (\tilde{p}'_B)^b} - RT \cdot \ln K^0, \quad (2.2)$$

де \tilde{p}'_i вихідний парціальний тиск i -го компонента, а

$$\exp\left(\frac{-\sum \mu_i^0 \cdot \nu_i}{RT}\right) = K^0 = \frac{(\tilde{p}'_D)^d \cdot (\tilde{p}'_E)^e}{(\tilde{p}'_A)^a \cdot (\tilde{p}'_B)^b} \quad (2.3)$$

$$K^0 = \frac{(\tilde{p}_F)^f \cdot (\tilde{p}_L)^l}{(\tilde{p}_A)^a \cdot (\tilde{p}_B)^b}, \quad (2.4)$$

де \tilde{p}_i – рівноважний тиск i -го компонента.

Рівняння (2.2) називається рівнянням ізотерми хімічної реакції, а вираз (2.2) законом дії мас або константою рівноваги, що у цьому випадку виражена через рівноважні парціальні тиски у відносних одиницях.

Якщо виразити хімічний потенціал іншим способом, виходять інші константи рівноваги й відповідно інші вирази закону дії мас: якщо парціальні тиски компонентів виражені в Па,

$$K_p = \frac{(p_D)^d \cdot (p_E)^e}{(p_A)^a \cdot (p_B)^b}; \quad (2.5)$$

якщо концентрації компонентів виражені в моль/дм³:

$$K_c = \frac{(c_D)^d \cdot (c_E)^e}{(c_A)^a \cdot (c_B)^b}; \quad (2.6)$$

якщо концентрації компонентів виражені в мольних частках:

$$K_N = \frac{(N_D)^d \cdot (N_E)^e}{(N_A)^a \cdot (N_B)^b}. \quad (2.7)$$

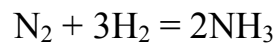
У загальному випадку **закон дії мас** можна сформулювати так: **відношення добутку рівноважних концентрацій продуктів реакції до добутку рівноважних концентрацій вихідних речовин, кожна з яких узята в ступені, що відповідає стехіометричному коефіцієнту при даній речовині в рівнянні реакції, є величина постійна, залежна тільки від температури й природи реагуючих речовин.**

Чи означає, що значення констант рівноваги у виразах (2.4), (2.5), (2.6), (2.7) різні? Дійсно, значення констант рівноваги у всіх цих випадках розрізняються. Це пов'язано з різними способами вира-

ження концентрації речовин. Але оскільки кількості речовин у рівновазі не залежать від способу вираження концентрації, константи рівноваги, виражені різним способом, так само як і їхні чисельні значення, зв'язані межу собою:

$$K_p = K^0 \cdot (p^0)^{\Delta v} = K_c \cdot (RT)^{\Delta v} = K_N \cdot (p)^{\Delta v}. \quad (2.8)$$

Важливе зауваження. Вираження й чисельні значення констант рівноваги залежать від способу написання рівняння хімічної реакції. Так, для реакції



константа рівноваги, виражена через рівноважні парціальні тиски, буде мати вигляд:

$$K_{p,1} = \frac{p_{\text{NH}_3}^2}{p_{\text{N}_2} \cdot p_{\text{H}_2}^3}.$$

Якщо реакцію записати навпаки:



одержимо інше вираження для константи:

$$K_{p,2} = \frac{p_{\text{N}_2} \cdot p_{\text{H}_2}^3}{p_{\text{NH}_3}^2}.$$

Оскільки рівноважні парціальні тиски компонентів в обох випадках ті самі, константи рівноваги у двох останніх випадках зв'язані між собою співвідношенням:

$$K_{p,1} = \frac{1}{K_{p,2}}.$$

Ще одно важливе зауваження. Без написаного рівняння реакції говорити про чисельне значення константи рівноваги безглуздо.

Особливості константи рівноваги гетерогенної реакції

Розглянемо реакцію: $\text{Fe}_{(\text{тв.})} + \text{H}_2 = \text{Fe}_{(\text{тв.})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{р.})}$.

Константа рівноваги K_p цієї реакції, написана за загальними правилами, повинна мати вигляд:

$$K_p = \frac{P_{\text{Fe}} \cdot P_{\text{H}_2\text{O}}}{P_{\text{FeO}} \cdot P_{\text{H}_2}},$$

однак, з урахуванням того, що FeO, Fe, і H₂O у реакції беруть участь у конденсованому стані (тверді й рідкі речовини), їхні парціальні тиски залишаються практично постійними. Тому парціальні тиски цих речовин можна ввести до величини константи. І тоді константа рівноваги K_p розглянутої реакції прийме вигляд: $K_p = \frac{1}{P_{\text{H}_2}}$.

Константа рівноваги й стандартна енергія Гіббса

Якщо за вихідний стан для реакції прийняти такий стан, коли парціальні тиски всіх компонентів рівні й дорівнюють одиниці, рівняння ізотерми хімічної реакції (2.19) прийме вигляд:

$$-\Delta G_T^0 = RT \cdot \ln K^0. \quad (2.9)$$

Рівняння (2.9) називається рівнянням ізотерми хімічної реакції в стандартних умовах, а ΔG_T^0 – стандартною енергією Гіббса. Якщо при цьому взяти ще й стандартну температуру, то одержимо стандартну енергію Гіббса в стандартних умовах – ΔG_{298}^0 , величина якої для багатьох речовин наводиться в довідниках.

Рівняння (2.9) є одним з основних рівнянь для розрахунку значень констант рівноваги хімічних реакцій. Використовуючи теплоти утворення речовин, абсолютні ентропії й дані про теплоємності, обчислюють ΔG_T^0 , що відповідає заданим умовам:

$$\Delta G_T^0 = \Delta H_{298} + \int_{298}^T \Delta c_p dT - T \cdot \left(\Delta S_{298} + \int_{298}^T \frac{\Delta c_p dT}{T} \right), \quad (2.10)$$

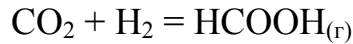
а потім значення константи:

$$K^0 = \exp(-\Delta G_T^0 / RT). \quad (2.11)$$

У випадку, коли достатньо одержати оцінку величину, можна користуватися наближеною формулою:

$$\Delta G_T = \Delta H_{298} + \Delta c_p (T - 298) - T \cdot \left(\Delta S_{298} + \Delta c_p \ln \frac{T}{298} \right) \quad (2.12)$$

Приклад. Для реакції, яка протікає в газовій фазі:



при температурі $T = 800 \text{ K}$ і тиску $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$, за умови $c_p = \text{const}$, обчислити константу рівноваги K^0 . Необхідне для розрахунку значення ΔG_T^0 обчислюємо за наближеною формулою, як це було зроблено в попередньому прикладі.

Відповідні значення Δ , необхідні для підстановки в розрахункову формулу, обчислюємо, використовуючи метод таблиці. Випишемо з довідника термодинамічні дані й знаходимо значення Δ :

Речовини	$\Delta_f H_{298}^0$, кДж/моль	S_{298}^0 , Дж/К·моль	$\Delta C_{p,298}^0$, Дж/К·моль
НСООН	-37,88	248,77	45,80
Σ для продуктів	-37,88	248,77	45,80
CO ₂	-393,51	213,66	37,11
H ₂	0	130,52	28,83
Σ для вих. речовин	-393,51	344,18	65,94
Δ для реакції	355,63	-95,41	-20,14

Якщо підставити знайдені значення ΔH_{298}^0 , ΔS_{298}^0 , $\Delta C_{p,298}^0$, з таблиці в розрахункову формулу (2.12), одержимо:

$$\begin{aligned} \Delta G_{800} = & 355,63 \cdot 10^3 + (-20,14) \cdot (800 - 298) - \\ & - 800 \cdot [(-95,41) - (-20,14) \cdot \ln \frac{800}{298}] = 421848 \text{ Дж.} \end{aligned}$$

Таким чином, очікуване значення константи рівноваги становить :

$$K^0 = \exp(-421848 / (8,31 \cdot 800)) = 2,8 \cdot 10^{-28}.$$

Вплив зовнішніх факторів на хімічну рівновагу.

Принцип ле Шательє-Брауна

Вище відзначалась така найважливіша властивість хімічної рівноваги як рухливість, тобто здатність реагувати на зовнішній вплив (зміна зовнішніх умов). Як же це відбувається? Існують строгі математичні залежності, що відбивають вплив зовнішніх факторів на константу рівноваги, а значить і на саму рівновагу або, інакше кажучи, рівноважні кількості речовин. Але іноді потрібно якісно визначити напрямок зрушення рівноваги в хімічній реакції. Для цього користуються **принципом зсуву рівноваги або принципом ле Шательє-Брауна: якщо на систему, що перебуває в стані рівноваги, здійснюють зовнішній вплив, то у системі відбувається така зміна, що послабляє цей вплив.**

Розглянемо це на прикладі реакції: $N_2 + 3H_2 = 2NH_3 - 96 \text{ кДж}$.

Припустимо, у системі, в якій протікає ця реакція, підвищується температура. Як може на це відреагувати хімічна рівновага? Підвищення температури означає підведення до системи тепла. Розглянута реакція протікає з виділенням тепла (тепловий ефект має знак мінус). Виходить, поглинути тепло, що підводиться, система зможе, якщо реакція піде убік вихідних речовин, тобто рівновага зміщується ліворуч.

Розглянемо вплив тиску. Припустимо, тиск у системі збільшується. Послабити вплив цього фактору система зможе, зменшивши свій об'єм. Праворуч чотири молі газів, ліворуч – два, тобто для того, щоб зменшити об'єм, рівновагу необхідно змістити убік продуктів реакції.

Корисне зауваження. Принцип ле Шательє-Брауна є окремим випадком додатка (у цьому випадку до хімічних систем) більше загального принципу, відомого як *принцип консерватизму*: будь-яка стійка система консервативна, тобто «чинить опір» будь-якому зовнішньому впливу, що прагне вивести її зі стійкого стану. Рівноважна хімічна система стійка за самим визначенням, тому вона, природно, і підпорядковується цьому загальному принципу.

Розрахунок складу рівноважної суміші

Стан рівноваги – це кінцевий стан, «фінал» хімічної взаємодії, його кінцевий результат. Константа рівноваги є кількісною мірою співвідношення учасників взаємодії (реакції) у цьому стані. У цьому зв'язку саме константа рівноваги (її чисельне значення) визначає максимальну (оскільки на практиці досягнення рівноваги іноді необхідно чекати дуже довго) теоретично можливу кількість речовини, яку можна одержати в результаті реакції.

Визначити склад рівноважної суміші означає обчислити вміст всіх речовин у стані рівноваги в одиницях, пропорційних кількості речовини.

Методи розрахунку складу рівноважної суміші не містять у собі яких-небудь специфічних ідей і полягають у складанні рівняння для константи рівноваги конкретної реакції через рівноважні концентрації реагуючих речовин. При цьому, використовуючи основні первинні закони хімічної взаємодії (закон збереження маси й закон кратних відносин), для того, щоб рівняння вирішувалося, необхідно виразити це рівняння через одну невідому величину.

Деякі стандартні прийоми таких дій розглянемо на прикладах. Вибір того або іншого прийому залежить від чисельного значення константи рівноваги й рівняння хімічної реакції (числа речовин, що беруть у ній участь).

Приклад.

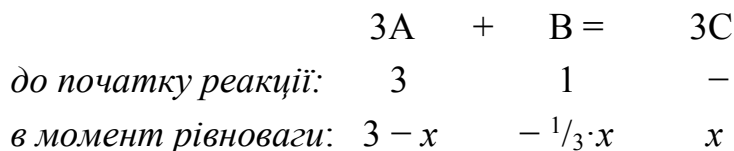
Газоподібні речовини А і В реагують за наведеним рівнянням з утворенням газоподібної речовини С.

1. Виразіть константи рівноваги K_p і K_c реакції через рівноважну кількість речовини С, яка дорівнює x , якщо вихідні речовини взято в стехіометричних кількостях, рівноважний тиск у системі складає p , а температура T .

2. Розрахуйте величини K_p і K_c при $T = 700$ К, якщо $P = 10^5$ Па, а $x = 0,9$.

Розберемо цю задачу на прикладі реакції: $3A + B = 3C$

За умовами задачі речовини А та В взяли у стехіометричних кількостях, тобто $n_{0A} = 3$ моль і $n_{0B} = 1$ моль. Виражаємо рівноважні кількості А та В, прийняв, що рівноважна кількість речовини С дорівнює x .



Запишемо константу рівноваги K_n для заданої реакції :

$$K_n = \frac{n_C^3}{n_A^3 \cdot n_B}$$

де n_i – рівноважна кількість моль речовин.

Тоді:

$$K_n = \frac{x^3}{(3-x)^3 \cdot (1 - \frac{1}{3}x)}$$

K_n пов'язана з K_p і K_c наступними співвідношеннями:

$$K_p = K_n \cdot p^{\Delta n}; \quad K_p = K_c (RT)^{\Delta n};$$

Кількість речовини в рівноважній суміші складає:

$$\Sigma n = 3 - x + 1 - \frac{1}{3}x + x = 4 - \frac{1}{3}x, \quad \Delta n = 3 - (3 + 1) = -1 \text{ моль.}$$

Оскільки $\Delta n = -1$ моль, то запишемо K_p через рівноважну кількість речовини C (x) та рівноважний тиск p :

$$K_p = \frac{x^3}{(3-x)^3 \cdot (1 - \frac{1}{3}x)} \cdot p^{-1}$$

Якщо підставити в дане рівняння згідно із завданням $x = 0,9$, отримуємо:

$$K_p = \frac{0,9^3}{(3-0,9)^3 \cdot (1 - \frac{1}{3} \cdot 0,9)} \cdot 10^{-5} = \frac{0,729}{9,261 \cdot 0,7 \cdot 10^5} = 1,124 \cdot 10^{-6} \text{ [Па]}^{-1}.$$

Далі розрахуємо K_c реакції, враховучи, що оскільки $K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$, то $K_c = K_p (RT)^{-\Delta n}$, тоді для нашої реакції

$$K_c = 1,124 \cdot 10^{-6} (8,314 \cdot 700) = 0,00654 \text{ [моль / л]}^{-1}$$

$$K_c = 6,54 \cdot 10^{-6} \text{ [моль / м}^3\text{]}^{-1}.$$

Приклад.

У системі $\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{COOH}$ визначити склад рівноважної суміші, якщо в реакцію вступають по одному молю CO_2 і H_2 .

Розв'язання.

У цьому випадку розв'язання дуже просте.

Константа рівноваги цієї реакції має вигляд:

$$K^0 = \frac{\tilde{P}_{\text{HCOOH}}}{\tilde{P}_{\text{CO}_2} \cdot \tilde{P}_{\text{H}_2}} = 2,8 \cdot 10^{-28}.$$

Константа рівноваги ($2,8 \cdot 10^{-28}$) дуже мала. З цього виходить, що в рівновазі практично присутні тільки вихідні речовини в тій кількості, в якій вони взяті, тобто у співвідношенні 1:1 або по 50%.

Приклад.

Реакція: $\text{CH}_4 = \text{C (графіт)} + 2 \text{H}_2$

проходить при $T = 825 \text{ K}$ і $p = 2,026 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Константа рівноваги в цих умовах $K^0 = 1$. Припускаючи, що речовини вступають у реакцію в стехіометричних кількостях, розрахувати склад рівноважної суміші.

Розв'язання.

З огляду на агрегатні стани речовин, у заданій реакції та з урахуванням особливостей константи рівноваги гетерогенної реакції, визначаємо, що в даній реакції беруть участь тільки дві речовини. Запишемо вираз для константи рівноваги:

$$K^0 = \frac{\tilde{P}_{\text{H}_2}^2}{\tilde{P}_{\text{CH}_4}}.$$

За умовою завдання загальний тиск у системі $P = 2,026 \cdot 10^5 \text{ Па}$, що у відносних одиницях відповідає тиску:

$$\tilde{p}_{\text{заг}} = \frac{p}{p^0} = \frac{2,026 \cdot 10^5}{1,013 \cdot 10^5} = 2.$$

Якщо позначити вміст рівноважної кількості водню через $\tilde{p}_{\text{H}_2} = x$, тоді з урахуванням стехіометрії взаємодії рівноважна кількість метану буде $(1 - \frac{1}{2}x)$. З іншого боку, у відповідності до (2.28), маємо $K^0 \cdot (p^0)^{\Delta v} = K_N \cdot p^{\Delta v}$, тоді

$$K^0 = K_N \cdot \left(\frac{(p)^{\Delta v}}{(p^0)^{\Delta v}} \right) = K_N \cdot (\tilde{p})^{\Delta v} = (\tilde{p})^{\Delta v} \cdot \frac{N_{\text{H}_2}^2}{N_{\text{CH}_4}} = 2^{-1} \frac{x^2}{(1 - 0,5x)} = \frac{x^2}{2 - x} = 1$$

З огляду на вираз K^0 , одержимо: $\frac{x^2}{2 - x} = 1$ або $x^2 + x - 2 = 0$, розв'язавши дане рівняння, отримуємо $x = 1$, тоді $1 - \frac{1}{2}x = 0,5$, тобто $\tilde{p}_{\text{H}_2} = 1$ моль і $\tilde{p}_{\text{CH}_4} = 0,5$ моль.

Приклад.



проходить при $T = 625 \text{ K}$ і $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Константа рівноваги в цих умовах $K^0 = 28,6$. Припускаючи, що речовини вступають у реакцію в стехіометричних кількостях, розрахувати склад рівноважної суміші.

Розв'язання.

У даній реакції з однієї речовини виходить дві. Такі реакції, не вдаючись глибоко в механізм їхнього протікання, можна віднести до реакцій дисоціації. В цьому випадку склад рівноважної суміші зручно виражати через ступінь дисоціації (α). Ступінь дисоціації (α) – це відношення числа частинок, що продисоціювали, до вихідної кількості.

З огляду на агрегатні стани речовин заданої реакції, записуємо вираз для константи рівноваги:

$$K^0 = \frac{\tilde{p}_{\text{PCl}_3} \cdot \tilde{p}_{\text{Cl}_2}}{\tilde{p}_{\text{PCl}_5}}$$

За умовою завдання речовини вступають у реакцію в стехіометричних кількостях.

Складаємо таблицю матеріального балансу, виражаючи рівноважні кількості речовин через вихідне число молів і ступінь дисоціації

(α) PCl_5 . При цьому концентрацію зручно використовувати в мольних частках ($N_i = n_i / \Sigma n_i$), а вираз *парціального тиску через загальний тиск* (закон Дальтона $p_i = p_{\text{заг}} \cdot N_i$):

Речовини	Число мольв, n_i		Мольна частка, N_i	Парціальний тиск, \tilde{p}_i
	вихідне	рівноважне		
PCl_5	1	$1-\alpha$	$(1-\alpha)/(1+\alpha)$	$\tilde{p}_{\text{заг}} \cdot (1-\alpha)/(1+\alpha)$
PCl_3	0	α	$\alpha/(1+\alpha)$	$\tilde{p}_{\text{заг}} \cdot \alpha/(1+\alpha)$
Cl_2	0	α	$\alpha/(1+\alpha)$	$\tilde{p}_{\text{заг}} \cdot \alpha/(1+\alpha)$
Σn_i		$1+\alpha$		

Отримані вирази підставляємо в закон дії мас:

$$K^0 = \frac{\tilde{p}_{\text{заг}} \cdot [\alpha / (1-\alpha)] \cdot \tilde{p}_{\text{заг}} \cdot [\alpha / (1-\alpha)]}{\tilde{p}_{\text{заг}} \cdot [1-\alpha / (1-\alpha)]} = \frac{\tilde{p}_{\text{заг}} \alpha^2}{1-\alpha^2}.$$

За умовою завдання загальний тиск у системі $p = 1,013 \cdot 10^5$ Па, що у відносних одиницях відповідає тиску

$$\tilde{p}_{\text{заг}} = \frac{p}{p^0} = \frac{1,013 \cdot 10^5}{1,013 \cdot 10^5} = 1.$$

З урахуванням цього, а також значення константи рівноваги одержимо:

$$\frac{\tilde{p}_{\text{заг}} \alpha^2}{1-\alpha^2} = \frac{\alpha^2}{1-\alpha^2} = 28,6.$$

Вирішивши рівняння, знаходимо, що $\alpha = 0,98$. Підставляючи це значення у вираз для мольних часток у відповідному стовпчику, одержимо склад рівноважної суміші в мольних частках:

$$N_{\text{PCl}_3} = \frac{1-0,98}{1+0,98} = 0,010 = 1,0\%,$$

$$N_{\text{PCl}_3} = N_{\text{Cl}_2} = \frac{0,98}{1+0,98} = 0,495 = 49,5\%.$$

Приклад.



проходить при $T = 1050 \text{ К}$ і $p = 5,065 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Константа рівноваги в цих умовах $K^0 = 1,0$.

Припускаючи, що речовини вступають у реакцію в стехіометричних кількостях, розрахувати склад рівноважної суміші.

Розв'язання.

Особливістю таких реакцій є те, що вони протікають без зміни числа молів газів ($\Delta \nu = 0$). Це означає, що чисельне значення константи рівноваги не залежить від способу вираження концентрації (всі константи рівні між собою). Тому рівноважні концентрації речовин можна виражати в будь-яких одиницях, у тому числі й прямо в числах молів.

З огляду на агрегатний стан речовин заданої реакції записуємо вираз для константи рівноваги:

$$K^0 = \frac{n_{\text{CO}} \cdot n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_{\text{CO}_2} \cdot n_{\text{H}_2}}$$

За умовою завдання загальний тиск у системі $p = 5,065 \cdot 10^5 \text{ Па}$, однак, у цьому випадку це не суттєво, тому що тиск не входить у вираз константи.

Позначаючи $n_{\text{CO}} = n_{\text{H}_2\text{O}} = x$, з огляду на вихідну кількість газів, яка дорівнює одиниці, рівноважна кількість буде $n_{\text{CO}_2} = n_{\text{H}_2} = 1 - x$, $n_{\text{CO}_2} = n_{\text{H}_2} = 1 - x$, тоді одержимо значення константи рівноваги реакції:

$$K_p = K^0 = \frac{x^2}{(1-x)^2} = 1,0$$

або $x = 0,5$. Це відповідає вмісту в рівноважній суміші всіх газів по 25%.

2.1 Колоквіум «Хімічна рівновага»

Варіант 1

1. Свідченням хімічної рівноваги у системі є

а) рівність концентрацій всіх речовин, що беруть участь у реакції;

б) незмінність концентрації з часом для всіх речовин, що беруть участь у реакції;

в) відсутність осаду;

г) сталість температури при протіканні реакції;

2. Значення константи рівноваги необхідно для

а) уточнення механізму протікання процесу;

б) порівняння швидкостей хімічних реакцій;

в) розрахунку виходу продуктів реакції;

г) з'ясування напрямку мимовільного протікання реакції.

3. Для газофазної реакції $A + B \rightleftharpoons 2C$ закон дії мас має вираз

а) $K_p = 1$; б) $K_p = \frac{P_A \cdot P_B}{P_C}$;

в) $K_p = \frac{(P_C)^2}{P_A \cdot P_B}$; г) $K_p = \frac{P_A \cdot P_B}{(P_C)^2}$;

4. При збільшенні тиску рівноважний вихід продуктів газофазної реакції $N_2 + Cl_2 \rightleftharpoons 2HCl$

а) збільшиться; б) зменшиться; в) ніяк не зміниться;

г) збільшиться або зменшиться залежно від теплового ефекту реакції;

д) збільшити тиск для даної реакції нездійснено.

5. Чому дорівнює значення K_p для реакції $Ni + 0,5 O_2 \rightleftharpoons NiO$, якщо при заданій температурі рівноважний тиск кисню дорівнює 0,01 атм?

а) 100; б) 10; в) 0,01; г) 0,005.

6. Рівняння ізобари хімічної реакції дає можливість розрахувати K_p при будь-якій температурі, якщо відомі

- а) ΔH і загальний тиск;
- б) рівняння температурної залежності теплового ефекту реакції;
- в) константи рівноваги для двох температур;
- г) ΔG_T .

7. У рівноважній системі $C_2H_6 \rightleftharpoons C_2H_2 + 2H_2$ при постійних T і V збільшили парціальний тиск C_2H_6 . Які зміни відбудуться у системі?

- а) константа збільшиться;
- б) збільшиться вихід продуктів, константа не зміниться;
- в) константа зменшиться;
- г) рівновага не порушиться, тому що об'єм постійний.

8. У реакції $0,5A + 3B \rightleftharpoons 3,5E + D$ беруть участь тверді речовини та газу. Тиск не впливає на стан рівноваги. Яка речовина тверда?

- а) А; б) В; в) Е; г) D.

9. Константа рівноваги деякої реакції при 400 К дорівнює 10^{-8} , а при 600 К – 10^{-6} . Можна стверджувати, що

- а) константа рівноваги лінійно зменшується з температурою;
- б) реакція екзотермічна;
- в) реакція ендотермічна;
- г) при 600 К константа дорівнює 10^{-7} .

10. У якому напрямку піде реакція $A + B \rightleftharpoons 2E$, якщо константа рівноваги цієї реакції $K_c = 5$, а початкові концентрації уасників реакції дорівнюють: $c_A = 0,1$ моль/л; $c_B = 0,1$ моль/л ; $c_E = 0,3$ моль/л?

- а) це залежить від температури;
- б) у прямому;
- в) у зворотному;
- г) у системі рівновага.

Варіант 2

1. Для реакції $\text{NH}_4\text{Cl}_{\text{кр.}} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{HCl}_{\text{г}}$ рівноважний тиск дорівнює p . Константа рівноваги реакції K_p дорівнює

- а) p^2 ; б) $0,25 p^2$; в) $0,5 p$; г) $2p$.

2. Якщо температурний коефіцієнт логарифма константи рівноваги дорівнює нулю, то

а) константа не залежить від температури, а залежить тільки від тиску;

б) тепловий ефект реакції не залежить від температури;

в) зміни температури й тиску не впливають на рівновагу;

г) реакція не супроводжується тепловим ефектом.

3. Константа рівноваги реакції

а) залежить від концентрації реагуючих речовин, якщо реакція протікає в рідкій фазі;

б) залежить від парціальних тисків речовин, якщо реакція протікає в газоподібній фазі;

в) зміни температури й тиску не впливають на рівновагу;

г) залежить від температури;

д) величина, постійна для кожної реакції, незалежно від вихідної концентрації (або величин парціального тиску) і температури.

4. Для реакції $\text{C}_{\text{газ}} \rightleftharpoons 2\text{A}_{\text{мс}} + 2\text{B}_{\text{газ}}$ константа рівноваги (закон дії мас) має вираз

а) $K_p = \frac{p_{\text{C}}}{p_{\text{B}}^2}$; б) $K_p = \frac{p_{\text{B}}^2}{p_{\text{C}}}$;

в) $K_p = \frac{(p_{\text{A}} \cdot p_{\text{B}})^2}{p_{\text{C}}}$; г) $K_p = \frac{p_{\text{A}} \cdot p_{\text{B}}}{p_{\text{C}}}$.

5. Рівняння деякої реакції може бути записано, як $0,25\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{E}$ (K_1) і як $\text{A} + 4\text{B} = 4\text{E}$ (K_2). Як зв'язані K_1 і K_2 ?

а) $K_1 = K_2$; б) $K_1 / K_2 = 4$;

в) $K_2 = 4K_1$; г) $K_2 = K_1^4$.

6. Відомі константи рівноваги у двох реакціях. В одній реакції константа велика (K_1), в іншій – мала (K_2); де більше рівноважний вихід реакції?

- а) рівноважний вихід більший в першій реакції;
- б) рівноважний вихід більший в другій реакції;
- в) рівноважний вихід реакції ніяк не пов'язаний з константою рівноваги.
- г) треба знати рівняння реакції.

7. У якому напрямку буде проходити реакція $A + B \rightleftharpoons 2E$, якщо константа рівноваги цієї реакції $K_c = 5$, а початкові концентрації учасників реакції дорівнюють: $c_A = 0,1$ моль/л; $c_B = 0,1$ моль/л ; $c_E = 0,1$ моль/л?

- а) це залежить від температури;
- б) у прямому;
- в) у зворотному;
- г) у системі рівновага.

8. Якщо у газовій системі $2A + B \rightleftharpoons A_2B$ збільшити загальний тиск у 4 рази, то величина константи K_p

- а) збільшиться в 4 рази; б) зменшиться в 4 рази;
- в) зменшиться в 16 разів; г) не зміниться.

9. Константа рівноваги необхідна для

- а) уточнення механізму протікання процесу;
- б) порівняння швидкостей хімічних реакцій;
- в) розрахунку виходу продуктів реакції;
- г) з'ясування напрямку мимовільного протікання реакції.

10. Рівняння ізобари хімічної реакції дає можливість розрахувати значення константи рівноваги для заданої температури, якщо відомі

- а) ΔH_T і ΔC_p ;
- б) константи рівноваги для двох температур;
- в) ΔG^0_{298} ;
- г) парціальні тиски учасників реакції при $T = 298$ К.

Варіант 3

1. У рівноважній системі $C + O_2 \rightleftharpoons CO_2$ збільшення загального тиску

- а) приведе до збільшення константи;
- б) нічого не змінить;
- в) збільшить вихід продуктів реакції;
- г) це залежить від температури.

2. Якщо температурний коефіцієнт логарифма константи рівноваги додатний, то

- а) реакція екзотермічна;
- б) реакція протікає в прямому напрямку;
- в) реакція ендотермічна;
- г) тиск не впливає на стан рівноваги.

3. Для газофазної реакції $C \rightleftharpoons A + B$ константа рівноваги (закон дії мас) має вираз

- а) $K_p = \frac{P_C}{P_A \cdot P_B}$;
- б) $K_p = \frac{P_A \cdot P_B}{P_C}$;
- в) $K_p = \frac{P_C}{P_A + P_B}$;
- г) $K_p = \frac{P_A + P_B}{P_C}$.

4. При зниженні температури рівноважний вихід продуктів оборотної екзотермічної реакції $2NO + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$

- а) зменшиться; б) збільшиться;
- в) збільшиться, якщо при цьому підвищити тиск;
- г) ніяк не зміниться.

5. Яке значення K_p для реакції $CaO + CO_2 \rightleftharpoons CaCO_3$, якщо при заданій температурі рівноважний тиск дорівнює 0,01 атм?

- а) 100; б) 10; в) 0,01; г) 1.

6. У рівноважній системі $C + O_2 \rightleftharpoons CO_2$ збільшення загального тиску

- а) приведе до збільшення константи;
- б) це залежить від температури;
- в) нічого не змінить;

г) збільшить вихід продуктів реакції.

7. Для реакції $3\text{C}_2\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_6$ співвідношення $\Delta G = -RT \ln K_p$ справедливе за умови

- а) $p_{\text{бензолу}} = p_{\text{ацетилену}} = 1 \text{ атм}$;
- б) $p_{\text{бензолу}} = 3 p_{\text{ацетилену}}$;
- в) $p_{\text{бензолу}} + p_{\text{ацетилену}} = 1 \text{ атм}$;
- г) $p_{\text{бензолу}} = p_{\text{ацетилену}} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

8. Вираз K_p гетерогенної реакції містить тиск тільки газоподібних учасників реакції тому, що парціальні тиски конденсованих речовин

- а) дорівнюють нулю; б) залежать тільки від температури;
- в) дорівнюють 1; г) дуже мало впливають на величину константи.

9. Константи рівноваги двох реакцій при 298 К відрізняються в 10 разів. Стандартні значення ΔG^0 цих реакцій відрізняються

- а) в 10 разів; б) на 10 кДж; в) на 2,3 кДж; г) на 5,7 кДж.

10. Як впливає температура на константу рівноваги K_p ? Що є мірою цього впливу?

- а) знак і величина ΔG ; б) знак і величина ΔH ;
- в) знак і величина ΔS ; г) знак і величина ΔC_p .

Варіант 4

1. Для реакції $\text{A}_{\text{тв}} + \text{B}_{\text{газ}} \rightleftharpoons \text{C}_{\text{газ}}$ константа рівноваги (закон дії мас) має вираз

- а) $K_p = \frac{P_C}{P_A \cdot P_B}$; б) $K_p = \frac{P_A \cdot P_B}{P_C}$;
- в) $K_p = \frac{P_C}{P_A}$; г) $K_p = \frac{P_C}{P_B}$.

2. При збільшенні тиску рівноважний вихід продуктів газофазної реакції $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{HCl}$

- а) збільшиться; б) зменшиться; в) ніяк не зміниться;

г) збільшиться або зменшиться залежно від теплового ефекту реакції.

3. Вказати рівняння, яке пов'язує ΔG^0 та константу рівноваги K_p при постійних P і T , якщо тиск виражений у Па.

- а) $\Delta G^0 = -RT \ln K_p$;
- б) $\Delta G^0 = -RT \ln K_p + \Delta n RT \ln (1,013 \cdot 10^5)$;
- в) $\Delta G^0 = RT \ln K_p$;
- г) $\Delta G^0 = -RT \ln K_p - \Delta n RT \ln (1,013 \cdot 10^5)$.

4. Для деякої реакції у газовій фазі при постійних p і T $\Delta G^0 > 0$. В якому напрямку мимовільно проходить ця реакція?

- а) ΔG^0 не визначає напрямок реакції;
- б) у прямому;
- в) у зворотному;
- г) у системі рівновага.

5. Чи зміниться (і як) значення константи рівноваги K_p реакції $A + 2B \rightleftharpoons AB_2$, якщо загальний тиск у системі збільшити у 2 рази? Всі речовини знаходяться у ідеальному газоподібному стані.

- а) константа збільшиться в 2 рази;
- б) константа не зміниться;
- в) константа зменшиться в 2 рази;
- г) може бути будь-який варіант.

6. Для деякої ендотермічної реакції тепловий ефект з ростом температури збільшується. Який загальний вигляд має графічна залежність $\ln K_p$ від T для цієї реакції?

- а) зростає з ростом T ;
- б) зменшується пропорційно T ;
- в) зменшується з ростом T ;
- г) зростає прямо пропорційно з ростом T .

7. Рівняння ізобари хімічної реакції дає можливість розрахувати значення константи рівноваги для заданої температури, якщо відомі

- а) ΔH_T і ΔC_p ;

б) константа рівноваги для двох температур;

в) ΔG^0_{298} ;

г) парціальні тиски учасників реакції при $T = 298 \text{ K}$.

8. Для реакції $\text{NH}_4\text{Cl}_{\text{кр}} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{HCl}_g$ загальний рівноважний тиск дорівнює p . Константа рівноваги реакції K_p дорівнює

а) p^2 ; б) $0,25p^2$; в) $0,5 p$; г) $2p$.

9. Для хімічної реакції $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$ стандартна спорідненість ΔG^0_{298} дорівнює $-25,6 \cdot 10^3 \text{ Дж/моль}$. Розрахуйте константу рівноваги цієї реакції при $T = 373 \text{ K}$.

а) 8,255; б) 3847;

в) $2,6 \cdot 10^{-4}$; г) $-8,255$.

10. Для збільшення виходу продукту у будь-якій реакції треба

а) підвищити загальний тиск;

б) підвищити температуру;

в) вихід продуктів для конкретної реакції – величина постійна;

г) без рівняння реакції відповістити на запитання не можна.

Варіант 5

1. Для газофазної реакції $\text{C} \rightleftharpoons 2\text{A} + 2\text{B}$ константа рівноваги (закон дії мас) має вираз

а) $K_p = \frac{P_C}{P_A \cdot P_B}$; б) $K_p = \frac{P_A \cdot P_B}{P_C}$;

в) $K_p = \frac{(P_A \cdot P_B)^2}{P_C}$; г) $K_p = \frac{P_A \cdot P_B}{P_C^2}$.

2. Яке значення K_p для реакції $\text{Ni} + 0,5 \text{ O}_2 \rightleftharpoons \text{NiO}$, якщо при заданій T рівноважний тиск O_2 дорівнює $0,01 \text{ атм}$?

а) 100; б) 10; в) 0,01; г) 0,005.

3. Значення константи рівноваги необхідно для

а) уточнення механізму протікання процесу;

б) порівняння швидкостей хімічних реакцій;

в) розрахунку виходу продуктів реакції;

г) з'ясування напрямку мимовільного протікання реакції.

4. Щоб збільшити рівноважний вихід продуктів газофазної реакції $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}_{(г)}$, необхідно тиск

- а) підвищити;
- б) підвищити, якщо реакція ендотермічна;
- в) понизити;
- г) підвищити, якщо температура достатня;
- д) зміна тиску не позначиться на виході продуктів реакції.

5. Для деякої хімічної реакції на всьому температурному інтервалі ΔG від'ємна; можна стверджувати, що

- а) $\Delta H > 0$, $\Delta S > 0$; б) $\Delta H < 0$, $\Delta S > 0$;
- в) $\Delta H < 0$, $\Delta S < 0$; г) $\Delta H > 0$, $\Delta S < 0$.

6. У якому напрямку буде проходити реакція $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons 2\text{E}$, якщо її константа рівноваги $K_c = 2$, а початкові концентрації учасників реакції дорівнюють: $c_{\text{A}} = 0,1$ моль/л; $c_{\text{B}} = 0,2$ моль/л; $c_{\text{E}} = 0,1$ моль/л?

- а) це залежить від температури;
- б) у прямому; в) у зворотному;
- г) у системі рівновага.

7. Константа рівноваги деякої реакції K_c має розмірність $\text{моль}^3 \text{м}^{-9}$; яку розмірність буде мати K_p ?

- а) атм^3 ; б) Па; в) Па^3 ; г) атм.

8. Зіставте константи рівноваги K_p і K_c реакції $2\text{NO}_2 = \text{N}_2\text{O}_4$.

- а) $K_p > K_c$; б) $K_p < K_c$;
- в) $K_p = K_c$; г) даних недостатньо.

9. Константи рівноваги двох реакцій при $T = 298 \text{ K}$ відрізняються у 5 разів. Стандартні значення ΔG^0 цих реакцій відрізняються

- а) у 5 разів; б) на 5 кДж;
- в) на 3987 Дж; г) на 5,7 кДж.

10. Які фактори впливають на константу рівноваги K_p , якщо реагуючу систему розглядати як ідеальну?

- а) тиск кожного з реагентів;

- б) тільки температура;
- в) загальний тиск у системі й температура;
- г) тільки тиск.

Варіант 6

1. Для реакції $\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{CaO} + \text{O}_2$ при деякій T $K_p = A$. Парціальний тиск O_2 дорівнює

- а) для відповіді недостатньо даних;
- б) A ; в) A^2 ; г) $2A$.

2. Яке значення K_p для реакції $\text{Ni} + 0,5 \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{NiO}$, якщо при заданій температурі рівноважний тиск кисню дорівнює $0,01$ атм?

- а) 100; б) 10; в) 0,01; г) 0,005.

3. Для газофазної реакції $\text{C} \rightleftharpoons \text{A} + 2\text{B}$ константа рівноваги (закон дії мас) має вираз

а) $K_p = \frac{p_C}{p_A \cdot p_B^2}$; б) $K_p = \frac{p_A \cdot p_B^2}{p_C}$;
 в) $K_p = \frac{p_C}{p_A + 2p_B}$; г) $K_p = \frac{p_A + 2p_B}{p_C}$

4. Для реакції $\text{NH}_4\text{Cl}_{\text{кр}} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{HCl}_{\text{г}}$ рівноважний тиск дорівнює p . Константа рівноваги реакції K_p дорівнює

- а) p^2 ; б) $0,25p^2$; в) $0,5p$; г) $2p$.

5. Рівняння ізобари хімічної реакції дає можливість розрахувати K_p при будь-якій температурі, якщо відомі

- а) ΔH і загальний тиск;
- б) константи рівноваги для двох температур;
- в) рівняння температурної залежності теплового ефекту реакції;
- г) ΔG_T .

6. При зниженні температури рівноважний вихід продуктів оборотної екзотермічної реакції $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO} + \text{O}_2$

- а) зменшиться;
- б) збільшиться, якщо підвищити тиск;
- в) збільшиться;
- г) зменшиться, якщо понизити тиск;

д) ніяк не зміниться.

7. Яка з констант рівноваги (K_p або K_c) більша для реакції $2\text{NO}_2 = \text{N}_2\text{O}_4$

а) $K_p > K_c$; б) $K_p < K_c$; в) $K_p = K_c$;

г) даних для відповіді недостатньо.

8. Рівняння деякої реакції може бути записано як $1/4\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{E}$ (K_1) і як $\text{A} + 4\text{B} \rightleftharpoons 4\text{E}$ (K_2). Який зв'язок між K_1 і K_2 ?

а) $K_1 = K_2$; б) $K_1 / K_2 = 4$; в) $K_2 = 4 K_1$; г) $K_2 = K_1^4$.

9. Розрахувати K_p реакції $\text{Ag}_{(кр)} + 1/2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{AgO}_{(кр)}$ при 300 К, якщо тиск дисоціації AgO при цій температурі дорівнює $p = 10^{-2} \text{ Па}^{-1/2}$.

а) $10^{-2} \text{ Па}^{-0,5}$; б) $10^2 \text{ Па}^{-0,5}$; в) $0,1 \text{ Па}^{-0,5}$; г) $10 \text{ Па}^{-0,5}$.

10. Для визначення напрямку хімічної реакції треба знати

а) тепловий ефект реакції;

б) початкові концентрації реагуючих речовин і K_c ;

в) зміну ентропії реакції;

г) рівноважні концентрації реагуючих речовин.

Варіант 7

1. Рівняння ізотерми вант-гоффа для реакції $2\text{H}_2 + 2\text{C} = \text{C}_2\text{H}_4$ (всі речовини в ідеальному газоподібному стані) має вигляд:

а) $\Delta G = RT \left(\ln \frac{p'_{\text{H}_2}{}^2 \cdot p'_{\text{C}}{}^2}{p'_{\text{C}_2\text{H}_4}} + \ln K_p \right)$; б) $\Delta G = RT \left(\ln \frac{p'_{\text{C}_2\text{H}_4}}{p'_{\text{H}_2}{}^2} - \ln K_p \right)$;

в) $\Delta G = RT \left(\ln \frac{p'_{\text{C}_2\text{H}_4}}{p'_{\text{H}_2}{}^2 \cdot p'_{\text{C}}{}^2} - \ln K_p \right)$; г) $\Delta G = RT \left(\ln \frac{p'_{\text{C}_2\text{H}_4}}{p'_{\text{H}_2}{}^2} + \ln K_p \right)$.

2. Для реакції $2\text{C} + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_2$ $K_p = 1(\text{Па})^{-1}$. Визначте парціальний тиск C_2H_2

а) для відповіді недостатньо даних;

б) 1; в) 0,5; г) 2.

3. Якщо в рівноважній суміші $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{HCl}$ збільшити парціальний тиск хлору в 3 рази, то тиск HCl збільшиться в

а) в 1,73 рази; б) в 3 рази; в) в 9 разів;

г) треба знати початкові і рівноважні парціальні тиски учасників реакції.

4. У реакції $0,5A + 3B \rightleftharpoons 3,5E + D$ беруть участь тверді речовини й гази. Тиск не впливає на стан рівноваги. Яка речовина тверда?

а) А; б) В; в) Е; г) D.

5. Для реакції $SO_2 + 0,5O_2 = SO_3$, що перебігає у стандартних умовах розрахувати відношення K_p/K_c

а) $(RT)^{-0,5}$; б) $(RT)^{0,5}$;
в) $(RT)^{2,5}$; г) даних недостатньо.

6. Яку необхідно мати інформацію, щоб при заданих початкових концентраціях реагуючих речовин і T визначити напрямок реакції?

а) знак теплового ефекту;
б) K_c при заданій температурі;
в) знак ΔF реакції;
г) знати рівняння хімічної реакції.

7. Константи рівноваги двох реакцій при $T = 298 K$ відрізняються в 5 разів. Стандартні значення ΔG^0 цих реакцій відрізняються

а) в 5 разів; б) на 5 кДж;
в) на 3987 Дж; г) на 5,7 кДж.

8. Розмірність константи рівноваги при розрахунку за рівнянням $\ln K = -\Delta G^0/RT$

а) залежить від розмірності R і ΔG ;
б) $(\text{моль/л})^{\Delta n}$; в) $(\text{атм})^{\Delta n}$;
г) безрозмірна величина.

9. Якщо в рівноважній суміші $H_2 + Cl_2 \rightleftharpoons 2 HCl$ збільшити парціальний тиск соляної кислоти у 3 рази, то тиск водню збільшиться в

а) в 1,73 рази; б) в 6 разів; в) в 9 разів;
г) для відповіді потрібні значення початкових і рівноважних парціальних тисків учасників реакції.

10. Як зміниться рівноважний вихід продуктів реакції $CH_4(g) + 4PCl_5(g) \rightleftharpoons CCl_4(g) + 4PCl_3(g) + 4HCl$ при підвищенні загального тиску, якщо всі речовини перебувають у стані ідеальних?

- а) збільшиться; б) зменшиться;
в) не зміниться; г) даних недостатньо.

Варіант 8

1. Яке значення K_p для реакції $2\text{Na} + 0,5\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{O}$, якщо при заданій температурі рівноважний тиск кисню дорівнює 0,04 атм?

- а) 25; б) 0,2; в) 5; г) 0,004.

2. Для газофазної реакції $\text{A} + 2\text{B} \rightleftharpoons \text{C}$ константа рівноваги (закон дії мас) має вираз

а) $K_p = \frac{P_C^2}{P_A \cdot P_B}$; б) $K_p = \frac{P_A + P_B}{P_C}$;

в) $K_p = \frac{P_C}{P_A + P_B}$; г) $K_p = \frac{P_A \cdot P_B}{P_C}$.

3. Константа рівноваги деякої реакції при 500 К дорівнює 10^{-6} , а при 700 К – 10^{-4} ; можна стверджувати, що

- а) константа рівноваги лінійно зменшується з температурою;
б) реакція екзотермічна;
в) реакція ендотермічна;
г) при 600 К константа дорівнює 10^{-5} .

4. Для реакції $2\text{C} + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_6$ (всі речовини в ідеальному газоподібному стані) напишіть рівняння ізотерми Вант-Гоффа

а) $\Delta G = RT \left(\ln \frac{P'_{\text{H}_2} \cdot P'_C}{P'^2_{\text{C}_2\text{H}_6}} - \ln K_p \right)$; б) $\Delta G = RT \left(\ln \frac{P'^3_{\text{H}_2}}{P'_{\text{C}_2\text{H}_6}} - \ln K_p \right)$;

в) $\Delta G = RT \left(\ln \frac{P'_{\text{C}_2\text{H}_6}}{P'^3_{\text{H}_2}} - \ln K_p \right)$; г) $\Delta G = RT \left(\ln \frac{P'_{\text{C}_2\text{H}_6}}{3P'_{\text{H}_2}} - \ln K_p \right)$.

5. У якому напрямку піде реакція $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons 2\text{E}$, якщо константа рівноваги цієї реакції $K_c=5$, а початкові концентрації учасників реакції дорівнюють: $c_A = 0,1$ моль/л; $c_B = 0,1$ моль/л; $c_E = 0,1$ моль/л?

- а) це залежить від температури;
б) у прямому; в) у зворотному; г) у системі рівновага

6. Щоб збільшити рівноважний вихід продуктів газофазної реакції $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}(\text{г})$, тиск необхідно

- а) підвищити; б) зміна тиску нічого не змінить;

- в) знизити;
г) тиск не впливає на вихід продуктів реакції.

7. Константа рівноваги деякої реакції K_c має розмірність моль²/м⁶; яку розмірність буде мати K_p ?

- а) атм; б) Па; в) Па²; г) моль/л.

8. Якщо процес протікає при постійних p і T , то критерієм напрямку є

- а) $dG \leq -SdT + Vdp$; б) $dF \leq -SdT - pdV$;
в) $dH \leq TdS + Vdp$; г) $dU \leq TdS - pdV$.

9. Співвідношення між величинами K_p і K_N для хімічної реакції

- а) $K_p = K_N \cdot \Delta n \cdot RT$; б) $K_p = K_N \cdot \Delta n \cdot p_{\text{заг}}$;
в) $K_p = K_N \cdot p_{\text{заг}}^{\Delta n}$; г) $K_p = K_N$.

10. Що є мірою впливу T на константу K_p ?

- а) характер залежності K_p від T визначається знаком ΔH ;
б) вплив T на K_p визначає знак функції Гіббса;
в) для відповіді необхідно знати ΔS реакції;
г) для відповіді необхідно знати конкретну реакцію.

Варіант 9

1. Рівняння деякої реакції може бути записано, як $1/3 A + B \rightleftharpoons E$ (K_1) і як $A + 3B \rightleftharpoons 3E$ (K_2). Як зв'язані K_1 та K_2 ?

- а) $K_1 = K_2$; б) $K_1/K_2 = 3$;
в) $K_2 = 3 K_1$; г) $K_2 = K_1^3$.

2. Якщо в газовій системі $2A + B \rightleftharpoons A_2B$ збільшити загальний тиск в 4 рази, то величина константи K_p

- а) збільшиться в 4 рази; б) зменшиться в 4 рази;
в) зменшиться в 16 разів; г) не зміниться.

3. Для газофазної реакції $A + B \rightleftharpoons 2C$ константа рівноваги (за кон дії мас) має вираз

- а) $K_p = \frac{p_C}{p_A \cdot p_B}$; б) $K_p = \frac{p_A \cdot p_B}{p_C}$;

$$\text{в) } K_p = \frac{P_C^2}{P_A \cdot P_B}; \quad \text{г) } K_p = \frac{P_A \cdot P_B}{P_C^2}.$$

4. Свідченням хімічної рівноваги у системі є

а) рівність концентрацій всіх речовин, що беруть участь у реакції;

б) незмінність концентрації з часом для всіх речовин, що беруть участь у реакції;

в) відсутність осаду;

г) сталість температури при протіканні реакції.

5. Рівняння залежності константи рівноваги від температури – це

а) рівняння ізотерми Вант-Гоффа;

б) рівняння Гіббса-Гельмгольца;

в) рівняння ізобари Вант-Гоффа;

г) рівняння Кірхгоффа.

6. Залежність константи рівноваги реакції від температури має наступний вигляд: $\ln K_p = 600/T + 5,2$; виділяється чи поглинається теплота в ході цієї реакції?

а) поглинається; б) не виділяється, не поглинається;

в) виділяється; г) необхідно вказати рівняння реакції.

7. При збільшенні тиску константа рівноваги K_p

а) зростає;

б) це залежить від Δn газоподібних речовин реакції;

в) зменшується;

г) не залежить.

8. Для реакції $\text{H}_2 + \text{Br}_2 = 2\text{HBr}$ вкажіть рівняння ізотерми Вант-Гоффа (всі речовини в ідеальному газоподібному стані)

$$\text{а) } \Delta G = \left(\ln \frac{P'_{\text{H}_2} \cdot P'_{\text{Br}_2}}{P'^2_{\text{HBr}}} + \ln K_p \right); \text{ б) } \Delta G = \left(\ln \frac{P'_{\text{H}_2} \cdot P'_{\text{Br}_2}}{P'^2_{\text{HBr}}} - \ln K_p \right);$$

$$\text{в) } \Delta G = \left(\ln \frac{P'^2_{\text{HBr}}}{P'_{\text{H}_2} \cdot P'_{\text{Br}_2}} - \ln K_p \right); \text{ г) } \Delta G = \left(\ln \frac{P'^2_{\text{HBr}}}{P'_{\text{H}_2} \cdot P'_{\text{Br}_2}} + \ln K_p \right).$$

9. При зниженні температури рівноважний вихід продуктів оборотної екзотермічної реакції $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$

- а) зменшиться;
- б) збільшиться;
- в) ніяк не зміниться;
- г) збільшиться, якщо при цьому підвищити тиск.

10. Значення константи рівноваги необхідно для

- а) уточнення механізму протікання процесу;
- б) порівняння швидкостей хімічних реакцій;
- в) розрахунку виходу продуктів реакції;
- г) з'ясування напрямку протікання реакції.

Варіант 10

1. Для реакцій, що протікають зі збільшенням числа молів газоподібних речовин, підвищення тиску

- а) викликає збільшення константи рівноваги;
- б) не впливає на величину константи;
- в) зменшує величину константи;
- г) залежить від умов проведення реакції.

2. Константа рівноваги реакції може бути розрахована за наступними характеристиками учасників реакції

- а) теплоємностями;
- б) константами рівноваги реакцій утворення;
- в) ентропіями;
- г) теплотами утворення.

3. Для газофазної реакції $2\text{C} \rightleftharpoons 2\text{A} + \text{B}$ константа рівноваги (за кон дії мас) має вираз

$$\begin{aligned} \text{а) } K_p &= \frac{P_C}{P_A \cdot P_B}; & \text{б) } K_p &= \frac{P_A \cdot P_B}{P_C}; \\ \text{в) } K_p &= \frac{P_C^2}{P_A^2 \cdot P_B}; & \text{г) } K_p &= \frac{P_A^2 \cdot P_B}{P_C^2}. \end{aligned}$$

4. Для реакції $\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{CaO} + \text{O}_2$ при деякій T $K_p = A$. Тиск оксигену дорівнює

- а) \sqrt{A} ; б) A ; в) A^2 ; г) $2A$.

5. Процес протікає при постійних об'ємі і температурі; напрямком процесу при цьому визначається функцією

- а) F ; б) G ; в) U ; г) H .

6. Чи може зміна температури привести до зміни напрямку реакції?

- а) може, якщо $\Delta H > 0$ і $\Delta S > 0$;
б) може, якщо $\Delta H < 0$ і $\Delta S > 0$;
в) не може, тому що напрямок реакції визначає тільки знак ΔG ;
г) даних для відповіді недостатньо.

7. Для реакції $4\text{HCl}_g + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}_g + 2\text{Cl}_2$ рівняння ізотерми Вант-Гоффа має вигляд

а) $\Delta G = \left(\ln \frac{p'_{\text{Cl}_2}{}^2 \cdot p'_{\text{H}_2\text{O}}{}^2}{p'_{\text{HCl}}{}^4 \cdot p'_{\text{O}_2}} - \ln K_p \right)$; б) $\Delta G = \left(\ln \frac{p'_{\text{Cl}_2}{}^2 \cdot p'_{\text{H}_2\text{O}}{}^2}{p'_{\text{HCl}}{}^4 \cdot p'_{\text{O}_2}} + \ln K_p \right)$;
в) $\Delta G = \left(\ln \frac{p'_{\text{HCl}}{}^4 \cdot p'_{\text{O}_2}}{p'_{\text{Cl}_2}{}^2 \cdot p'_{\text{H}_2\text{O}}{}^2} - \ln K_p \right)$; г) $\Delta G = \left(\ln \frac{p'_{\text{Cl}_2}{}^2 + p'_{\text{H}_2\text{O}}{}^2}{p'_{\text{HCl}}{}^4 + p'_{\text{O}_2}} - \ln K_p \right)$.

8. Константа рівноваги деякої реакції K_c має розмірність $\text{моль}^2 \cdot \text{л}^{-2}$; яку розмірність буде мати K_p ?

- а) атм^2 ; б) Па ; в) Па^2 ; г) атм .

9. Яка залежність визначає спрямованість процесів, що протікають в ізольованій системі?

- а) $dG \leq 0$; б) $dF \leq 0$;
в) $dS \geq \delta Q / T$; г) $dS \geq 0$.

10. Для реакції $2\text{C} + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_6$ яка з констант рівноваги більша – K_p або K_c ?

- а) $K_p > K_c$; б) $K_p < K_c$;
в) $K_p = K_c$; г) даних недостатньо.

Варіант 11

1. Якщо в рівноважній суміші $C + \frac{1}{2} O_2 \rightleftharpoons CO$ збільшити парціальний тиск кисню в 2 рази, то тиск CO_2 збільшиться

- а) в 2 рази;
- б) в 4 рази;
- в) в 1,41 рази;
- г) потрібні значення початкових і рівноважних парціальних тисків учасників.

2. Рівняння залежності константи рівноваги від температури – це

- а) рівняння ізотерми Вант-Гоффа;
- б) рівняння ізобари Вант-Гоффа;
- в) рівняння Гіббса-Гельмгольца;
- г) рівняння Кірхгоффа.

3. Температура і об'єм системи, в якій відбувається реакція, незмінні. Рівновага буде досягнута

- а) коли вільна енергія Гельмгольца стане максимальною;
- б) коли вільна енергія Гіббса стане максимальною;
- в) коли вільна енергія Гельмгольца стане мінімальною;
- г) коли вільна енергія Гіббса стане мінімальною.

4. Для реакції $CaCO_3 \rightleftharpoons CaO + O_2$ $K_p = A$ парціальний тиск O_2 дорівнює

- а) для відповіді недостатньо даних;
- б) A ;
- в) A^2 ;
- г) $2A$.

5. Для газофазної реакції $2C \rightleftharpoons A + B$ закон дії мас має вираз

- а) $K_p = \frac{P_C}{P_A \cdot P_B}$;
- б) $K_p = \frac{P_A \cdot P_B}{P_C}$;
- в) $K_p = \frac{P_C^2}{P_A \cdot P_B}$;
- г) $K_p = \frac{P_A \cdot P_B}{P_C^2}$

6. Константа рівноваги деякої реакції при 400 К дорівнює 10^{-4} , а при 600 К – 10^{-2} ; можна стверджувати, що

- а) константа рівноваги лінійно зменшується з T ;
- б) реакція екзотермічна;
- в) реакція ендотермічна;
- г) при 600 К константа дорівнює 10^{-3} .

7. Рівняння деякої реакції може бути записано, як $2A + 4B \rightleftharpoons 4E$ (K_1) і як $A + 2B \rightleftharpoons 4E$ (K_2). Як зв'язані K_1 і K_2 ?

- а) $K_1 = K_2$; б) $K_1/K_2 = 2$;
в) $K_2 = 2K_1$; г) $K_2 = K_1^2$.

8. У рівнянні реакції ΔG додатна. Тиск і температура постійні. Коли буде отримано кінцевий продукт?

- а) ніколи;
б) коли ентропії вихідних і кінцевих речовин вирівнюються;
в) одразу;
г) коли ентальпії вихідних і кінцевих речовин вирівнюються.

9. Яке значення K_p для реакції $2Na + 0,5 O_2 \rightleftharpoons Na_2O$, якщо при заданій температурі рівноважний тиск кисню дорівнює 0,01 атм?

- а) 10; б) 0,01; в) 100; г) 0,005.

10. Які експериментальні дані необхідно мати, щоб розрахувати константу рівноваги реакції при будь-якій заданій температурі?

- а) теплові ефекти хімічної реакції;
б) значення констант реакції при 2-х температурах;
в) значення функції Гіббса;
г) ΔS реакції й знак ΔG^0 .

Варіант 12

1. Яке співвідношення між величинами K_p та K_N для хімічної реакції?

- а) $K_p = K_N \cdot \Delta n RT$; б) $K_p = K_N \cdot \Delta n P_{\text{заг}}$;
в) $K_p = K_N \cdot P_{\text{заг}}^{\Delta n}$; г) $K_p = K_N$.

2. Для газофазної реакції $C \rightleftharpoons A + B$ константа рівноваги (закон дії мас) має вираз

- а) $K_p = \frac{P_C}{P_A \cdot P_B}$; б) $K_p = \frac{P_A \cdot P_B}{P_C}$;
в) $K_p = \frac{P_C}{P_A + P_B}$; г) $K_p = \frac{P_A + P_B}{P_C}$.

3. Для реакції $\text{NH}_4\text{Cl}_{(кр)} \rightleftharpoons \text{NH}_3_{(г)} + \text{HCl}_{(г)}$ рівноважний тиск дорівнює p . Константа рівноваги реакції K_p дорівнює:

- а) p^2 ; б) $0,25 p^2$; в) \sqrt{p} ; г) $2 p$.

4. Для збільшення виходу продукту в будь-якій реакції треба

- а) підвищити загальний тиск;
б) без рівняння реакції відповісти не можна;
в) вихід продуктів для реакції – величина стала;
г) підвищити температуру.

5. Які експериментальні дані необхідно мати, щоб розрахувати константу рівноваги реакції при будь-якій заданій температурі?

- а) теплові ефекти хімічної реакції;
б) значення констант реакції при 2-х температурах;
в) значення функції Гіббса;
г) ΔS реакції й знак ΔG^0 .

6. У рівноважній системі $\text{C}_2\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{C} + \text{H}_2$ при постійних T та V збільшили парціальний тиск C_2H_2 . Які зміни відбудуться у системі?

- а) константа збільшиться;
б) збільшиться вихід продуктів, константа не зміниться;
в) константа зменшиться;
г) рівновага не порушиться, тому що об'єм постійний.

7. У реакції $\text{A} + 2,5\text{B} \rightleftharpoons 3,5\text{E} + \text{D}$ беруть участь тверді речовини й гази. Тиск не впливає на стан рівноваги. Яка речовина тверда?

- а) А; б) В; в) Е; г) D.

8. Для деякої реакції залежність K_p від температури виражається рівнянням: $\ln K_p = -6000/T + 0,8 \ln T + 25$. Можна стверджувати, що

- а) реакція екзотермічна;
б) реакція ендотермічна;
в) логарифм константи рівноваги обернено пропорційний температурі;
г) константа рівноваги збільшується при підвищенні температури.

9. Розрахувати K_p реакції $A_{(кр)} + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons AO_{(кр)}$ при 300 K, якщо тиск дисоціації ао при цій температурі дорівнює $10^{-2} \text{ Па}^{-1/2}$

- а) $10^{-2} \text{ Па}^{-0,5}$; б) $10^2 \text{ Па}^{-0,5}$; в) $0,1 \text{ Па}^{-0,5}$; г) $10 \text{ Па}^{-0,5}$.

10. Як потрібно змінити тиск, щоб збільшити вихід продуктів реакції $N_2 + 3 H_2 \rightleftharpoons 2 NH_3$?

- а) збільшити; б) знизити;
в) не змінювати; г) треба задати T .

Варіант 13

1. Для реакції $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$ зіставте константи рівноваги K_p та K_c

- а) $K_p > K_c$; б) $K_p < K_c$;
в) $K_p = K_c$; г) даних недостатньо.

2. Рівнянням, яке пов'язує максимальну роботу, температурний коефіцієнт макс. Роботи й тепловий ефект ізобарного процесу, є

- а) $\Delta G = \Delta F - T\Delta S$; б) $\Delta G = \Delta H + T\Delta S$;
в) $A_{\max} = \Delta H - T\Delta S$; г) $A_{\max} = T\Delta S - \Delta H$.

3. Для газофазної реакції $C \rightleftharpoons 3A + 2B$ закон дії мас має вираз

- а) $K_p = \frac{p_C}{p_A^3 \cdot p_B^2}$; б) $K_p = \frac{p_A \cdot p_B}{p_C^2}$;
в) $K_p = \frac{(p_A \cdot p_B)^2}{p_C}$; г) $K_p = \frac{(p_C)^2}{p_A \cdot p_B}$.

4. Константа рівноваги деякої реакції K_p має розмірність атм^{-1} ; розмірність K_c цієї реакції

- а) $\text{моль} \cdot \text{м}^{-3}$; б) моль/л ; в) $\text{м}^3 \cdot \text{моль}^{-1}$; г) л/моль .

5. Реакція $CO_2 + C \rightleftharpoons 2CO$ супроводжується поглинанням тепла. Для збільшення виходу продуктів реакції її варто вести

- а) при низьких p і T ;
б) при низькій T і високому p ;
в) при високих p і T ;
г) при високій T і низькому p .

6. Рівняння ізобари хімічної реакції дає можливість розрахувати K_p при будь-якій температурі, якщо відомі

- а) ΔH і загальний тиск;
- б) константи рівноваги для двох температур;
- в) рівняння температурної залежності $\Delta H = f(T)$ реакції;
- г) ΔG_T .

7. При рівновазі у системі $\text{SO}_2 + \text{C} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{S}_{(тв)}$ склад газової фази при температурі t дорівнює: $\text{CO}_2 - 80\%$; $\text{SO}_2 - 20\%$. Реакція ендотермічна. Як можна підвищити вміст CO_2 у рівноважній газовій суміші?

- а) збільшити загальний тиск;
- б) підвищити температуру;
- в) знизити температуру;
- г) рівноважний склад змінити не можна.

8. Яке значення K_p для реакції $\text{MgCO}_3 \rightleftharpoons \text{MgO} + \text{CO}_2$, якщо при заданій температурі рівноважний тиск вуглекислого газу дорівнює 0,1 атм?

- а) 0,1; б) 10; в) 1;
- г) не вистачає даних для відповіді.

9. Для деякої хімічної реакції на всьому температурному інтервалі ΔG додатна; можна стверджувати, що

- а) $\Delta H > 0$, $\Delta S > 0$; б) реакція екзотермічна;
- в) реакція ендотермічна; г) $\Delta H > 0$, $\Delta S < 0$.

10. K_c реакції має розмірність $\text{моль} \cdot \text{м}^{-3}$; яку розмірність буде мати K_p ?

- а) атм^{-3} ; б) Па; в) Па^{-3} ; г) атм.

Варіант 14

1. Константа рівноваги реакції

а) залежить від концентрації реагуючих речовин, якщо реакція протікає в рідкій фазі;

б) залежить від парціальних тисків речовин, якщо реакція йде в газоподібній фазі;

в) залежить від температури;

г) величина, постійна для кожної реакції, незалежно від T проведення реакції.

2. При зниженні температури рівноважний вихід продуктів оборотної екзотермічної реакції $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$

а) зменшиться;

б) збільшиться, якщо при цьому підвищити тиск;

в) збільшиться;

г) ніяк не зміниться.

3. Рівняння ізобари реакції дає можливість розрахувати значення константи рівноваги для заданої температури, якщо відомі

а) ΔH_T і ΔC_p ;

б) константа рівноваги для будь-якої температури й ΔH ;

в) ΔG^0_{298} ;

г) парціальні тиски учасників реакції при $T = 298 \text{ K}$.

4. Для газофазної реакції $2\text{C} \rightleftharpoons 2\text{A} + \text{B}$ константа рівноваги (за кон дії мас) має вираз

а) $K_p = \frac{p_C}{p_A \cdot p_B}$; б) $K_p = \frac{p_A \cdot p_B}{p_C}$;

в) $K_p = \frac{(p_C)^2}{(p_A \cdot)^2 \cdot p_B}$; г) $K_p = \frac{(p_A \cdot)^2 \cdot p_B}{(p_C)^2}$.

5. Розрахувати відношення K_p/K_c для реакції $\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{SO}_2 + 0,5\text{O}_2$ за стандартних умов

а) $(RT)^{-0,5}$; б) $(RT)^{0,5}$; в) $(RT)^{2,5}$; г) даних недостатньо.

6. Які фактори впливають на константу рівноваги K_p , якщо реагуючу систему розглядати як ідеальну?

а) тиск кожного з реагентів;

б) загальний тиск у системі й температура

в) тільки температура;

г) тільки тиск.

7. Для реакції $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}_{(кр)} \rightleftharpoons \text{CuSO}_4_{(кр)} + 5\text{H}_2\text{O}_{(г)}$ константа рівноваги (K_p)

а) $K_p = p_{\text{H}_2\text{O}}$; б) $K_p = p_{\text{H}_2\text{O}}^5$;

в) $K_p = 5p_{\text{H}_2\text{O}}$; г) $K_p = \frac{p_{\text{CuSO}_4} \cdot p_{\text{H}_2\text{O}}^5}{p_{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}}$

8. Свідченням хімічної рівноваги у системі є

- а) рівність концентрацій всіх речовин, що беруть участь у реакції;
- б) концентрації з часом для всіх речовин, що беруть участь у реакції;
- в) відсутність осаду;
- г) сталість температури при протіканні реакції.

9. Для реакції $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightleftharpoons 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}_{(г)}$ справедливе твердження

- а) тиск не впливає на стан рівноваги;
- б) при зниженні температури константа рівноваги збільшується;
- в) підвищення температури зрушує рівновагу праворуч;
- г) $K_p = K_c$.

10. Для збільшення виходу продукту в будь-якій реакції треба

- а) підвищити загальний тиск;
- б) підвищити температуру;
- в) вихід продуктів для конкретної реакції – величина постійна;
- г) без рівняння реакції відповістити на запитання не можна.

Варіант 15

1. Для реакції $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ зіставте константи рівноваги K_p та K_c

- а) $K_p > K_c$; б) $K_p < K_c$;
- в) $K_p = K_c$; г) даних недостатньо.

2. Функція Гельмгольца може служити критерієм напрямку процесу при:

- а) $p, S = \text{const}$; б) $V, S = \text{const}$;
- в) $V, T = \text{const}$; г) $p, T = \text{const}$.

3. Для реакції $A_{(m)} + B_{(g)} \rightleftharpoons C_{(g)}$ закон дії мас має вираз

а) $K_p = \frac{P_C}{P_A \cdot P_B}$; б) $K_p = \frac{P_A \cdot P_B}{P_C}$;

в) $K_p = \frac{P_C}{P_A}$; г) $K_p = \frac{P_C}{P_B}$.

4. У рівноважній системі $C + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons CO$ збільшення загального тиску

- а) приведе до збільшення константи;
- б) збільшить вихід продуктів реакції;
- в) нічого не змінить;
- г) це залежить від температури.

5. Якщо температурний коефіцієнт $\ln K_p$ додатний, то

- а) реакція проходить повільно; б) реакція ендотермічна;
- в) реакція екзотермічна; г) реакція проходить швидко

6. Для визначення напрямку хімічної реакції треба знати

- а) тепловий ефект реакції;
- б) рівноважні концентрації реагуючих речовин;
- в) знак зміни ентропії реакції;
- г) початкові концентрації реагуючих речовин і K_c .

7. Для деякої хімічної реакції в газовій фазі при постійних p і T $\Delta G = 0$. У якому напрямку мимовільно протікає ця реакція?

- а) у прямому;
- б) система перебуває в стані рівноваги;
- в) у зворотному;
- г) без виду реакції відповісти на запитання не можна.

8. Чи зміниться і як ступінь дисоціації (α) HCl при підвищенні загального тиску ($HCl \rightleftharpoons \frac{1}{2} H_2 + \frac{1}{2} Cl_2$)?

- а) α збільшиться, тому що з ростом тиску дисоціація зростає;
- б) α не зміниться, коли при дисоціації зміна числа молів газоподібних речовин $\Delta n = 0$;
- в) α не залежить від загального тиску;
- г) це залежить від температури.

9. Наближений розрахунок за рівнянням ізобари є допустимим, коли

- а) константа рівноваги невелика;
- б) константа рівноваги – безрозмірна величина;
- в) невеликий температурний інтервал;
- г) реакція йде без зміни Δn газів.

10. Для реакції $\text{NH}_4\text{Cl}_{(кр)} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{HCl}_{(г)}$ рівноважний тиск дорівнює p . Константа рівноваги реакції K_p дорівнює

- а) p^2 ; б) $0,25p^2$; в) $0,5p$; г) $2p$.

Варіант 16

1. Для реакції $\text{SO}_2 + 0,5\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_3$ розрахувати відношення K_p/K_c за стандартних умов

- а) $(RT)^{-0,5}$; б) $(RT)^{0,5}$; в) $(RT)^{2,5}$; г) даних недостатньо.

2. Співвідношення між величинами K_p та K_c для хімічної реакції

- а) $K_p = K_c \cdot \Delta n RT$; б) $K_p = K_c \cdot RT^{\Delta n}$;
- в) $K_p = K_c \cdot RT^{-\Delta n}$; г) $K_p = K_c$.

3. Яким чином треба змінити T і p , щоб збільшити вихід реакції $2\text{Hg}_{(р)} + \text{O}_2 = 2\text{HgO}_{(кр)}$?

- а) підвищити p і T ; б) знизити p і підвищити T ;
- в) знизити p і T ; г) підвищити p і знизити T ;
- д) p і T на вихід продуктів не впливають.

4. Константа рівноваги деякої реакції при 500 K дорівнює 10^{-4} , а при 700 K – 10^{-2} ; можна стверджувати, що

- а) константа лінійно зменшується з температурою;
- б) реакція екзотермічна;
- в) реакція ендотермічна;
- г) при 600 K константа дорівнює 10^{-3} .

5. K_p і K_c реакції $2\text{H}_2\text{S} + 3\text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}_{(г)} + 2\text{SO}_2$ зв'язані співвідношенням

- а) $K_p = K_c$; б) $K_p = K_c \cdot RT$;
- в) $K_c = K_p \cdot (RT)^{\Delta n}$; г) $K_c = K_p \cdot RT$.

6. Якщо в момент рівноваги підвищити загальний тиск у системі $A_{(г)} + B_{(мс)} \rightleftharpoons E_{(г)}$, у якому напрямку піде ця екзотермічна реакція?

а) для відповіді на питання треба знати зміну ентропії в ході реакції;

б) у прямому; в) у зворотному;

г) у системі рівновага.

7. Як вплине зменшення тиску на K_p і рівноважний вихід продуктів реакції $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ в газовій фазі?

а) вихід продуктів збільшиться, константа не зміниться;

б) збільшиться й константа, й вихід продуктів реакції;

в) вихід продуктів зменшиться, константа не зміниться;

г) зменшиться й константа, й вихід продуктів.

8. Якщо в рівноважній суміші $H_2 + Br_2 \rightleftharpoons 2HBr$ збільшити парціальний тиск бром у 4 рази, то тиск HBr

а) збільшиться в 4 рази;

б) збільшиться в 2 рази;

в) не зміниться;

г) збільшиться в 15 разів.

9. Яка термодинамічна функція використовується як критерій рівноваги, якщо процес протікає при $S, p = \text{const}$?

а) U ; б) H ; в) F ; г) G .

10. Константи рівноваги двох реакцій при 298 K відрізняються у 20 разів. Стандартні значення ΔG^0 цих реакцій відрізняються

а) в 20 разів; б) на 7,4 кДж; в) на 2,3 кДж; г) на 3 кДж.

Варіант 17

1. Яке співвідношення між константами рівноваги K_p і K_c для реакції $C + 2Cl_2 \rightleftharpoons CCl_4$ у газовій фазі ?

а) $K_p > K_c$; б) $K_p < K_c$;

в) $K_p = K_c$; г) даних недостатньо.

2. Яке значення K_p для реакції $Ca + 0,5 O_2 \rightleftharpoons CaO$, якщо при заданій температурі рівноважний тиск O_2 дорівнює $0,0001\text{ атм}$?

а) 100; б) 10; в) 0,01; г) 0,0001.

3. Розрахуйте константу рівноваги реакції $A \rightleftharpoons B + C$, якщо з 2-х молів речовини А в момент рівноваги маємо по 0,2 молів речовин В і С

- а) $K_p = 0,02$ атм; б) $K_p = 0,042$ атм;
в) $K_p = 0,4$ атм; г) $K_p = 1$.

4. Константа рівноваги будь-якої реакції може бути розрахована за допомогою наступних характеристик учасників реакції:

- а) констант рівноваги реакцій утворення учасників;
б) ентропій учасників;
в) за допомогою теплоємностей;
г) за допомогою теплот утворення.

5. Для газофазної реакції $A + 2B \rightleftharpoons 2C$ константа рівноваги:

- а) $K_p = \frac{2p_C}{p_A \cdot 2p_B}$; б) $K_p = \frac{p_A \cdot 2p_B}{2p_C}$;
в) $K_p = \frac{(p_C)^2}{p_A \cdot (p_B)^2}$; г) $K_p = \frac{p_A \cdot (p_B)^2}{(p_C)^2}$.

6. Для реакції $C_2H_2 + 2H_2 \rightleftharpoons C_2H_6$ вираз $\Delta G = -RT \ln K_p$ вірний за умови:

- а) $p_{\text{етану}} = p_{\text{водню}} = p_{\text{ацетилену}} = 1$ атм;
б) $p_{\text{етану}} = 2 p_{\text{водню}} = p_{\text{ацетилену}}$;
в) $p_{\text{етану}} = 2 p_{\text{водню}} = p_{\text{ацетилену}} = 1$ атм;
г) $p_{\text{етану}} = p_{\text{водню}} = p_{\text{ацетилену}} = 1,013 \cdot 10^5$ Па.

7. В який бік зсунеться рівновага реакції $COCl_2 \rightleftharpoons CO + Cl_2$ при додаванні до рівноважної суміші інертного газу при $p = \text{const}$?

- а) \rightarrow ; б) \leftarrow ; в) \rightleftharpoons ;
г) треба мати рівняння реакції.

8. В якому напрямку іде реакція $A + B \rightleftharpoons E$, якщо для цієї реакції $K_c = 2$, а початкові концентрації учасників реакції $c_A = c_B = c_E = 0,1$ моль/л?

- а) це залежить від температури;
б) у прямому;) у зворотному;
г) у системі рівновага.

9. Для газової реакції $A + 2B \rightleftharpoons AB_2$ при змішуванні 1 моль В з 1 молям А в рівновазі утворилось 0,2 моль AB_2 . Розрахуйте K_p , якщо $p = 1$ атм.

- а) 0,4 (атм⁻²); б) 1,78(атм⁻²);
в) 0,2(атм⁻²); г) 0,69(атм⁻²).

10. При зниженні температури рівноважний вихід продуктів оборотної екзотермічної реакції $2NO + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$

- а) зменшиться; б) збільшиться; в) не зміниться;
г) температура не впливає на рівноважний вихід продуктів.

Варіант 18

1. Для газофазної реакції $2C \rightleftharpoons A + B$ константа рівноваги (за кон дії мас) має вираз

- а) $K_p = \frac{P_C}{P_A \cdot P_B}$; б) $K_p = \frac{P_A \cdot P_B}{P_C}$;
в) $K_p = \frac{P_C^2}{P_A \cdot P_B}$; г) $K_p = \frac{P_A \cdot P_B}{P_C^2}$

2. Для реакції $4NH_3 + 5O_2 \rightleftharpoons 4NO + 6H_2O_{(g)}$ справедливо твердження?

- а) тиск не впливає на стан рівноваги;
б) $K_p = K_c$;
в) підвищення температури зрушує рівновагу праворуч;
г) при зниженні температури константа рівноваги збільшується.

3. Яке співвідношення між константами рівноваги K_p і K_c для реакції $H_2 + Cl_2 \rightleftharpoons 2 HCl$ у газовій фазі ?

- а) $K_p > K_c$; б) $K_p < K_c$;
в) $K_p = K_c$; г) даних недостатньо.

4. Якщо в рівноважній суміші $H_2 + 2C \rightleftharpoons H_2C_2$ збільшити парціальний тиск водню у 2 рази, то тиск H_2C_2 збільшиться

- а) в 1,41 рази; б) у 4 рази;
в) у 2 рази; г) в 0,33 рази.

5. Якою повинна бути зміна функції гіббса при мимовільному протіканні ізохорного процесу?

а) $\Delta G = 0$; б) $\Delta G < 0$; в) $\Delta G > 0$;

г) будь-якою, ця функція в даних умовах не визначає напрямок процесу.

6. Рівняння ізобари хімічної реакції дає можливість розрахувати K_p при будь-якій температурі, якщо відомі

а) ΔH і p ;

б) рівняння температурної залежності теплового ефекту реакції;

в) константи рівноваги для двох температур;

г) ΔG_T .

7. В реакції $A + 2B \rightleftharpoons E + 3D$ беруть участь тверді речовини й газу. Тиск не впливає на стан рівноваги. Яка речовина тверда?

а) А; б) В; в) Е; г) D.

8. Рівняння деякої реакції може бути записано як $1/3A + B \rightleftharpoons E$ (K_1) і як $A+3B \rightleftharpoons 3E$ (K_2). Як зв'язані K_1 і K_2 ?

а) $K_1 = K_2$; б) $K_1 / K_2 = 3$;

в) $K_2 = 3 K_1$; г) $K_2 = K_1^3$.

9. В якому напрямку піде екзотермічна реакція $A_{(г)} + B_{(тв)} \rightleftharpoons E_{(г)}$, якщо в момент рівноваги підвищити загальний тиск у системі?

а) для відповіді на питання треба знати зміну ентропії в ході реакції;

б) у прямому; в) у зворотному;

г) у системі рівновага.

10. При змішуванні по 0,1 моль H_2 і Cl_2 в реакції $H_2 + Cl_2 \rightleftharpoons 2HCl$ утворилось 0,04 моль HCl . Розрахувати K_p цієї реакції.

а) 0,04; б) 0,44; в) 0,25; г) 0,016.

Варіант 19

1. Свідченням хімічної рівноваги у системі є

а) рівність концентрацій всіх речовин, що беруть участь у реакції;

б) незмінність концентрації з часом для речовин, що беруть участь у реакції;

в) відсутність осаду;

г) сталість температури при протіканні реакції.

2. Для яких реакцій константа рівноваги K_p дорівнює рівноважному тиску в системі при даній температурі?

а) для реакцій, що протікають у конденсованій фазі;

б) для гетерогенних реакцій, в яких утвориться 1 моль одного газового продукту;

в) для екзотермічних реакцій;

г) для ендотермічних реакцій.

3. Для реакції $C_{(г)} \rightleftharpoons 2A_{(тв)} + 2B_{(г)}$ K_p (закон дії мас) має вираз

а) $K_p = \frac{p_C}{p_B^2}$; б) $K_p = \frac{p_B^2}{p_C}$;

в) $K_p = \frac{(p_A \cdot p_B)^2}{p_C}$; г) $K_p = \frac{p_A \cdot p_B}{p_C}$.

4. Для реакції $CaCO_3 \rightleftharpoons CaO + O_2$ при деякій T $K_p = A$. Парціальний тиск O_2 дорівнює:

а) для відповіді недостатньо даних;

б) A ; в) A^2 ; г) $2A$.

5. Для реакції $H_2 + Br_2 \rightleftharpoons 2HBr$ (всі речовини в ідеальному газоподібному стані) напишіть рівняння ізотерми Вант-Гоффа

а) $\Delta G = \left(\ln \frac{p'_{(HBr)^2}}{p'_{H_2} \cdot p'_{Br_2}} + \ln K_p \right)$; б) $\Delta G = \left(\ln \frac{p'_{HBr^2}}{p'_{H_2} \cdot p'_{Br_2}} - \ln K_p \right)$;

в) $\Delta G = \left(\ln \frac{p'_{H_2} \cdot p'_{Br_2}}{p'_{(HBr)^2}} - \ln K_p \right)$; г) $\Delta G = \left(\ln \frac{p'_{H_2} \cdot p'_{Br_2}}{p'_{(HBr)^2}} + \ln K_p \right)$.

6. Для реакції $NH_4Cl_{(кр)} \rightleftharpoons NH_3_{(г)} + HCl_{(г)}$ рівноважний тиск дорівнює p . Константа рівноваги реакції K_p дорівнює

а) p^2 ; б) $0,25p^2$; в) $0,5p$; г) $2p$.

7. Константа рівноваги деякої реакції K_p має розмірність атм^{-1} ; розмірність K_c цієї реакції

- а) $\text{моль} \cdot \text{м}^{-3}$; б) моль/л ;
в) $\text{м}^3 \text{ моль}^{-1}$; г) л/моль .

8. Для реакції $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ зіставте константи рівноваги K_p та K_c

- а) $K_p > K_c$; б) $K_p < K_c$;
в) $K_p = K_c$; г) даних недостатньо.

9. При змішуванні по 1 молю H_2 і Cl_2 в реакції $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{HCl}$ утворилось 0,8 моль HCl . Розрахувати K_p цієї реакції

- а) 0,64; б) 1,78; в) 0,25; г) 16.

10. В яких реакціях зміна тиску впливає на зсув рівноваги?

1. $\text{CO}_{(\text{г})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} \rightleftharpoons \text{CO}_{2(\text{г})} + \text{H}_{2(\text{г})}$;
2. $2 \text{SO}_{2(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons \text{SO}_{3(\text{г})}$;
3. $\text{N}_{2(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{(\text{г})}$;
4. $2 \text{HCl}_{(\text{г})} \rightleftharpoons \text{H}_{2(\text{г})} + \text{Cl}_{2(\text{г})}$;
5. $2 \text{CO}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons 2 \text{CO}_{(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})}$.

- а) 1; б) 2; в) 3; г) 3; д) 5.

Варіант 20

1. Відомі константи рівноваги 2-х реакцій: в одній константа велика (K_1), в іншій – маленька (K_2); в якій реакції рівноважний вихід більше?

- а) рівноважний вихід більше в першій реакції;
б) рівноважний вихід більше в другій реакції;
в) рівноважний вихід реакції ніяк не пов'язаний з константою рівноваги;
г) треба знати рівняння реакції.

2. Газова реакція протікає за рівнянням: $\text{A} \rightleftharpoons \text{B}$, $K_p = 0,25$. Знайдіть рівноважні концентрації, якщо початкова концентрація $c_{\text{A}} = 4$ моль/л

- а) 0,8; б) 3,2; в) 0,25; г) 1.

3. У рівноважній системі $\text{C}_2\text{H}_6 \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_2 + 2\text{H}_2$ при постійних T і V збільшили парціальний тиск C_2H_6 . Які зміни відбудуться у системі?

- а) константа збільшиться;
- б) зменшиться вихід продуктів, K_p не зміниться;
- в) збільшиться вихід продуктів, K_p не зміниться;
- г) константа зменшиться.

4. При збільшенні тиску рівноважний вихід продуктів газофазної реакції $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{HCl}$

- а) збільшиться;
- б) зменшиться;
- в) ніяк не зміниться;
- г) збільшиться або зменшиться залежно від теплового ефекту реакції.

5. У реакції $0,5\text{A} + 1,5\text{B} \rightleftharpoons 2\text{E} + \text{D}$ беруть участь тверді речовини і гази. Тиск не впливає на стан рівноваги. Яка речовина тверда?

- а) А; б) В; в) Е; г) D.

6. Для газової реакції $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{AB}$ при змішуванні 1 моль В з 1 моль А в рівновазі утворилось 0,5 моль АВ, розрахуйте K_p , якщо $p = 1$ атм.

- а) 2 (атм⁻¹); б) 3(атм⁻¹);
- в) 1 (атм); г) 0,37 (атм).

7. В якій з чотирьох реакцій рівновага найбільше зсунеться праворуч при одночасному підвищенні температури і зниженні тиску?

1. $\text{CO}_{(г)} + 2 \text{H}_{2(г)} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}_{(г)}$, $\Delta H < 0$;
 2. $\text{H}_{2(г)} + \text{C}_3\text{H}_{6(г)} \rightleftharpoons \text{C}_3\text{H}_{8(г)}$, $\Delta H < 0$;
 3. $\text{N}_{2(г)} + \text{O}_{2(г)} \rightleftharpoons 2 \text{NO}_{(г)}$, $\Delta H > 0$;
 4. $2\text{NH}_{3(г)} \rightleftharpoons \text{N}_{2(г)} + 3\text{H}_{2(г)}$, $\Delta H > 0$.
- а) 1; б) 2; в) 3; г) 4.

8. Для газофазної реакції $\text{C} \rightleftharpoons 2\text{A} + 2\text{B}$ K_p (закон дії мас) має вираз

- а) $K_p = \frac{p_C}{p_A \cdot p_B}$; б) $K_p = \frac{p_A \cdot p_B}{p_C}$;
- в) $K_p = \frac{(p_A \cdot p_B)^2}{p_C}$; г) $K_p = \frac{p_A \cdot p_B}{p_C^2}$.

9. Константа рівноваги деякої реакції K_c має розмірність $\text{моль}^2 \cdot \text{м}^{-2}$; яку розмірність буде мати K_p ?

- а) атм; б) Па; в) Па^2 ; г) атм^2 .

10. K_p гетерогенної реакції містить тиск тільки газоподібних учасників, тому що парціальні тиски в конденсованому стані

- а) дорівнюють 0;
б) дорівнюють 1;
в) залежать тільки від температури;
г) для кожної реакції свої причини.

Варіант 21

1. У реакції $1,5A + 1,5B \rightleftharpoons E + 3D$ беруть участь тверді речовини й гази. Тиск не впливає на стан рівноваги. Яка речовина тверда?

- а) А; б) В; в) Е; г) D.

2. При змішуванні по 1 молю H_2 і С в реакції $2\text{H}_2 + 2\text{C} \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4$ утворилось 0,2 моль C_2H_4 . Розрахувати K_p цієї реакції

- а) 0,44; б) 0,04; в) 0,25; г) 0,016.

3. При зниженні температури рівноважний вихід продуктів оборотної екзотермічної реакції $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$

- а) зменшиться;
б) збільшиться;
в) збільшиться, якщо при цьому підвищити тиск;
г) ніяк не зміниться.

4. В рівноважній системі $\text{C} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_2$ збільшення загального тиску

- а) приведе до збільшення константи рівноваги;
б) зменшить вихід продуктів реакції;
в) нічого не змінить;
г) може як зменшити, так і збільшити вихід продуктів в залежності від температури.

5. Для реакції $\text{H}_2 + 2\text{C} \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_2$ рівняння ізотерми Вант - Гоффа має вигляд:

$$\begin{aligned} \text{а) } \Delta G &= \left(\ln \frac{p'_{\text{H}_2}}{p'_{\text{C}_2\text{H}_2}} + \ln K_p \right); & \text{б) } \Delta G &= \left(\ln \frac{p'_{\text{C}_2\text{H}_2}}{p'_\text{C} \cdot p'_{\text{H}_2}} - \ln K_p \right); \\ \text{в) } \Delta G &= \left(\ln \frac{p'_{\text{C}_2\text{H}_2}}{p'_{\text{H}_2}} - \ln K_p \right); & \text{г) } \Delta G &= \left(\ln \frac{p'_{\text{C}_2\text{H}_2}}{p'^2_\text{C} \cdot p'_{\text{H}_2}} - \ln K_p \right). \end{aligned}$$

6. Чи зміниться і як ступінь дисоціації (α) HCl при підвищенні загального тиску в реакції $\text{HCl} \rightleftharpoons \frac{1}{2} \text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{Cl}_2$?

- а) α збільшиться, тому що з ростом тиску дисоціація зростає;
- б) α не зміниться: при дисоціації HCl число молів газоподібних речовин $\Delta n = 0$;
- в) α не залежить від загального тиску;
- г) це залежить від температури.

7. В стані хімічної рівноваги хімічні потенціали всіх речовин

- а) мають мінімальне значення;
- б) мають максимальне значення;
- в) однакові;
- г) хімічні потенціали не пов'язані з хімічною рівновагою.

8. Для газофазної реакції $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C}$ константа рівноваги (закон дії мас) має вираз

$$\begin{aligned} \text{а) } K_p &= \frac{p_\text{C}}{p_\text{A} \cdot p_\text{B}}; & \text{б) } K_p &= \frac{p_\text{A} + p_\text{B}}{p_\text{C}}; \\ \text{в) } K_p &= \frac{p_\text{C}}{p_\text{A} + p_\text{B}}; & \text{г) } K_p &= \frac{p_\text{A} \cdot p_\text{B}}{p_\text{C}}. \end{aligned}$$

9. Реакція $\text{CO}_2 + \text{C} \rightleftharpoons 2\text{CO}$ супроводжується поглинанням тепла. Для збільшення виходу продуктів реакції її варто вести

- а) при низьких p і T ; б) при низькій T і високому p ;
- в) при високих p і T ; г) при високій T і низькому p .

10. Рівняння деякої реакції може бути записано як $\frac{1}{2}\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{E}$ (K_1) і як $\text{A} + 2\text{B} \rightleftharpoons \text{E}$ (K_2). Як зв'язані K_1 і K_2 ?

- а) $K_1 = K_2$; б) $K_1/K_2 = 3$; в) $K_2 = 3 K_1$; г) $K_2 = K_1^3$.

Варіант 22

1. Для реакцій, що протікають зі збільшенням числа молів газо-подібних речовин, підвищення тиску

- а) викликає збільшення константи рівноваги;
- б) зменшує величину константи;
- в) не впливає на величину константи;
- г) для відповіді треба знати T .

2. У рівноважній системі $C_2H_6 \rightleftharpoons C_2H_2 + 2H_2$ при $T, p = \text{const}$ збільшили парціальний тиск C_2H_6 . Які зміни відбудуться у системі?

- а) константа збільшиться;
- б) збільшиться вихід продуктів, K_p не зміниться;
- в) константа зменшиться;
- г) рівновага не зрушиться тому, що тиск сталий.

3. В якій з наведених реакцій підвищення тиску призводить до зсуву рівноваги ліворуч?

- 1. $CO_{(г)} + H_2O_{(г)} \rightleftharpoons CO_{2(г)} + H_{2(г)}$;
 - 2. $2SO_{2(г)} + O_{2(г)} \rightleftharpoons SO_{3(г)}$;
 - 3. $N_{2(г)} + O_{2(г)} \rightleftharpoons 2NO_{(г)}$;
 - 4. $2CO_{2(г)} \rightleftharpoons 2CO_{(г)} + O_{2(г)}$.
- а) 1; б) 2; в) 3; г) 4.

4. Для газофазної реакції $2C \rightleftharpoons A + B$ закон дії мас має вираз

- а) $K_p = \frac{P_C}{P_A \cdot P_B}$; б) $K_p = \frac{P_A \cdot P_B}{P_C}$;
- в) $K_p = \frac{P_C^2}{P_A \cdot P_B}$; г) $K_p = \frac{P_A \cdot P_B}{P_C^2}$.

5. Константа рівноваги деякої реакції при 500 K дорівнює 10^{-5} , а при 700 K – 10^{-3} ; можна стверджувати, що

- а) K_p лінійно зменшується з температурою;
- б) реакція екзотермічна;
- в) реакція ендотермічна;
- г) при 600 K константа дорівнює 10^{-4} .

6. Для деякої хімічної реакції в газовій фазі при сталих p, T $\Delta G > 0$. У якому напрямку мимовільно протікає ця реакція?

- а) у прямому;
- б) без рівняння реакції відповістити на запитання не можна;
- в) у зворотному;
- г) система перебуває в стані рівноваги.

7. Що є мірою впливу температури на константу рівноваги K_p ?

- а) характер залежності K_p від T визначається знаком ΔH ;
- б) вплив T на K_p визначає знак функції Гіббса;
- в) для відповіді необхідно знати знак ΔS реакції;
- г) для відповіді необхідно знати рівняння реакції.

8. Для газофазної реакції $C \rightleftharpoons 2A + 2B$ константа рівноваги (закон дії мас) має вираз

а) $K_p = \frac{p_C}{(p_A \cdot p_B)^2}$; б) $K_p = \frac{2(p_A \cdot p_B)}{p_C}$;

в) $K_p = \frac{(p_A \cdot p_B)^2}{p_C}$; г) $K_p = \frac{p_C}{2(p_A \cdot p_B)}$.

9. Які експериментальні дані необхідно мати, щоб розрахувати константу рівноваги хімічної реакції при будь-якій заданій T ?

- а) теплові ефекти хімічної реакції;
- б) значення функції Гіббса;
- в) значення констант реакції при двох температурах;
- г) зміну ентропії реакції і знак нормальної спорідненості реакції.

10. Рівняння залежності константи рівноваги від температури – це

- а) рівняння ізотерми Вант-Гоффа;
- б) рівняння Гіббса-Гельмгольца;
- в) рівняння ізобари Вант-Гоффа;
- г) рівняння Кірхгоффа.

Варіант 23.

1. У рівнянні реакції різниця енергій Гіббса між кінцевими та вихідними речовинами додатна. Тиск і температура постійні. Коли буде отримано кінцевий продукт?

- а) ніколи;
- б) коли ентропії вихідних і кінцевих речовин вирівнюються;
- в) миттєво;
- г) коли ентальпії вихідних і кінцевих речовин вирівнюються.

2. Значення константи рівноваги необхідно для

- а) уточнення механізму протікання процесу;
- б) розрахунку виходу продуктів реакції;
- в) порівняння швидкостей хімічних реакцій;
- г) з'ясування напрямку мимовільного протікання реакції.

3. Для газофазної реакції $C \rightleftharpoons A + B$ константа рівноваги (закон дії мас) має вираз

а) $K_p = \frac{P_C}{P_A \cdot P_B}$; б) $K_p = \frac{P_A \cdot P_B}{P_C}$;
в) $K_p = \frac{P_C}{P_A + P_B}$; г) $K_p = \frac{P_A + P_B}{P_C}$.

4. Співвідношення між величинами K_p і K_N для хімічної реакції

а) $K_p = K_N \cdot \Delta n RT$; б) $K_p = K_N \cdot \Delta n p_{\text{заг}}$.
в) $K_p = K_N \cdot p_{\text{заг}}^{\Delta n}$; г) $K_p = K_N$.

5. Якою повинна бути зміна функції Гіббса при мимовільному протіканні ізохорного процесу?

- а) $\Delta G = 0$; б) $\Delta G < 0$; в) $\Delta G > 0$;
- г) будь-якою, оскільки ця функція в даних умовах не визначає напрямок процесу.

6. У реакції $A + 1,5B \rightleftharpoons 2E + 0,5D$ беруть участь тверді речовини й газу. Тиск не впливає на стан рівноваги. Яка речовина тверда?

- а) А; б) В; в) Е; г) D; д) немає твердих речовин

7. При змішуванні по 1 моль H_2 і С в реакції $2H_2 + 2C \rightleftharpoons C_2H_4$ утворилось 0,4 моль C_2H_4 , розрахувати K_p цієї реакції

- а) 0,67; б) 2,0;
в) 10; г) 1,33.

8. Якщо в рівноважній суміші $2\text{H}_2 + 2\text{C} \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4$ збільшити парціальний тиск водню в 2 рази, то тиск C_2H_4 збільшиться

- а) у 1,41 рази; б) у 4 рази; в) у 2 рази; г) у 0,5 рази.

9. Для реакції $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$ зіставте константи рівноваги K_p і K_c

- а) $K_p > K_c$; б) $K_p < K_c$; в) $K_p = K_c$;
г) даних для відповіді недостатньо.

10. Що є мірою впливу температури на константу рівноваги K_p ?

- а) знак ΔH ;
б) знак функції Гіббса;
в) знак ΔS реакції;
г) для відповіді необхідно знати рівняння реакції.

Варіант 24.

1. Для збільшення виходу продукту в будь-якій реакції треба

- а) підвищити тиск;
б) вихід продуктів для реакції – величина постійна;
в) підвищити температуру;
г) без рівняння відповіді на запитання не можна.

2. Для газофазної реакції $\text{C} \rightleftharpoons 2\text{A} + 2\text{B}$ K_p (закон дії мас) має вираз

- а) $K_p = \frac{P_C}{P_A \cdot P_B}$; б) $K_p = \frac{P_A \cdot P_B}{P_C}$;
в) $K_p = \frac{(P_A \cdot P_B)^2}{P_C^2}$; г) $K_p = \frac{P_A \cdot P_B}{P_C^2}$.

3. Температура і об'єм системи, в якій відбувається реакція, незмінні. Рівновага буде досягнута,

- а) коли вільна енергія Гельмгольца стане мінімальною;
б) коли вільна енергія Гіббса стане максимальною;
в) коли вільна енергія Гельмгольца стане максимальною;
г) коли вільна енергія Гіббса стане мінімальною.

4. Для реакції $\text{ZnO} \rightleftharpoons \text{Zn} + \text{O}_2$ при деякій T $K_p = A$. Тиск кисню дорівнює

- а) для відповіді недостатньо даних;
- б) A ; в) A^2 ; г) A^{-1} .

5. Для реакції $\text{NO} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{NO}_2$ зіставте константи рівноваги K_p і K_c

- а) $K_p > K_c$; б) $K_p < K_c$; в) $K_p = K_c$;
- г) даних недостатньо.

6. Константи рівноваги 2-х реакцій при $T = 298 \text{ K}$ відрізняються в 10 разів. Стандартні значення ΔG^0 цих реакцій відрізняються

- а) в 10 разів; б) на 5,7 кДж;
- в) на 2,48 кДж; г) на 24,8 кДж.

7. Які фактори впливають на константу рівноваги K_p , якщо реагуючу систему розглядати як ідеальну?

- а) тиск кожного з реагентів;
- б) тільки температура;
- в) загальний тиск у системі й температура;
- г) тільки тиск.

8. Процес протікає при постійних тиску і температурі; напрямком процесу при цьому визначається функцією

- а) F ; б) G ; в) U ; г) H .

9. Для газової реакції $\text{A} + \text{B} = \text{AB}$ при змішуванні 1 моль В з 1 моль А в рівновазі утворилось 0,6 моль АВ, розрахуйте K_p , якщо $p = 1 \text{ атм}$.

- а) 5,25 (атм^{-1}); б) 0,19 (атм^{-1});
- в) 0,6 (атм); г) 3,75 (атм^{-1}).

10. Свідченням хімічної рівноваги у системі є

- а) рівність концентрацій всіх речовин, що беруть участь у реакції;
- б) незмінність концентрації з часом для всіх речовин, що беруть участь у реакції;
- в) відсутність осаду;
- г) сталість температури при протіканні реакції.

Варіант 25.

1. Для реакції $\text{NO} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{NO}_2$ зiставте константи рiвноваги K_p i K_c

- а) $K_p > K_c$; б) $K_p < K_c$;
в) $K_p = K_c$; г) даних недостатньо.

2. Які фактори впливають на константу рiвноваги K_p , якщо реагуючу систему розглядати як iдеальну?

- а) тиск кожного з реагентiв;
а) тiльки температуру;
в) загальний тиск у системi й температура;
г) тiльки тиск.

3. Внутрiшня енергiя служить критерiєм напрямку процесу, якщо

- а) $p, S = \text{const}$; б) $V, S = \text{const}$;
в) $V, T = \text{const}$; г) $p, T = \text{const}$.

4. Для газофазної реакції $\text{C} \rightleftharpoons \text{A} + \text{B}$ закон дії мас має вираз

- а) $K_p = \frac{p_C}{p_A \cdot p_B}$; б) $K_p = \frac{p_A \cdot p_B}{p_C}$;
в) $K_p = \frac{p_C}{p_A + p_B}$; г) $K_p = \frac{p_A + p_B}{p_C}$.

5. В реакції $2\text{H}_2 + 2\text{C} \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4$ при змiшуванні по 1 моль H_2 i C утворилось 0,4 моль C_2H_4 . Розрахувати K_p цієї реакції

- а) 0,4; б) 6; в) 1,11; г) 10.

6. Константи рiвноваги 2-х реакцій при $T = 298 \text{ K}$ вiдрiзняються у 20 разiв. Значення ΔG^0 цих реакцій вiдрiзняються ($\Delta G_1 - \Delta G_2$)

- а) в 20 разiв; б) на 7,42 кДж;
в) в 3 рази; г) на 24,8 кДж.

7. Для реакції $2\text{C} + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_6$ вираз $\Delta G = -RT \ln K_p$ вiрний за умови

- а) $p_{\text{етану}} = p_{\text{водню}} = 1 \text{ атм}$;
б) $p_{\text{етану}} = 3 p_{\text{водню}}$;
в) $p_{\text{етану}} = 3 p_{\text{водню}} = p_{\text{вуглецю}} = 1 \text{ атм}$;
г) $p_{\text{етану}} = p_{\text{водню}} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

8. В який бік зсунеться рівновага в реакції $\text{COCl}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + \text{Cl}_2$ при додаванні до рівноважної суміші інертного газу при $p = \text{const}$?

а) \rightarrow ; б) \leftarrow ; в) \rightleftharpoons ;

г) треба враховувати температуру.

9. Свідченням хімічної рівноваги у системі є

а) рівність концентрацій всіх речовин, що беруть участь у реакції;

а) незмінність концентрації з часом для всіх речовин, що беруть участь у реакції;

а) відсутність осаду;

г) сталість температури при протіканні реакції.

10. Рівнянням, яке пов'язує максимальну роботу, температурний коефіцієнт максимальної роботи й тепловий ефект ізобарного процесу, є

а) $\Delta G = \Delta F - T\Delta S$; б) $\Delta G = \Delta H + T\Delta S$;

в) $A_{\text{max}} = \Delta H - T\Delta S$; г) $A_{\text{max}} = T\Delta S - \Delta H$.

Варіант 26.

1. Для газофазної реакції $\text{C} \rightleftharpoons 2\text{A} + \text{B}$ закон дії мас має вираз

а) $K_p = \frac{P_C}{P_A \cdot P_B}$; б) $K_p = \frac{P_A \cdot P_B}{P_C}$;

в) $K_p = \frac{P_A^2 \cdot P_B}{P_C}$; г) $K_p = \frac{2P_A \cdot P_B}{P_C}$.

2. Розрахувати відношення K_p/K_c для реакції $\text{SO}_2 + 0,5\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_3$ за стандартних умов

а) $(RT)^{-0,5}$; б) $(RT)^{0,5}$;

в) $(RT)^{2,5}$; г) даних недостатньо.

3. Чи зміниться і як ступінь дисоціації (α) HCl при підвищенні загального тиску в реакції $\text{HCl} \rightleftharpoons \frac{1}{2} \text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{Cl}_2$?

а) α збільшиться, тому що з ростом тиску дисоціація зростає;

б) α не зміниться, тому що при дисоціації Δn газоподібних речовин дорівнює 0;

в) α не залежить від загального тиску;

г) це залежить від температури.

4. В стані хімічної рівноваги хімічні потенціали всіх речовин

а) мають мінімальне значення;

б) мають максимальне значення;

в) однакові;

г) хімічні потенціали не пов'язані з хімічною рівновагою.

5. Співвідношення між величинами K_p і K_N для хімічної реакції

а) $K_p = K_N \cdot \Delta n RT$; б) $K_p = K_N \cdot \Delta n p_{\text{заг}}$;

в) $K_p = K_N \cdot p_{\text{заг}}^{\Delta n}$; г) $K_p = K_N$.

6. Для деякої хімічної реакції в газовій фазі при постійних p і T $\Delta G < 0$. У якому напрямку мимовільно протікає ця реакція?

а) у зворотному;

б) система перебуває в стані рівноваги;

в) у прямому;

г) без рівняння реакції відповісти на запитання не можна.

7. Для газової реакції $2A + B \rightleftharpoons 2A_2B$ при змішуванні 1 моль B з 1 моль A в рівновазі утворилось 0,4 моль A_2B . Розрахуйте K_p , якщо $p = 1$ атм.

а) 1 (атм⁻¹); б) 0,56 (атм⁻¹);

в) 0,4 (атм); г) 0,16 (атм⁻¹).

8. Рівняння ізотерми вант-гоффа для реакції $H_2 + Br_2 \rightleftharpoons 2HBr$ (всі речовини в ідеальному газоподібному стані) має вигляд:

а) $\Delta G = \left(\ln \frac{p'_{H_2} \cdot p'_{Br_2}}{p'^2_{HBr}} + \ln K_p \right)$; б) $\Delta G = \left(\ln \frac{p'_{H_2} \cdot p'_{Br_2}}{p'^2_{HBr}} - \ln K_p \right)$;

в) $\Delta G = \left(\ln \frac{p'^2_{HBr}}{p'_{H_2} \cdot p'_{Br_2}} - \ln K_p \right)$; г) $\Delta G = \left(\ln \frac{p'^2_{HBr}}{p'_{H_2} \cdot p'_{Br_2}} + \ln K_p \right)$.

9. Які експериментальні дані необхідно мати, щоб розрахувати константу рівноваги хімічної реакції при будь-якій заданій T ?

- а) теплові ефекти хімічної реакції;
- б) значення констант реакції при двох T ;
- в) знак ΔG ;
- г) знак ΔS і знак ΔG .

10. Константа рівноваги деякої реакції при 500 К дорівнює 10^{-2} , а при 700 К – 10^{-4} ; можна стверджувати, що

- а) константа лінійно зменшується з температурою;
- б) реакція екзотермічна;
- в) реакція ендотермічна;
- г) при 600 К константа дорівнює 10^{-3} .

Віаріант 27.

1. Яке співвідношення між константами рівноваги K_p і K_c для реакції $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 = 2 \text{HCl}$ у газовій фазі?

- а) $K_p > K_c$; б) $K_p < K_c$; в) $K_p = K_c$;
- г) даних недостатньо

2. Якщо в рівноважній суміші $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2 \text{HCl}$ збільшити парціальний тиск водню у 4 рази, то тиск HCl збільшиться

- а) в 16 разів; б) у 4 рази; в) в 2 рази;
- г) потрібні значення початкових і рівноважних парціальних тисків учасників реакції.

3. Для реакції $\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{CaO} + \text{O}_2$ при деякій T $K_p = A$. Парціальний тиск O_2 :

- а) для відповіді не достає даних;
- б) A ; в) A^2 ; г) $2A$.

4. Для яких реакцій константа рівноваги K_p дорівнює рівноважному тиску у системі при даній температурі?

- а) для реакцій, що протікають у конденсованій фазі;
- б) для гетерогенних реакцій, де утвориться 1 моль однієї газоподібної речовини;
- в) для екзотермічних реакцій;
- г) для ендотермічних реакцій.

5. При розрахунку K_p за рівнянням $\ln K = -\Delta G^0/RT$ її розмірність

- а) залежить від розмірності ΔG ; б) (моль/л) $^{\Delta n}$;
в) (атм) $^{\Delta n}$; г) безрозмірна величина.

6. При рівновазі у системі $\text{SO}_2 + \text{C} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{S}_{(тв)}$ склад газової фази при температурі T дорівнює: $\text{CO}_2 - 40\%$; $\text{SO}_2 - 60\%$. Реакція ендотермічна. Як можна підвищити кількість SO_2 у рівноважній газовій суміші?

- а) збільшити загальний тиск;
б) підвищити температуру;
в) знизити температуру;
г) рівноважний склад змінити не можна.

7. Наближений розрахунок за рівнянням ізобари є допустимим, коли

- а) константа рівноваги невелика;
б) константа рівноваги – безрозмірна величина;
в) малий інтервал температур;
г) реакція без зміни Δn газоподібних речовин.

8. Значення константи рівноваги необхідно для

- а) уточнення механізму протікання процесу;
б) порівняння швидкостей хімічних реакцій;
в) розрахунку виходу продуктів реакції;
г) з'ясування напрямку мимовільного протікання реакції.

9. Для реакції $2 \text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ зіставте константи рівноваги K_p і K_c

- а) $K_p > K_c$; б) $K_p < K_c$; в) $K_p = K_c$;
г) даних недостатньо.

10. Для газофазної реакції $2\text{C} \rightleftharpoons 2\text{A} + \text{B}$ K_p (закон дії мас) має вираз

- а) $K_p = \frac{P_C}{P_A \cdot P_B}$; б) $K_p = \frac{P_A \cdot P_B}{P_C}$;
в) $K_p = \frac{P_C^2}{P_A^2 \cdot P_B}$; г) $K_p = \frac{P_A^2 \cdot P_B}{P_C^2}$.

Варіант 28

1. Які фактори впливають на константу рівноваги K_p , якщо реагуючу систему розглядати як ідеальну?

- а) тиск кожного з реагентів;
- б) тільки температура;
- в) загальний тиск у системі й температура;
- г) тільки тиск.

2. Константа рівноваги деякої реакції при 400 К дорівнює 10^{-6} , а при 600 К – 10^{-8} ; можна стверджувати, що

- а) константа рівноваги лінійно зменшується з T ;
- б) реакція екзотермічна;
- в) реакція ендотермічна;
- г) при 600 К константа дорівнює 10^{-7} .

3. Процес протікає в умовах сталості температури і тиску. Який термодинамічний потенціал варто вибрати як критерій напрямку протікання мимовільних процесів у цих умовах?

- а) ΔH ;
- б) ΔG ;
- в) ΔU ;
- г) ΔF .

4. При зниженні температури рівноважний вихід продуктів оборотної екзотермічної реакції $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$

- а) зменшиться;
- б) збільшиться;
- в) ніяк не зміниться;
- г) збільшиться, якщо при цьому підвищити тиск.

5. Свідченням хімічної рівноваги у системі є

- а) рівність концентрацій всіх речовин, що беруть участь у реакції;
- б) незмінність концентрації з часом для всіх речовин, що беруть участь у реакції;
- в) відсутність осаду;
- г) сталість температури при протіканні реакції;

6. Для реакції $C_{(c)} \rightleftharpoons 2A_{(m)} + 2B_{(c)}$ константа рівноваги (закон дії мас) має вираз

$$\begin{array}{ll} \text{а) } K_p = \frac{p_C}{p_B^2}; & \text{б) } K_p = \frac{p_B^2}{p_C}; \\ \text{в) } K_p = \frac{(p_A \cdot p_B)^2}{p_C}; & \text{г) } K_p = \frac{p_A \cdot p_B}{p_C}. \end{array}$$

7. Для реакції $2HBr = H_2 + Br_2$ (всі речовини в ідеальному газоподібному стані) рівняння ізотерми Вант - Гоффа має вигляд:

$$\begin{array}{ll} \text{а) } \Delta G = \left(\ln \frac{p'_{HCl}}{p'_{H_2} \cdot p'_{Cl_2}} + \ln K_p \right); & \text{б) } \Delta G = \left(\ln \frac{p'_{H_2} \cdot p'_{Cl_2}}{p'^2_{HCl}} - \ln K_p \right); \\ \text{в) } \Delta G = \left(\ln \frac{p'^2_{HCl}}{p'_{H_2} \cdot p'_{Cl_2}} - \ln K_p \right); & \text{г) } \Delta G = \left(\ln \frac{p'_{H_2} \cdot p'_{Cl_2}}{p'^2_{HCl}} + \ln K_p \right). \end{array}$$

8. Для газової реакції $A + B \rightleftharpoons AB$ при змішуванні 1 моль В з 1 моль А в рівновазі утворилось 0,3 моль АВ. Розрахуйте K_p , якщо $p = 1$ атм.

$$\begin{array}{ll} \text{а) } 1 \text{ (атм}^{-1}\text{);} & \text{б) } 0,56 \text{ (атм}^{-1}\text{);} \\ \text{в) } 1,04 \text{ (атм}^{-1}\text{);} & \text{г) } 0,61 \text{ (атм}^{-1}\text{).} \end{array}$$

9. Реакція $CO_2 + C = 2CO$ супроводжується поглинанням тепла. Для збільшення виходу продуктів реакції її варто вести

- а) при низьких тиску і температурі;
- б) при високих p і T ;
- в) при низькій T і високому p ;
- г) при високій T і низькому p .

10. Константи рівноваги 2-х реакцій при $T = 298$ К відрізняються в 10 разів. Стандартні значення ΔG^0 цих реакцій відрізняються ($\Delta G_2 - \Delta G_1$)

$$\begin{array}{ll} \text{а) в 10 разів;} & \text{б) на 7,8 кДж;} \\ \text{в) на 3987 Дж;} & \text{г) на 5,7 кДж.} \end{array}$$

Варіант 29.

1. Для газофазної реакції $3C \rightleftharpoons 2A + 2B$ K_p (закон дії мас) має вираз

$$\begin{array}{ll} \text{а) } K_p = \frac{p_C}{p_A \cdot p_B}; & \text{б) } K_p = \frac{p_A \cdot p_B}{p_C}; \\ \text{в) } K_p = \frac{(p_A \cdot p_B)^2}{p_C^3}; & \text{г) } K_p = \frac{p_A^2 + p_B^2}{p_C^3}. \end{array}$$

2. У рівноважній системі $C_2H_6 \rightleftharpoons C_2H_2 + 2H_2$ при постійних T і V збільшили парціальний тиск C_2H_6 . Які зміни відбудуться у системі?

- а) константа зросте;
- б) збільшиться вихід продуктів, константа не зміниться;
- в) константа зменшиться;
- г) рівновага не зрушиться тому, що об'єм сталий.

3. Функція Гіббса може служити критерієм напрямку процесу, якщо

- а) $p, S = \text{const}$; б) $V, S = \text{const}$;
- в) $V, T = \text{const}$; г) $p, T = \text{const}$.

4. Відомі константи рівноваги 2-х реакцій. В одній константа велика (K_1), а в іншій – маленька (K_2); де менше рівноважний вихід реакції?

- а) вихід більше в першій реакції;
- б) вихід більше в другій реакції;
- в) вихід реакції не пов'язаний з константою рівноваги;
- г) треба знати рівняння реакції.

5. У якому напрямку піде екзотермічна реакція $A_{(г)} + B_{(тв)} \rightleftharpoons E_{(г)}$, якщо в момент рівноваги підвищити загальний тиск у системі

- а) у прямому; б) у зворотному;
- в) у системі рівновага.
- г) для відповіді на питання треба знати зміну ентропії в ході реакції.

6. Константа рівноваги деякої реакції при 300 K дорівнює 10^{-6} , а при 500 K – 10^{-8} ; можна стверджувати, що

- а) константа рівноваги лінійно зменшується з температурою;
- б) реакція екзотермічна;
- в) реакція ендотермічна;
- г) при 400 К константа дорівнює 10^{-7} .

7. Внутрішня енергія може служити критерієм напрямку процесу, якщо

- а) $p, S = \text{const}$; б) $V, S = \text{const}$;
- в) $V, T = \text{const}$; г) $p, T = \text{const}$.

8. Яке значення K_p для реакції $\text{Fe} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{FeO}$, якщо при заданій температурі рівноважний тиск кисню дорівнює 0,04 атм?

- а) 0,2; б) 5; в) 0,04; г) 25.

9. Якщо в рівноважній суміші $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{HCl}$ збільшити парціальний тиск хлору в 2 рази, то тиск HCl збільшиться

- а) в 1,41 рази; б) в 2 рази; в) в 4 рази;
- г) треба знати початкові і рівноважні парціальні тиски учасників реакції.

10. У реакції $\text{A} + 2\text{B} \rightleftharpoons 3\text{E} + \text{D}$ беруть участь тверді речовини і газу. Тиск не впливає на стан рівноваги. Яка речовина тверда?

- а) А; б) В; в) Е; г) D.

Варіант 30.

1. Для газової реакції $2\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{A}_2\text{B}$ при змішуванні 1 моль В з 1 моль А в рівновазі утворилось 0,4 моль A_2B . Розрахуйте K_p , якщо $p = 1$ атм.

- а) 1 (атм^{-1}); б) 0,56 (атм^{-1});
- в) 0,4 (атм); г) 0,16 (атм^{-1}).

2. Температура і об'єм системи, в якій відбувається реакція, незмінні. Рівновага буде досягнута

- а) коли вільна енергія Гельмгольца стане мінімальною;
- б) коли вільна енергія Гіббса стане максимальною;
- в) коли вільна енергія Гельмгольца стане максимальною;
- г) коли вільна енергія Гіббса стане мінімальною.

3. Що є мірою впливу температури на константу рівноваги K_p ?

- а) характер залежності K_p від T визначається знаком ΔH ;
- б) вплив T на K_p визначає знак функції Гіббса;
- в) для відповіді необхідно знати ΔS реакції;
- г) для відповіді необхідно знати рівняння реакції.

4. Для газофазної реакції $C \rightleftharpoons A + 2B$ K_p (закон дії мас) має вираз

- а) $K_p = \frac{p_C}{p_A \cdot p_B^2}$; б) $K_p = \frac{p_A \cdot p_B^2}{p_C}$;
- в) $K_p = \frac{p_C}{p_A + 2p_B}$; г) $K_p = \frac{p_A + 2p_B}{p_C}$.

5. Рівняння деякої реакції може бути записано як $2A + B \rightleftharpoons E$ (K_1) і як $A + \frac{1}{2}B \rightleftharpoons \frac{1}{2}E$ (K_2). Який зв'язок між K_1 і K_2 ?

- а) $K_1 = K_2$; б) $K_1/K_2 = 2$;
- в) $K_2 = \sqrt{K_1}$; г) $K_2 = K_1^2$.

6. Для реакції $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$ Зіставте константи рівноваги K_p і K_c

- а) $K_p > K_c$; б) $K_p < K_c$;
- в) $K_p = K_c$; г) даних недостатньо.

7. Для реакції $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$: $\Delta G_{373} = 25,6 \cdot 10^3$ Дж/моль. Розрахуйте константу рівноваги для цієї реакції при $T = 373$ К.

- а) $2,6 \cdot 10^{-4}$; б) 3,85;
- в) 1,81; г) $25,6 \cdot 10^3$.

8. В реакції $A + 3B \rightleftharpoons AB_3$ змішали по 1 молю речовин А і В. У рівноважній суміші утворилось 0,1 моль речовини AB_3 . Чому дорівнює K_p реакції?

- а) $0,27$ (моль/л) $^{-2}$; б) $0,32$ (моль/л) $^{-2}$;
- в) $1,59$ (моль/л) $^{-2}$; г) $0,152$ (моль/л) $^{-2}$.

9. Співвідношення між величинами K_p і K_N для хімічної реакції

- а) $K_p = K_N \cdot (RT)^{\Delta n}$; б) $K_p = K_N \Delta n p$
- в) $K_p = K_N \cdot p_{\text{зар}}^{\Delta n}$; г) $K_p = K_N$.

10. Рівняння ізотерми Вант-Гоффа для реакції $2\text{C} + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_6$ (всі речовини в ідеальному газоподібному стані) має вигляд:

$$\begin{aligned} \text{а) } \Delta G &= \left(\ln \frac{p'_{\text{H}_2}{}^3 \cdot p'_\text{C}{}^2}{p'_{\text{C}_2\text{H}_6}} - \ln K_p \right) & \text{б) } \Delta G &= \left(\ln \frac{p'_{\text{H}_2}{}^3}{p'_{\text{C}_2\text{H}_6}} - \ln K_p \right) \\ \text{в) } \Delta G &= \left(\ln \frac{p'_{\text{C}_2\text{H}_6}}{p'_{\text{H}_2}{}^3 \cdot p'_\text{C}{}^2} - \ln K_p \right) & \text{г) } \Delta G &= \left(\ln \frac{p'_{\text{C}_2\text{H}_6}}{p'_{\text{H}_2}{}^3} - \ln K_p \right) \end{aligned}$$

Варіант 31

1. Для газофазної реакції $\text{C} \rightleftharpoons \text{A} + \text{B}$ константа рівноваги (закон дії мас) має вираз

$$\begin{aligned} \text{а) } K_p &= \frac{p_\text{A} + p_\text{B}}{p_\text{C}}; & \text{б) } K_p &= \frac{p_\text{C}}{p_\text{A} + p_\text{B}}; \\ \text{в) } K_p &= \frac{p_\text{A} \cdot p_\text{B}}{p_\text{C}}; & \text{г) } K_p &= \frac{p_\text{C}}{p_\text{A} \cdot p_\text{B}}. \end{aligned}$$

2. Константа рівноваги деякої реакції при 500 К дорівнює 10^{-8} , а при 700 К – 10^{-6} ; можна стверджувати, що

- а) константа лінійно зменшується з температурою;
- б) реакція екзотермічна;
- в) реакція ендотермічна;
- г) при 600 К константа дорівнює 10^{-7} .

3. Розрахувати K_p/K_c для реакції $\text{SO}_2 + 0,5\text{O}_2 = \text{SO}_3$ за стандартних умов

$$\text{а) } (RT)^{-0,5}; \quad \text{б) } (RT)^{0,5}; \quad \text{в) } (RT)^{2,5}; \quad \text{г) } RT.$$

4. Значення константи рівноваги необхідно для

- а) уточнення механізму протікання процесу;
- б) порівняння швидкостей хімічних реакцій;
- в) розрахунку виходу продуктів реакції;
- г) визначення напрямку мимовільного протікання реакції.

5. Для реакції $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ зіставте константи рівноваги K_p і K_c

$$\text{а) } K_p > K_c; \quad \text{б) } K_p < K_c; \quad \text{в) } K_p = K_c; \quad \text{г) даних недостатньо.}$$

6. Для реакції, що протікають зі збільшенням числа молів газоподібних речовин, підвищення тиску

- а) викликає збільшення константи рівноваги;
- б) зменшує величину константи;
- в) не впливає на величину константи;
- г) для відповіді треба знати температуру.

7. Для реакції $AB \rightleftharpoons A + B$ $\Delta G^0 = 3,0 \cdot 10^4$ Дж/моль. Розрахуйте K_p реакції, $T = 298$ К.

- а) 12,15 кДж; б) $1,9 \cdot 10^5$ кДж;
- в) $1,81 \cdot 10^8$ кДж; г) $5 \cdot 10^{-6}$ кДж.

8. В газофазній реакції $A + B \rightleftharpoons AB$ змішали по 1 моль речовин А і В. У рівновазі утворилось 0,2 моль речовини АВ. Чому дорівнює K_c реакції?

- а) $0,5625$ (моль/л)⁻¹; б) $1,78$ (моль/л)⁻¹;
- в) $0,3125$ (моль/л)⁻¹; г) $0,152$ (моль/л)⁻¹.

9. Рівняння деякої реакції може бути записано як $A + 1/2 B \rightleftharpoons 2E$ (K_1) і як $2A + B \rightleftharpoons 4E$ (K_2). Як зв'язані K_1 і K_2 ?

- а) $K_1 = K_2$; б) $K_1/K_2 = 2$;
- в) $K_2 = \sqrt{K_1}$; г) $K_2 = K_1^2$.

10. Щоб збільшити вихід продуктів будь-якої реакції, треба:

- а) підвищити температуру і тиск;
- б) підвищити температуру, знизити тиск;
- а) відповісти на запитання неможливо без вказівки, яка саме реакція протікає;
- г) збільшити і тиск і температуру реакції.

Варіант 32

1. При зниженні температури рівноважний вихід продуктів оборотної екзотермічної реакції $2NO + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$

- а) зменшиться;
- б) збільшиться;
- в) ніяк не зміниться;
- г) збільшиться, якщо при цьому підвищити тиск;

2. Рівняння ізобари хімічної реакції дає можливість розрахувати значення константи рівноваги для заданої температури, якщо відомі

- а) ΔH_T і ΔC_p ;
- б) парціальні тиски учасників реакції при $T = 298 \text{ K}$;
- в) константа рівноваги при будь-якій температурі й ΔH ;
- г) ΔG^0_{298} ;

3. У якому напрямку піде екзотермічна реакція $A_{(г)} + B_{(тв)} \rightleftharpoons E_{(г)}$, якщо в момент рівноваги підвищити загальний тиск у системі?

- а) для відповіді на питання треба знати зміну ентропії в ході реакції;
- б) у прямому; в) у зворотному;
- г) у системі рівновага.

4. При збільшенні тиску константа рівноваги K_p

- а) зростає; б) зменшується; в) не зміниться;
- г) це залежить від Δn газоподібних речовин реакції.

5. Для газофазної реакції $A + B \rightleftharpoons 2C$ K_p закон дії мас має вираз

- а) $K_p = \frac{P_C}{P_A \cdot P_B}$; б) $K_p = \frac{P_A \cdot P_B}{P_C}$;
- в) $K_p = \frac{P_C^2}{P_A \cdot P_B}$; г) $K_p = \frac{P_A \cdot P_B}{P_C^2}$.

6. Константа рівноваги деякої реакції при 400 K дорівнює 10^{-4} , а при 600 K – 10^{-6} ; можна стверджувати, що

- а) константа рівноваги лінійно зменшується з температурою;
- б) реакція екзотермічна; в) реакція ендотермічна;
- г) при 500 K константа дорівнює 10^{-5} .

7. Яке рівняння пов'язує максимальну роботу, температурний коефіцієнт роботи й тепловий ефект ізобарного процесу?

- а) $A_{\max} = \Delta H - T\Delta S$; б) $\Delta G = \Delta F - T\Delta S$;
- в) $\Delta G = \Delta H + T\Delta S$; г) $A_{\max} = T\Delta S - \Delta H$.

8. В газофазній реакції $A + B \rightleftharpoons 2AB$ змішали по 1 моль речовини А і В. В рівновазі утворилось 0,8 моль речовини АВ. Чому дорівнює K_p реакції?

- а) 16 (моль/л)^{-1} ; б) 44 (моль/л)^{-1} ;
в) 32 (моль/л)^{-1} ; г) 64.

9. Для реакції $2C + 2H_2 \rightleftharpoons C_2H_2$ в стані рівноваги збільшили парціальний тиск водню в 4 рази, як зміниться рівноважний тиск ацетилену?

- а) збільшиться в 2 рази; б) зменшиться в 2 рази;
в) не зміниться; г) зменшиться в 4 рази.

10. Для реакції $NH_4Cl_{(кр)} \rightleftharpoons NH_{3(г)} + HCl_{(г)}$ рівноважний тиск дорівнює p . Константа рівноваги реакції K_p дорівнює:

- а) $0,5p^2$; б) $0,25p^2$; в) $0,5p$; г) $2p$.

Варіант 33

1. Для реакції $2CO + 2H_2 \rightleftharpoons CH_4 + CO_2$ $K^0 = 250$. Знайти K^0 для наступних реакцій: $CH_4 + CO_2 \rightleftharpoons 2CO + 2H_2$; $CO + H_2 \rightleftharpoons \frac{1}{2} CH_4 + \frac{1}{2} CO_2$.

2. Яке значення K_p для реакції $2Na + 0,5 O_2 \rightleftharpoons Na_2O$, якщо при заданій температурі рівноважний тиск кисню дорівнює 0,04 атм?

- а) 25; б) 0,2; в) 5; г) 0,004.

3. Якщо в рівноважній суміші $H_2 + Br_2 \rightleftharpoons 2HBr$ збільшити парціальний тиск бром у 2 рази, то тиск HBr збільшиться

- а) в 1,41 рази; б) в 2 рази; в) в 4 рази;
г) треба знати початкові і рівноважні парціальні тиски учасників реакції.

4. Які експериментальні дані необхідно мати, щоб розрахувати константу рівноваги реакції за будь-якої заданої температури?

- а) теплові ефекти хімічної реакції;
б) значення констант реакції при 2-х температурах;
в) значення функції Гіббса;
г) ΔS реакції й знак ΔG^0 .

5. У рівноважній системі $C_2H_2 \rightleftharpoons 2C + H_2$ при постійних T і V збільшили парціальний тиск C_2H_2 . Які зміни відбудуться у системі?

- а) константа збільшиться;
- б) збільшиться вихід продуктів, константа не зміниться;
- в) константа зменшиться;
- г) рівновага не порушиться, тому що об'єм постійний.

6. У якому напрямку піде екзотермічна реакція $A_{(г)} + B_{(тв)} \rightleftharpoons E_{(г)}$, якщо в момент рівноваги підвищити загальний тиск у системі

- а) \rightarrow ; б) \leftarrow ; в) \rightleftharpoons ;
- г) для відповіді на питання треба знати зміну ентропії в ході реакції.

7. Константа рівноваги деякої реакції при 300 K дорівнює 10^{-5} , а при 500 K – 10^{-3} ; можна стверджувати, що

- а) константа рівноваги лінійно зменшується з температурою;
- б) реакція екзотермічна;
- в) реакція ендотермічна;
- г) при 400 K константа дорівнює 10^{-4} .

8. Якщо в рівноважній суміші $H_2 + Cl_2 \rightleftharpoons 2\text{HCl}$ збільшити парціальний тиск хлору в 9 разів, то тиск HCl збільшиться в

- а) в 1,73 рази; б) в 3 рази; в) в 9 разів;
- г) треба знати початкові і рівноважні парціальні тиски учасників реакції.

9. У реакції $A + 2B \rightleftharpoons E + 3D$ беруть участь тверді речовини й гази. Тиск не впливає на стан рівноваги. Яка речовина тверда?

- а) А; б) В; в) Е; г) D.

10. У якому напрямку піде реакція $A + B \rightleftharpoons E$, якщо константа рівноваги цієї реакції $K_c = 5$, а початкові концентрації учасників реакції дорівнюють: $c_A = 0,1$ моль/л; $c_B = 0,1$ моль/л; $c_E = 0,1$ моль/л?

- а) це залежить від температури;
- б) у прямому; в) у зворотному;
- г) у системі рівновага.

Варіант 34

1. У якому напрямку піде реакція $A \rightleftharpoons B + E$, якщо константа рівноваги цієї реакції $K_c = 4$, а початкові концентрації учасників реакції дорівнюють: $c_A = 0,002$ моль/л; $c_B = 0,2$ моль/л; $c_E = 0,2$ моль/л?

- а) це залежить від температури;
- б) у прямому; в) у зворотному;
- г) у системі рівновага.

2. Рівняння залежності константи рівноваги від T – це

- а) рівняння ізотерми Вант-Гоффа;
- б) рівняння Гіббса-Гельмгольца;
- в) рівняння ізобари Вант-Гоффа;
- г) рівняння Кірхгоффа.

3. Температура і об'єм системи, в якій відбувається реакція, незмінні. Рівновага буде досягнута

- а) коли вільна енергія Гельмгольца стане мінімальною;
- б) коли вільна енергія Гіббса стане максимальною;
- в) коли вільна енергія Гельмгольца стане максимальною;
- г) коли вільна енергія Гіббса стане мінімальною.

4. Для реакції $CaCO_3 \rightleftharpoons CaO + O_2$ $K_p = A$. Парціальний тиск O_2 дорівнює

- а) для відповіді недостатньо даних; б) A ; в) A^2 ; г) $2A$.

5. Для газофазної реакції $2C \rightleftharpoons A + B$ K_p (закон дії мас) має вираз

$$\begin{array}{ll} \text{а) } K_p = \frac{P_C}{P_A \cdot P_B}; & \text{б) } K_p = \frac{P_A \cdot P_B}{P_C}; \\ \text{в) } K_p = \frac{P_C^2}{P_A \cdot P_B}; & \text{г) } K_p = \frac{P_A \cdot P_B}{P_C^2}. \end{array}$$

6. Константа рівноваги деякої реакції при 400 K дорівнює 10^{-2} , а при 600 K – 10^{-4} ; можна стверджувати, що

- а) константа рівноваги лінійно зменшується з T ;
- б) реакція екзотермічна;
- в) реакція ендотермічна;
- г) при 600 K константа дорівнює 10^{-3} .

7. Рівняння деякої реакції може бути записано, як $\frac{1}{2}A + B \rightleftharpoons 2E$ (K_1) і як $A + 2B \rightleftharpoons 4E$ (K_2). Як зв'язані K_1 і K_2 ?

а) $K_1 = K_2$; б) $K_1/K_2 = 2$; в) $K_2 = 2K_1$; г) $K_2 = K_1^2$.

8. У рівнянні реакції ΔG додатна. Тиск і температура постійні. Коли буде отримано кінцевий продукт?

а) ніколи;

б) коли ентропії вихідних і кінцевих речовин вирівнюються;

в) одразу;

г) коли ентальпії вихідних і кінцевих речовин вирівнюються.

9. У реакції $A + 2,5B \rightleftharpoons 3,5E + D$ беруть участь тверді речовини й гази. Тиск не впливає на стан рівноваги, яка речовина тверда?

а) А; б) В; в) Е; г) D.

10. У рівноважній системі $C_2H_6 \rightleftharpoons C_2H_2 + 2H_2$ при постійних температурі й тиску збільшили парціальний тиск C_2H_6 . Які зміни відбудуться у системі?

а) константа збільшиться;

б) зменшиться вихід продуктів, константа не зміниться.

в) збільшиться вихід продуктів, константа не зміниться;

г) константа зменшиться.

Варіант 35

1. Для реакції $C_{(g)} \rightleftharpoons 2A_{(m)} + 2B_{(g)}$ K_p (закон дії мас) має вираз

а) $K_p = \frac{p_C}{p_B^2}$; б) $K_p = \frac{p_B^2}{p_C}$;

в) $K_p = \frac{(p_A \cdot p_B)^2}{p_C}$; г) $K_p = \frac{p_A \cdot p_B}{p_C}$.

2. Для реакції $SO_2 + 0,5O_2 \rightleftharpoons SO_3$ розрахувати відношення K_p/K_c за стандартних умов

а) $(RT)^{-0,5}$; б) $(RT)^{0,5}$; в) $(RT)^{-1,5}$;

г) даних недостатньо.

3. У реакції $A + 2B \rightleftharpoons 3E + D$ беруть участь тверді речовини і газу. Тиск не впливає на стан рівноваги. Яка речовина тверда?

а) А; б) В; в) Е; г) D.

4. Рівняння деякої реакції може бути записано, як $A + 2B \rightleftharpoons 2E$ (K_1) і як $\frac{1}{2}A + B \rightleftharpoons E$ (K_2). Як зв'язані K_1 і K_2 ?

а) $K_1 = K_2$; б) $K_1/K_2 = 2$; в) $K_2 = \sqrt{K_1}$; г) $K_2 = K_1^2$.

5. Яке значення K_p для реакції $2Na + 0,5 O_2 \rightleftharpoons Na_2O$, якщо при заданій температурі рівноважний тиск кисню дорівнює 0,01 атм?

а) 10; б) 0,01; в) 100; г) 0,005.

6. Процес протікає при постійних об'ємі і температурі; напрямком процесу при цьому визначається функцією

а) F; б) G; в) U; г) H.

7. У реакції $A + 2,5B \rightleftharpoons 3,5E + D$ беруть участь тверді речовини й газу. Тиск не впливає на стан рівноваги. Яка речовина тверда?

а) А; б) В; в) Е; г) D.

8. У якому напрямку піде реакція $A \rightleftharpoons B + E$, якщо константа рівноваги цієї реакції $K_c = 2$, а початкові концентрації учасників реакції дорівнюють: $c_A = 0,001$ моль/л; $c_B = 0,2$ моль/л; $c_E = 0,1$ моль/л?

а) це залежить від температури;

б) у прямому; в) у зворотному;

г) у системі рівновага.

9. Свідченням хімічної рівноваги у системі є

а) рівність концентрацій всіх речовин, що беруть участь у реакції;

б) незмінність концентрації з часом для всіх речовин, що беруть участь у реакції;

в) відсутність осаду;

г) сталість температури при протіканні реакції;

10. Для збільшення виходу продукту в будь-якій реакції треба

а) підвищити загальний тиск;

б) підвищити температуру;

в) вихід продуктів для конкретної реакції – величина постійна;

г) без рівняння реакції відповістити на запитання не можна.

2.2 Контрольна робота «Хімічна рівновага»

Варіант 1

1. Для газофазної реакції $\frac{1}{2} \text{N}_2 + \frac{3}{2} \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{NH}_3$ $K^0 = 750$. Знайдіть K^0 для наступних реакцій: $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3$; $\text{NH}_3 \rightleftharpoons \frac{1}{2} \text{N}_2 + \frac{3}{2} \text{H}_2$.

2. Для реакції $\text{SO}_2\text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_2 + \text{Cl}_2$ знайдіть відношення K_p/K_c при $T = 400 \text{ K}$.

3. Для реакції $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$ при $T_1 = 400 \text{ K}$ і $p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $K_p = 48,9$. Розрахуйте K_p цієї реакції при $T_2 = 600 \text{ K}$, якщо середнє значення теплового ефекту $\Delta H = 55,4 \text{ кДж/моль}$.

4. В стані рівноваги системи $2\text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO} + \text{O}_2$ концентрація CO_2 дорівнює $0,10 \text{ моль/л}$, $\text{CO} - 2,5 \text{ моль/л}$, $\text{O}_2 - 1,25 \text{ моль/л}$. Визначте K_c даної реакції і вихідну кількість CO_2 .

5. При $T = 500 \text{ K}$ константа рівноваги реакції $\text{PCl}_3 + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{PCl}_5$ дорівнює $K_p = 2,961 \cdot 10^{-5} (\text{Па})^{-1}$. Визначте ступінь розпаду PCl_5 при цій температурі й тиску $p = 8,104 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

6. Константа рівноваги реакції $\text{PCl}_3 + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{PCl}_5$ при $T = 500 \text{ K}$ і $\tilde{p}_{\text{заг}} = 8,104$ дорівнює $2,96$. Визначити склад рівноважної газової суміші, якщо вихідна суміш складалась з 1 моль Cl_2 і $0,5 \text{ моль PCl}_5$.

Варіант 2

1. Для газофазної реакції $\frac{1}{2} \text{O}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_{(\text{газ})}$ $K^0 = 5 \cdot 10^{15}$. Знайдіть K^0 для наступних реакцій: $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{газ})}$; $\text{H}_2\text{O}_{(\text{газ})} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2$.

2. Для реакції $\text{CO} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{COCl}_2$ знайдіть відношення K_p/K_c при $T = 300 \text{ K}$.

3. Для реакції $2\text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{N}_2 + 3\text{H}_2$ при $T_1 = 460 \text{ K}$ і $p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $K_p = 1,18$, а при $T_2 = 660 \text{ K}$ і $p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $K_p = 3585$. Розрахуйте середнє значення теплового ефекту даної реакції.

4. При нагріванні в закритій посудині фосген розпадається згідно з реакцією: $\text{COCl}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + \text{Cl}_2$. В рівноважній суміші маємо: $1,88 \text{ моль COCl}_2$, $0,12 \text{ моль CO}$, $0,12 \text{ моль Cl}_2$. Визначте K_c даної реакції і вихідну кількість фосгену.

5. Константа рівноваги K_p реакції $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4 + \text{HCl}_{\text{газ}}$ при $T=500$ К дорівнює $7,81 \cdot 10^5$ Па. Визначте склад рівноважної суміші, якщо $p = 1,013 \cdot 10^5$ Па.

6. Константа рівноваги K_p реакції $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4 + \text{HCl}$ при $T = 500$ К і $p = 1,013 \cdot 10^5$ Па дорівнює $7,81 \cdot 10^5$ Па⁻¹. Визначте склад рівноважної газової суміші, якщо вихідна суміш складалась з 1 моль етилену і 1 моль $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$.

Варіант 3

1. Для газофазної реакції $\frac{1}{2} \text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{I}_2 \rightleftharpoons \text{HI}$ $K^0 = 50$. Знайдіть K^0 для наступних реакцій: $\text{H}_2 + \text{I}_2 = 2 \text{HI}$; $\text{HI} \rightleftharpoons \frac{1}{2} \text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{I}_2$.

2. Для реакції $\text{N}_2 + 2\text{O}_2 = 2\text{NO}_2$ знайдіть відношення K_p/K_c при $T = 500$ К.

3. Для реакції $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCOOH}$ при $T_1 = 300$ К і $p = 1 \cdot 10^5$ Па $K_p = 2,7 \cdot 10^{-3}$. Розрахуйте K_p цієї реакції при $T_2 = 400$ К, якщо середнє значення теплового ефекту $\Delta H = -27,6$ кДж/моль.

4. При нагріванні в закритій посудині суміші згідно з реакцією $\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_2\text{Cl}_2$ встановлюється рівновага, при цьому склад рівноважної суміші: 0,5 моль SO_2 , 0,5 моль Cl_2 і 1,5 моль SO_2Cl_2 . Розрахуйте K_c реакції та вихідну кількість SO_2 і Cl_2 .

5. Для реакції $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{CO} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COCH}_3$ при $T=500$ К і $p = 1,013 \cdot 10^5$ Па $K_p = 2,59 \cdot 10^{-5}$ Па⁻¹. Визначити склад рівноважної суміші.

6. Для реакції $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{CO} = \text{CH}_3\text{COCH}_3$, яка протікає при $T = 500$ К і $p = 1,013 \cdot 10^5$ Па визначити склад рівноважної суміші, якщо вихідна суміш містила 1 моль C_2H_6 , 1 моль CO і 0,5 моль CH_3COCH_3 .

Варіант 4

1. Для газофазної реакції $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO} + \text{O}_2$ $K_c = 9,6$ моль/л. Знайдіть K_p при $T = 500$ К для наступних реакцій: $\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{NO} + \frac{1}{2} \text{O}_2$; $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$.

2. Для реакції $\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + 4\text{H}_2$ знайдіть відношення K_p/K_c при $T = 600$ К.

3. Для реакції $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{HCOOH}$ при $T_1 = 900 \text{ K}$ і $p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$, $K_p = 7,8 \cdot 10^{-7}$. Розрахуйте K_p цієї реакції при $T_2 = 1000 \text{ K}$, якщо середнє значення теплового ефекту $\Delta H = 10,4 \text{ кДж/моль}$.

4. При нагріванні в закритій посудині SO_3 розпадається за реакцією $2\text{SO}_3 \rightleftharpoons 2\text{SO}_2 + \text{O}_2$. Рівноважна суміш містить 0,4 моль SO_3 , 0,6 моль SO_2 і 0,3 моль O_2 . Обчисліть K_c даної реакції і визначте вихідну концентрацію SO_3 .

5. Для реакції $\text{PCl}_5 \rightleftharpoons \text{PCl}_3 + \text{Cl}_2$ при $T=485 \text{ K}$ константа рівноваги $K_p = 2,55 \cdot 10^4 \text{ Па}$. Розрахуйте ступінь дисоціації PCl_5 при даній температурі і тиску $p = 2,026 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

6. Константа рівноваги реакції $\text{PCl}_5 \rightleftharpoons \text{PCl}_3 + \text{Cl}_2$ при $T=485 \text{ K}$ і тиску $p = 2,026 \cdot 10^5 \text{ Па}$ дорівнює $K_p = 2,55 \cdot 10^4$. Розрахуйте склад рівноважної газової суміші, якщо в вихідну суміш до 1 моль PCl_5 додали 1 моль Cl_2 .

Варіант 5

1. Для газофазної реакції $\text{O}_2 + \text{N}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}$ $K^0 = 4 \cdot 10^{-4}$. Знайдіть K^0 для наступних реакцій: $1/2 \text{ N}_2 + 1/2 \text{ O}_2 \rightleftharpoons \text{NO}$; $2\text{NO} \rightleftharpoons \text{O}_2 + \text{N}_2$.

2. Для реакції $4 \text{ HCl} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ знайдіть відношення K_p/K_c при $T = 400 \text{ K}$.

3. Для реакції $\text{CO} + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$ при $T_1 = 800 \text{ K}$ і $p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $K_p = 35,3$, а при $T_1 = 900 \text{ K}$ і $p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $K_p = 0,85$. Розрахуйте середнє значення теплового ефекту даної реакції.

4. При нагріванні водню та бром у закритій посудині проходить наступна реакція: $\text{H}_2 + \text{Br}_2 \rightleftharpoons 2\text{HBr}$. Рівноважна суміш при цьому складається з 9,2 моль HBr , 0,5 моль Br_2 і 3,2 моль H_2 . Обчисліть K_c даної реакції і визначте вихідні концентрації водню і бром у.

5. Для реакції $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ при $T=323 \text{ K}$ і $p = 3,48 \cdot 10^4 \text{ Па}$, константа рівноваги $K_p = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ Па}^{-1}$. Визначте ступінь дисоціації N_2O_4 в цих умовах.

6. Константа рівноваги K_p реакції $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ при $T=323 \text{ K}$ і $p = 3,48 \cdot 10^4 \text{ Па}$ дорівнює $K_p = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ Па}^{-1}$. Скільки моль NO_2 треба додати до 1 моль N_2O_4 , щоб ступінь дисоціації N_2O_4 стала рівною 10%?

Варіант 6

1. Для газофазної реакції $\text{SO}_2 + 1/2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{SO}$ $K^0 = 2$. Знайдіть K^0 для наступних реакцій: $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$; $\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{SO}_2 + 1/2\text{O}_2$.

2. Для реакції $2\text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO} + 1/2\text{O}_2$ знайдіть відношення K_p/K_c при $T = 700\text{ K}$.

3. Для реакції $\text{CS}_2 \rightleftharpoons \text{C}_{\text{гр}} + \text{S}_2$ при $T_1 = 900\text{ K}$ і $p = 1 \cdot 10^5\text{ Па}$ $K_p = 0,116$. Розрахуйте K_p цієї реакції при $T_2 = 1000\text{ K}$, якщо середнє значення теплового ефекту $\Delta H = 10,82\text{ кДж/моль}$.

4. При нагріванні діоксиду азоту NO_2 в закритій посудині рівновага реакції $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO} + \text{O}_2$ встановлюється при концентрації $C_{\text{NO}_2} = 0,3\text{ моль/л}$; $C_{\text{NO}} = 1,2\text{ моль/л}$; $C_{\text{O}_2} = 0,6\text{ моль/л}$. Обчисліть K_c даної реакції і визначте вихідну концентрацію NO_2 .

5. Для реакції $\text{CO} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{газ})} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$ при $T = 930\text{ K}$ константа $K^0 = 1$. Вихідна суміш мала 20% CO і 80% H_2O . Визначте рівноважний склад суміші.

6. Для реакції $\text{CO} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{газ})} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$ при $T = 930\text{ K}$ $K^0 = 1$. Визначте склад рівноважної газової суміші, якщо вихідна суміш складається з 20% CO , 6% H_2O і 20% H_2 .

Варіант 7

1. Для газофазної реакції $2\text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO} + 1/2\text{O}_2$ $K^0 = 3 \cdot 10^{-20}$. Знайдіть K^0 для наступних реакцій: $\text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + 1/2\text{O}_2$; $\text{CO} + 1/2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_2$.

2. Для реакції $\text{H}_2 + 1/2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}$ знайдіть відношення K_p/K_c при $T = 500\text{ K}$.

3. Для реакції $\text{CO}_2\text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{Cl}_2 + \text{CO}_2$ при $T_1 = 750\text{ K}$ і $p = 1 \cdot 10^5\text{ Па}$ $K_p = 0,35$, а при $T_2 = 900\text{ K}$ і $p = 1 \cdot 10^5\text{ Па}$ $K_p = 6,11$. Розрахуйте середнє значення теплового ефекту даної реакції.

4. В стані рівноваги системи $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ концентрація азоту дорівнює 0,3 моль/л; водню – 0,9 моль/л; аміаку – 0,4 моль/л. Обчисліть K_c даної реакції і визначте вихідні концентрації азоту та водню.

5. При $T = 1100\text{ K}$ і $p = 1 \cdot 10^5\text{ Па}$ K_p реакції $2\text{H}_2 + \text{S}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{S}$ дорівнює $2,6 \cdot 10^{-2}\text{ Па}^{-1}$. Визначте ступінь дисоціації водню в цих умовах.

6. Константа рівноваги K_p реакції $2\text{H}_2 + \text{S}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{S}$ при $T=1100\text{ K}$ і $p = 1,013 \cdot 10^5\text{ Па}$ дорівнює $2,6 \cdot 10^{-2}\text{ Па}^{-1}$. Скільки молів водню треба додати до одного моль H_2S , щоб ступінь дисоціації дорівнювала 5%?

Варіант 8

1. Для газофазної реакції $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 3\text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ $K^0 = 4 \cdot 10^{20}$. Знайдіть K^0 для наступних реакцій: $2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 3\text{O}_2$; $\frac{1}{2}\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \frac{3}{2}\text{H}_2\text{O}_{(\text{газ})}$.

2. Для реакції $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{HCl}$ знайдіть відношення K_p/K_c при $T = 1500\text{ K}$.

3 Для реакції $2\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons 2\text{H}_2 + \text{S}_2$ при $T_1 = 1400\text{ K}$ і $p = 1 \cdot 10^5\text{ Па}$ $K_p = 2,67 \cdot 10^{-2}$. Розрахуйте K_p цієї реакції при $T_2 = 1500\text{ K}$, якщо середнє значення теплового ефекту $\Delta H = 182,35\text{ кДж/моль}$.

4. В реакції утворення водяної пари $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ рівноважна суміш при $T = 373\text{ K}$, $p = 1 \cdot 10^5\text{ Па}$ має склад: $C_{\text{CO}} = C_{\text{H}_2\text{O}} = 30,1\%$, $C_{\text{CO}_2} = C_{\text{H}_2} = 19,9\%$. Обчисліть K_c даної реакції і визначте вихідні концентрації CO_2 і водню.

5. Константа рівноваги реакції $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}$ при $T=2673\text{ K}$ $K^0 = 0,0035$. Визначте ступінь дисоціації NO на азот і кисень при даній температурі.

6. Константа рівноваги реакції $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}$ при $T=2673\text{ K}$ $K^0 = 0,0035$. Визначте, скільки азоту треба додати до 1 моль NO , щоб в рівноважній газовій суміші містилось 10% NO .

Варіант 9

1. Для реакцій: $\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{S}_{2,\text{газ}}$; $\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{S}_{2,\text{газ}} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S}$ знайдіть K^0 якщо відомо, що для реакції $2\text{H}_2 + \text{S}_{2(\text{газ})} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{S}$ $K^0 = 2,5 \cdot 10^3$.

2. Для реакції $\text{C}_2\text{H}_4 + 3\text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}_r$ знайдіть відношення K_p/K_c при $T = 600\text{ K}$.

3. Для реакції $\text{SO}_2\text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_2 + \text{Cl}_2$ при $T_1 = 400\text{ K}$ і $p = 1 \cdot 10^5\text{ Па}$ $K_p = 2,07$, а при $T_2 = 500\text{ K}$ і $p = 1 \cdot 10^5\text{ Па}$ $K_p = 0,04$. Розрахуйте середнє значення теплового ефекту даної реакції.

4. Система $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$ в стані рівноваги при $T=1080 \text{ K}$ і $p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ містить по 20% CO_2 і H_2 , 7,6% CO і 52,4% H_2O . Обчисліть K_c даної реакції і визначте вихідні концентрації окису вуглецю і водяної пари.

5. Для реакції $\text{C}_{(\text{тв})} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}$ при $T=1073 \text{ K}$ і $p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ константа рівноваги $K_p = 6,683 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Визначте склад рівноважної газової суміші в цих умовах.

6. Константа рівноваги K_p реакції $\text{C}_{(\text{тв})} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}$ при $T=1073 \text{ K}$ і $p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $K_p = 6.683 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Визначте, скільки моль CO треба додати до 1 моль CO_2 , щоб рівноважна суміш містила 20% CO .

Варіант 10

1. Для газофазної реакції $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ $K^0 = 1,25$. Знайдіть K^0 для наступних реакцій: $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$; $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons 1/2 \text{N}_2\text{O}_4$.

2. Для реакції $\text{SO}_2\text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_2 + \text{Cl}_2$ знайдіть відношення K_p/K_c при $T = 500 \text{ K}$.

3. Для реакції $\text{CH}_3\text{COH} + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ при $T_1 = 500 \text{ K}$ і $p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $K_p = 15,05$. Розрахуйте K_p цієї реакції при $T_2 = 600 \text{ K}$, якщо середнє значення теплового ефекту $\Delta H = -72,3 \text{ кДж/моль}$.

4. При рівновазі системи $\text{CO} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{COCl}_2$ при $T = 820 \text{ K}$ і $p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ в 1 літрі рівноважної суміші міститься $1.75 \cdot 10^{-3}$ моль COCl_2 і по $7 \cdot 10^{-3}$ моль CO та Cl_2 . Обчисліть K_c даної реакції і визначте вихідну кількість CO і Cl_2 .

5. Для реакції $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{HI}$ при $T = 820 \text{ K}$ константа рівноваги $K^0 = 50$. Визначте ступінь дисоціації йодистого водню в цих умовах.

6. Скільки молів водню треба додати до 1 моль HI , щоб в рівноважній газовій суміші було 10% (мольних) газоподібного HI , якщо при $T = 820 \text{ K}$ константа рівноваги реакції $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{HI}$ $K_p = 50$?

Варіант 11

1. Знайдіть K^0 для наступних реакцій, які проходять в газовій фазі: $\text{COCl}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + \text{Cl}_2$; $2\text{CO} + 2\text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2 \text{COCl}_2$, якщо відомо, що для реакції $\text{CO} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{COCl}_2$ $K^0 = 0,2$.

2. Для реакції $4\text{HCl} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Cl}_2$ знайдіть відношення K_p/K_c при $T=500$ К.

3. Для реакції $\text{PCl}_3 + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{PCl}_5$ при $T_1 = 400$ К і $p = 1 \cdot 10^5$ Па $K_p = 395,9$, а при $T_2 = 500$ К і $p = 1 \cdot 10^5$ Па $K_p = 2,15$. Розрахуйте середнє значення теплового ефекту даної реакції.

4. Рівноважна газова суміш $\text{CO} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{газ})} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$ містить при $T = 1670$ К 39% CO ; 14% H_2O ; 41% H_2 і 6% CO_2 . Обчисліть константу рівноваги даної реакції і визначте, скільки молів CO , H_2O і H_2 було в вихідній суміші.

5. Для реакції $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{HCl}_{(\text{газ})}$ в деяких умовах константа рівноваги дорівнює 1. Визначте ступінь дисоціації хлориду водню в цих умовах.

6. Скільки молів водню треба додати до 1 моль HCl , щоб знизити ступінь дисоціації HCl до 15%, якщо в реакції $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{HCl}_{(\text{газ})}$ $K_p = 1$?

Варіант 12

1. Для газозфазної реакції $4\text{HCl} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{HCl} + 2\text{Cl}_2$ $K^0 = 0,75$. Знайдіть K^0 для реакцій: $\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{HCl} + 1/2\text{O}_2$; $2\text{HCl} + 1/2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$.

2. Для реакції $\text{H}_2 + \text{S}_{2(\text{газ})} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{S}$ знайдіть відношення K_p/K_c при $T = 500$ К.

3. Для реакції $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O}$ $K_p = 1,2 \cdot 10^3$ при $T_1 = 650$ К і $p = 1 \cdot 10^5$ Па. Розрахуйте K_p цієї реакції при $T_2 = 750$ К, якщо середнє значення теплового ефекту $\Delta H = 46,9$ кДж/моль.

4. В рівноважній суміші $\text{C}_2\text{H}_{4(\text{газ})} + \text{HCl}_{(\text{газ})} \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}_{(\text{газ})}$ при $T=500$ К і $p = 1 \cdot 10^5$ Па міститься 1,56 моль C_2H_4 , 0,56 моль HCl і 0,44 моль $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$. Обчисліть K_c даної реакції і визначте вихідну кількість HCl і етилену.

5. Для реакції $\text{C}_{(\text{тв})} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}$ при $T=1000$ К і $p = 1 \cdot 10^5$ Па $K_p = 1,886 \cdot 10^5$ Па. Визначте склад газової фази в стані рівноваги.

6. Для реакції $\text{C}_{(\text{тв})} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}$ визначте склад рівноважної газової суміші при $T=1000$ К і $p = 1 \cdot 10^5$ Па, якщо відомо, що в вихідній

суміші окрім твердого вуглецю було 0,5 моль CO і 1 моль CO₂, а константа рівноваги цієї реакції $K_p = 1,886 \cdot 10^5$ Па.

Варіант 13

1. Для газофазної реакції $2\text{CO} + 2\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CH}_4 + \text{CO}_2$ $K^0 = 50$. Знайдіть K^0 для реакцій: $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO} + 2\text{H}_2$; $\text{CO} + \text{H}_2 \rightleftharpoons 1/2\text{CH}_4 + 1/2\text{CO}_2$.

2. Для реакції $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}_{(\text{газ})} \rightleftharpoons \text{CO} + 3\text{H}_2$ знайдіть відношення K_p/K_c при $T = 500$ К д

3. Для реакції $2\text{HI} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{I}_2$ при $T_1 = 700$ К і $p = 1 \cdot 10^5$ Па $K_p = 0,017$, а при $T_2 = 800$ К і $p = 1 \cdot 10^5$ Па $K_p = 0,023$. Розрахуйте середнє значення теплового ефекту даної реакції.

4. Відносні рівноважні тиски CO₂, H₂, CO і H₂O_г відповідно дорівнюють: 0,116; 0,484; 0,200; 0,200. Обчисліть константу рівноваги даної реакції і визначте вихідну кількість CO₂ і H₂.

5. При $T = 500$ К і $p = 1 \cdot 10^5$ Па для реакції $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{HCl} \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ $K_p = 1,28 \cdot 10^{-6}$ Па⁻¹. Визначте ступінь дисоціації C₂H₅Cl в цих умовах.

6. Константа рівноваги реакції $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{HCl} \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ при $T = 500$ К і $p = 10,13 \cdot 10^5$ Па $K_p = 1,28 \cdot 10^{-6}$ Па⁻¹. Скільки молів етилену треба додати до 1 моль C₂H₅Cl, щоб ступінь дисоціації C₂H₅Cl дорівнювала 60%?

Варіант 14

1. Для газофазної реакції $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO} + 3\text{H}_2$ $K^0 = 250$. Знайдіть K^0 для реакцій: $3\text{H}_2 + \text{CO} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_4$; $1/2\text{CH}_4 + 1/2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 1/2\text{CO} + 3/2\text{H}_2$.

2. Для реакції $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$ знайдіть відношення K_p/K_c при $T = 500$ К.

3. Для реакції $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{CO} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COCH}_3$ при $T_1 = 300$ К і $p = 1 \cdot 10^5$ Па, $K_p = 9,8 \cdot 10^{-4}$. Розрахуйте K_p цієї реакції при $T_2 = 500$ К, якщо середнє значення теплового ефекту $\Delta H = -22,8$ кДж/моль.

4. При $T = 510$ К і $p = 1 \cdot 10^5$ Па в рівноважній суміші PCl₅, PCl₃, Cl₂ відповідно міститься: 0,58; 1,42; 1,42 молів цих газів. Обчисліть K_c даної реакції $\text{PCl}_5 \rightleftharpoons \text{PCl}_3 + \text{Cl}_2$ і визначте вихідну кількість молів PCl₅.

5. Для реакції $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$ при $T=1000$ К константа рівноваги $K^0 = 1,37$. Визначте рівноважну кількість водню, якщо вихідна суміш містить 0,4 моль CO і 0,6 моль H_2O .

6. Константа рівноваги K^0 реакції $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$ при $T=1000$ К $K^0 = 1,37$. Розрахуйте склад рівноважної газової суміші, якщо вихідна суміш складалась з 0,4 моль CO , 0,6 моль H_2O і 0,5 моль CO_2 .

Варіант 15

1. Для газофазної реакції $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{HCl}$ $K^0 = 0,81$. Знайдіть K^0 для наступних реакцій: $\text{HCl} \rightleftharpoons 1/2\text{H}_2 + 1/2\text{Cl}_2$; $1/2\text{H}_2 + 1/2\text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{HCl}$.

2. Для реакції $\text{CO} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{COCl}_2$ знайдіть відношення K_p/K_c при $T=500$ К.

3. Для реакції $\text{C}_{\text{графіт}} + 2\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_4$ при $T_1 = 400$ К і $p = 1 \cdot 10^5$ Па $K_p = 2712$, а при $T_2 = 500$ К і $p = 1 \cdot 10^5$ Па $K_p = 101,1$. Розрахуйте середнє значення теплового ефекту даної реакції.

4. Рівноважна газова суміш $\text{Cl}_2 + \text{H}_2 = \text{HCl} + \text{O}_2$ при $T = 960$ К і $p = 1 \cdot 10^5$ Па містить по 17,5% Cl_2 і H_2 , 52% HCl і 13% O_2 . Визначте K^0 цієї реакції і вихідну кількість HCl і O_2 .

5. Для реакції $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$ $K_p = 3,417 \cdot 10^{-5} \text{ Па}^{-1}$ при $T=1000$ К. Під яким тиском ступінь дисоціації SO_3 дорівнюватиме 20%?

6. Скільки молів SO_2 треба додати до одного моль SO_3 , щоб при $p = 1 \cdot 10^5$ Па ступінь дисоціації SO_3 дорівнюватиме 20%, якщо для реакції $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$, яка відбувається при $T=1000$ К і $p = 1 \cdot 10^5$ Па, $K_p = 3,417 \cdot 10^{-5} \text{ Па}^{-1}$?

Варіант 16

1. Для газофазної реакції $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{HCl}$ $K^0 = 0,81$. Знайти K^0 для наступних реакцій: $\text{HCl} \rightleftharpoons 1/2 \text{H}_2 + 1/2 \text{Cl}_2$; $1/2 \text{H}_2 + 1/2 \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{HCl}$.

2. Для реакції $6\text{C} + 3\text{H}_2 = \text{C}_6\text{H}_6$ знайдіть відношення K_p/K_c при $T=500$ К.

3. Для реакції $\text{Fe-}\alpha + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{FeO} + \text{H}_2$ при $T_1 = 400$ К і $p = 1 \cdot 10^5$ Па $K_p = 58,235$. Розрахуйте K_p цієї реакції при $T_2 = 600$ К, якщо середнє значення теплового ефекту $\Delta H = -20,6$ кДж/моль.

4. Рівноважна газова суміш: $4\text{HCl} + \text{O}_2 = 2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ містить при $T = 960 \text{ K}$ і $p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ по 17,5% Cl_2 і H_2O , 52% HCl і 13% O_2 . Визначте K^0 цієї реакції і вихідну кількість HCl і O_2 .

5. Для реакції $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \text{NO}$, що проходить при $T = 670 \text{ K}$ константа рівноваги $K = 0,0035$. Визначити склад рівноважної суміші.

6. Для реакції $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \text{NO}$ при $T = 670 \text{ K}$ визначити склад рівноважної суміші, якщо в вихідній суміші було по 1 молю N_2 , O_2 , NO .

Варіант 17

1. Для газофазної реакції $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO} + \text{O}_2$ $K_p = 3,7 \text{ Па}^2$ при $T = 550 \text{ K}$ Знайдіть K_p для реакцій: $2\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 4\text{NO} + \text{O}_2$; $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$.

2. Для реакції $3\text{C} + 4\text{H}_2 = \text{C}_3\text{H}_8$ Знайдіть відношення K_p/K_c при $T = 500 \text{ K}$.

3. Для реакції $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O}$ при $p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ і $T_1 = 400 \text{ K}$ $K_p = 5,38$. Розрахуйте K_p цієї реакції при $T_2 = 600 \text{ K}$, якщо середнє значення теплового ефекту $\Delta H = 46,5 \text{ кДж/моль}$.

4. Рівноважна газова суміш: $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{HCOOH}$ містить 0,8 моль CO_2 , 0,5 моль H_2 і 0,05 моль HCOOH при $T = 960 \text{ K}$ і $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Визначити K_c цієї реакції і вихідну кількість H_2 і CO_2 .

5. Для реакції $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCOOH}$ $K_p = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ Па}^{-1}$ при $T = 1000 \text{ K}$ і $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Визначити склад рівноважної суміші при заданих умовах.

6. Для реакції $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{HCOOH}$, яка перебігає при $T = 1000 \text{ K}$ і $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ визначити склад рівноважної суміші, якщо вихідна суміш містила 1 моль H_2O , 1 моль CO і 0,5 моль HCOOH .

Варіант 18

1. Для газофазної реакції $2\text{H}_2\text{O} (\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ $K^0 = 0,04$. Знайдіть K^0 для наступних реакцій: $\text{H}_2\text{O} (\text{г}) \rightleftharpoons \text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2$; $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O} (\text{г})$.

2. Знайдіть відношення K_p/K_c при $T = 400 \text{ K}$ для газофазної реакції $2\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{S}_{2(\text{газ})} + 2\text{H}_2$.

3. Для реакції $C_2H_5OH \rightleftharpoons C_2H_4 + H_2O$ при $T_1 = 650 \text{ K}$ і $p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$, $K_p = 1,2 \cdot 10^3$. Розрахуйте K_p цієї реакції при $T_2 = 750 \text{ K}$, якщо середнє значення теплового ефекту $\Delta H = 46,9 \text{ кДж/моль}$.

4. При нагріванні водню та бром у закритій посудині проходить наступна реакція: $H_2 + Br_2 \rightleftharpoons 2HBr$. Рівноважна суміш при цьому складається з 9,2 моль HBr , 0,5 моль Br_2 і 3,2 моль H_2 . Обчисліть K_c даної реакції і визначте вихідні концентрації водню і бром у.

5. Для реакції $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$ при $T=323 \text{ K}$ і $p = 3,48 \cdot 10^4 \text{ Па}$ константа рівноваги $K_p = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ Па}^{-1}$. Визначте ступінь дисоціації N_2O_4 в цих умовах.

6. Константа рівноваги K_p реакції $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$ при $T=323 \text{ K}$ і $p = 3,48 \cdot 10^4 \text{ Па}$ дорівнює $1,1 \cdot 10^{-5} \text{ Па}^{-1}$. Скільки молів NO_2 треба додати до 1 моль N_2O_4 , щоб ступінь дисоціації N_2O_4 стала рівною 10%?

Варіант 19

1. Для газофазної реакції $O_2 + N_2 \rightleftharpoons 2NO$ $K^0 = 4 \cdot 10^{-4}$. Знайдіть K^0 для наступних реакцій: $1/2 N_2 + 1/2 O_2 \rightleftharpoons NO$; $2NO \rightleftharpoons O_2 + N_2$.

2. Для реакції $2N_2 + 6H_2O (г) \rightleftharpoons 4NH_3 + 3O_2$ знайдіть відношення K_p/K_c при $T = 500 \text{ K}$.

3. Для реакції $C_2H_5OH \rightleftharpoons C_2H_4 + H_2O$ при $T_1 = 650 \text{ K}$ і $p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $K_p = 1,2 \cdot 10^3$. Розрахуйте K_p цієї реакції при $T_2 = 750 \text{ K}$, якщо середнє значення теплового ефекту $\Delta H = 46,9 \text{ кДж/моль}$.

4. В рівноважній суміші $C_2H_4 + HCl_{(газ)} \rightleftharpoons C_2H_5Cl_{(газ)}$ міститься при $T = 500 \text{ K}$ і $P = 10,13 \cdot 10^5 \text{ Па}$ в 1,56 моль C_2H_4 , 0,56 моль HCl і 0,44 моль C_2H_5Cl . Обчисліть K_c даної реакції і визначте вихідну кількість HCl і етилену.

5. Для реакції $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$ константа рівноваги $K_p = 2,55 \cdot 10^4 \text{ Па}$ при $T=485 \text{ K}$. Розрахуйте ступінь дисоціації PCl_5 при даній температурі і тиску $p = 2,026 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

6. Константа рівноваги реакції $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$ при $T = 485 \text{ K}$ і $p = 2,026 \cdot 10^5 \text{ Па}$ дорівнює $K_p = 2,55 \cdot 10^4 \text{ Па}$. Розрахуйте склад рівноважної газової суміші, якщо в вихідну суміш до 1 моля PCl_5 додали 1 моль Cl_2 .

Варіант 20

1. Для газофазної реакції $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ $K^0 = 1,25$. Знайдіть K^0 для наступних реакцій: $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$; $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons 1/2 \text{N}_2\text{O}_4$.

2. Для реакції $\text{CO} + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$ знайдіть відношення K_p/K_c при $T = 500$ К.

3. Для реакції $\text{CH}_3\text{COH} + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ $K_p = 15,05$ при $T_1 = 500$ К і $p = 1 \cdot 10^5$ Па. Розрахуйте K_p цієї реакції при $T_2 = 600$ К, якщо середнє значення теплового ефекту $\Delta H = -72,3$ кДж/моль.

4. При $T=510$ К і $p = 1,013 \cdot 10^5$ Па в рівноважній суміші PCl_5 , PCl_3 , Cl_2 відповідно міститься: 0,58; 1,42; 1,42 моль цих газів. Обчисліть K_c даної реакції $\text{PCl}_5 \rightleftharpoons \text{PCl}_3 + \text{Cl}_2$ і визначте вихідну кількість моль PCl_5 .

5. Для реакції $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ при $T=323$ К і $p = 3,48 \cdot 10^4$ Па константа рівноваги $K_p = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ Па}^{-1}$. Визначте ступінь дисоціації N_2O_4 в цих умовах.

6. Константа рівноваги реакції $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ при $T = 323$ К і $p = 3,48 \cdot 10^4$ Па $K_p = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ Па}^{-1}$. Скільки молів NO_2 треба додати до 1 моль N_2O_4 , щоб ступінь дисоціації N_2O_4 стала рівною 10%?

Варіант 21

1. Для газофазної реакції $\frac{1}{2} \text{O}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_{(\text{газ})}$ $K^0 = 5 \cdot 10^{15}$. Знайдіть K^0 для наступних реакцій: $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{газ})}$; $\text{H}_2\text{O}_{(\text{газ})} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2$.

2. Для реакції $2\text{SO}_3 \rightleftharpoons 2\text{SO}_2 + \text{O}_2$ знайдіть відношення K_p/K_c при $T = 400$ К.

3. Для реакції $\text{CH}_3\text{COH} + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ $K_p = 15,05$ при $T_1 = 500$ К і $p = 1 \cdot 10^5$ Па. Розрахуйте K_p цієї реакції при $T_2 = 600$ К, якщо середнє значення теплового ефекту $\Delta H = -72,3$ кДж/моль.

4. В стані рівноваги системи $2\text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO} + \text{O}_2$ концентрація CO_2 дорівнює 0,10 моль/л, $\text{CO} - 2,5$ моль/л, $\text{O}_2 - 1,25$ моль/л. Визначте K_c даної реакції і вихідну кількість CO_2 .

5. Константа рівноваги реакції $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}$ $K^0 = 0,0035$ при $T = 2673$ К. Визначте ступінь дисоціації NO на азот і кисень при даній температурі.

6. Константа рівноваги реакції $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}$ $K^0 = 0,0035$ при $T = 2673 \text{ K}$ Визначте, скільки азоту треба додати до 1 моль NO , щоб в рівноважній газовій суміші містилось 20% NO .

Варіант 22

1. Для газофазної реакції $2\text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO} + 1/2\text{O}_2$ $K_0 = 3 \cdot 10^{-20}$. Знайдіть K^0 для наступних реакцій: $\text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + 1/2\text{O}_2$; $\text{CO} + 1/2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_2$.

2. Для реакції $\text{C}_4\text{H}_{10} = \text{C}_4\text{H}_8 + \text{H}_2$ знайдіть відношення K_p/K_c при $T = 400 \text{ K}$.

3. Для реакції $\text{CS}_2 \rightleftharpoons \text{C}_{\text{тр}} + \text{S}_2$ $K_p = 0,116$ при $T_1 = 900 \text{ K}$ і $p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Розрахуйте K_p цієї реакції при $T_2 = 1000 \text{ K}$, якщо середнє значення теплового ефекту $\Delta H = 10,82 \text{ кДж/моль}$.

4. Рівноважна газова суміш $\text{CO} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{газ})} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$ містить 39% CO ; 14% H_2O ; 41% H_2 і 6% CO_2 при $T = 1670 \text{ K}$. Обчисліть константу рівноваги даної реакції і визначте, скільки молів CO , H_2O і H_2 було в вихідній суміші.

5. Для реакції $\text{C}_{(\text{тв})} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}$ $K_p = 1,886 \cdot 10^5 \text{ Па}$ при $T = 1000 \text{ K}$ і $p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Визначте склад газової фази в стані рівноваги.

6. Для реакції $\text{C}_{(\text{тв})} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}$ визначте склад рівноважної газової суміші дпри $T = 1000 \text{ K}$ і $p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$, якщо відомо, що в вихідній суміші окрім твердого вуглецю було 0,5 моль CO і 1 моль CO_2 , а константа рівноваги цієї реакції $K_p = 1,886 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Варіант 23

1. Для газофазної реакції $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO} + \text{O}_2$ $K_c = 9,6 \text{ моль/л}$. Знайдіть K_p для наступних реакцій: $\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{NO} + 1/2 \text{O}_2$; $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$ при $T = 500 \text{ K}$

2. Для реакції $\text{CH}_3\text{OH}_{\text{г}} \rightleftharpoons 2 \text{H}_2 + \text{CO}$ знайдіть відношення K_p/K_c при $T = 500 \text{ K}$.

3. Для реакції $\text{CO}_2\text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{Cl}_2 + \text{CO}_2$ $K_p = 0,35$ при $T_1 = 750 \text{ K}$ і $p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$, а при $T_2 = 900 \text{ K}$ і $p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $K_p = 6,11$. Розрахуйте середнє значення теплового ефекту даної реакції.

4. При нагріванні в закритій посудині SO_3 розпадається за реакцією $2 \text{SO}_3 \rightleftharpoons 2 \text{SO}_2 + \text{O}_2$. Рівноважна суміш містить 0,4 моль SO_3 , 0,6 моль SO_2 і 0,3 моль O_2 . Обчисліть K_c даної реакції і визначте вихідну концентрацію SO_3 .

5. Для реакції $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{CO} = \text{CH}_3\text{COCH}_3$ $K_p = 2,59 \cdot 10^{-5} \text{ Па}^{-1}$ при $T=500 \text{ К}$ і $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ визначте склад рівноважної суміші при заданих умовах.

6. Для реакції $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{CO} = \text{CH}_3\text{COCH}_3$, яка проходить при $T=500 \text{ К}$ і $p = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$, визначити склад рівноважної суміші, якщо вихідна суміш містила 1 моль C_2H_6 , 1 моль CO і 0,5 моль CH_3COCH_3 .

Варіант 24

1. Для газофазної реакції $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO} + 3\text{H}_2$ $K^0 = 250$. Знайдіть K^0 для реакцій: $3\text{H}_2 + \text{CO} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_4$; $1/2 \text{CH}_4 + 1/2 \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 1/2 \text{CO} + 3/2 \text{H}_2$.

2. Для реакції $\text{CH}_3\text{COH}_r + \text{H}_2 = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_r$ знайдіть відношення K_p/K_c при $T = 500 \text{ К}$.

3. Для реакції $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O}$ при $T_1 = 400 \text{ К}$ і $p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$, $K_p = 5,38$. Розрахуйте K_p цієї реакції при $T_2 = 600 \text{ К}$, якщо середнє значення теплового ефекту $\Delta H = 46,5 \text{ кДж/моль}$.

4. При нагріванні в закритій посудині суміші відповідно реакції: $\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_2\text{Cl}_2$ встановлюється рівновага, при цьому склад рівноважної суміші: 0,5 моль SO_2 , 0,5 моль Cl_2 і 1,5 моль SO_2Cl_2 . Розрахувати K_c реакції та вихідну кількість SO_2 і Cl_2 .

5. Для реакції $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ при $T=323 \text{ К}$ і $p = 3,48 \cdot 10^4 \text{ Па}$ константа рівноваги $K_p = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ Па}^{-1}$. Визначте ступінь дисоціації N_2O_4 в цих умовах.

6. Константа рівноваги K_p реакції $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ при $T=323 \text{ К}$ і $p = 3,48 \cdot 10^4 \text{ Па}$, дорівнює $1,1 \cdot 10^{-5} \text{ Па}^{-1}$. Скільки молів NO_2 треба додати до 1 моль N_2O_4 , щоб ступінь дисоціації N_2O_4 стала рівною 10%?

Варіант 25

1. Для газофазної реакції $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ $K^0 = 1,25$. Знайдіть K^0 для наступних реакцій: $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$; $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons 1/2 \text{N}_2\text{O}_4$.

2. Для реакції $\text{SO}_2\text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_2 + \text{Cl}_2$ знайдіть відношення K_p/K_c при $T = 500 \text{ К}$ д

3. Для реакції $\text{C}_{\text{графіт}} + 2\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_4$ при $T_1 = 400 \text{ К}$ і $p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $K_p = 2712$, а при $T_2 = 500 \text{ К}$ і $p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $K_p = 101,1$. Розрахуйте середнє значення теплового ефекту даної реакції.

4. При нагріванні в закритій посудині SO_3 розпадається за реакцією $2\text{SO}_3 \rightleftharpoons 2 \text{SO}_2 + \text{O}_2$. Рівноважна суміш містить 0,4 моль SO_3 , 0,6 моль SO_2 і 0,3 моль O_2 . Обчисліть K_c даної реакції і визначте вихідну концентрацію SO_3 .

5. Для реакції $\text{PCl}_5 \rightleftharpoons \text{PCl}_3 + \text{Cl}_2$ константа рівноваги при $T=485 \text{ К}$ $K_p = 2,55 \cdot 10^4 \text{ Па}$. Розрахувати ступінь дисоціації PCl_5 при даній температурі і тиску $p = 2,026 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

6. Константа рівноваги реакції $\text{PCl}_5 \rightleftharpoons \text{PCl}_3 + \text{Cl}_2$ при $T = 485 \text{ К}$ і тиску $p = 2,026 \cdot 10^5 \text{ Па}$ дорівнює $K_p = 2,55 \cdot 10^4$. Розрахувати склад рівноважної газової суміші, якщо в вихідну суміш до 1 моль PCl_5 додали 1 моль Cl_2 .

2.3 ІНДИВІДУАЛЬНІ РОЗРАХУНКОВІ ЗАВДАННЯ З ФІЗИЧНОЇ ХІМІЇ

Теми «Термодинаміка хімічної реакції» та «Хімічна рівновага»

Для реакції з таблиці 2 та заданих T і p , користуючись довідковими даними:

1. Знайти рівняння залежності теплового ефекту реакції при $p = \text{const}$ від температури та побудувати графік залежності $\Delta H = f(T)$ в інтервалі температур від $(T-200 \text{ К})$ до $(T+200 \text{ К})$ з кроком 100 К.

Обчислити значення теплового ефекту реакції при $V = \text{const}$ (U) і температурі T . Зробити висновок про тепловий характер протікання реакції.

2. Знайти рівняння залежності ентропії реакції від температури та побудувати графік залежності $\Delta S = f(T)$ в інтервалі температур від $(T-200 \text{ К})$ до $(T+200 \text{ К})$ з кроком 100 К.

Зробити висновок про напрямок мимовільного перебігу реакції в ізольованій системі.

3. Обчислити значення ΔG для п'яти температур в інтервалі температур від $(T-200 \text{ К})$ до $(T+200 \text{ К})$ з кроком 100 К. Побудувати відповідний графік. Зробити висновок про напрямок мимовільного перебігу реакції в умовах p і $T = \text{const}$.

4. Обчислити значення $\ln K^0$ для п'яти температур в інтервалі температур від $(T-200 \text{ К})$ до $(T+200 \text{ К})$ з кроком 100 К. Побудувати графік $\ln K^0 = f(1/T)$.

Знайти середнє значення ΔH для цього температурного інтервалу та порівняти його з точним значенням ΔH , знайденим у п. 1.

5. Вважаючи, що реакція протікає без зміни теплоємності ($C_p = \text{const}$), обчислити наближене значення K^0 для температури T . Порівняти його з точним значенням K^0 , знайденим для цієї температури в п.4.

6. Припускаючи, що речовини вступають у реакцію в кількості стехіометричних, розрахувати склад рівноважної суміші.

7. Використовуючи рівняння ізобари хімічної реакції Вант-Гоффа та рівняння Планка, визначити, як впливають температура та тиск на стан рівноваги хімічної реакції.

8. Підібрати, якщо це можливо, температуру та тиск, при яких вихід продуктів дорівнюватиме 20%.

Приклад розв'язування РГЗ

Для хімічної реакції: $C_4H_{10} = C_4H_8 + H_2$ розрахуйте склад рівноважної газової суміші та вихід продукту ВП(C_4H_8) при $T = 600$ К, якщо рівноважний тиск складає $P = 10^3$ Па.

Речовина	$\Delta H_{f,298,i}^0$ кДж/моль	$S_{298,i}^0$ Дж/моль·К	$C_p^0 = f(T)$, Дж/(моль·К)			
			a	$b \cdot 10^3$	$c \cdot 10^6$	$c' \cdot 10^{-5}$
C_4H_{10}	-126,15	310,12	18,23	303,56	-92,65	-
C_4H_8	-0,13	305,6	21,47	258,4	-80,84	-
H_2	0	130,52	27,28	3,26	-	0,5

1) Стандартну спорідненість (стандартну зміну енергії Гіббса) при температурі T розраховуємо за методом Тьомкіна – Шварцмана:

$$\Delta G_T^0 = \Delta H_{298}^0 - T \cdot \Delta S_{298}^0 - T \cdot (\Delta a M_0 + \Delta b M_1 + \Delta c M_2 + \Delta c' M_2).$$

2) Визначаємо тепловий ефект реакції при 298 К:

$$\Delta H_{298}^0 = \Delta H^0(C_4H_8) + \Delta H^0(H_2) - \Delta H^0(C_4H_{10}) = -0,13 + 0 - (-126,15) = +126,02 \text{ кДж} = 126020 \text{ Дж}.$$

3) Обчислюємо зміну ентропії при 298 К:

$$\Delta S_{298}^0 = S^0(C_4H_8) + S^0(H_2) - S^0(C_4H_{10}) = 305,6 + 130,52 - 310,12 = 126 \text{ Дж/К}.$$

4) Розраховуємо коефіцієнти в рівнянні $\Delta C_p^0 = f(T)$.

$$\Delta a = [a(C_4H_8) + a(H_2)] - a(C_4H_{10}) = 21,47 + 27,28 - 18,23 = 30,52;$$

$$\Delta b = [b(C_4H_8) + b(H_2)] - b(C_4H_{10}) = (258,4 + 3,26 - 303,56) \cdot 10^{-3} = -41,9 \cdot 10^{-3};$$

$$\Delta c = [c(C_4H_8) + c(H_2)] - c(C_4H_{10}) = [-80,84 + 0 - (-92,56)] \cdot 10^{-6} = 11,72 \cdot 10^{-6};$$

$$\Delta c' = [c'(C_4H_8) + c'(H_2)] - c'(C_4H_{10}) = (0 + 0,5 - 0) \cdot 10^5 = 0,5 \cdot 10^5.$$

Для $T = 600$ К згідно з довідником : $M_0 = 0,1962$; $M_1 = 0,0759 \cdot 10^3$; $M_2 = 0,0303 \cdot 10^6$; $M_{-2} = 0,1423 \cdot 10^{-5}$.

Тоді стандартна зміна енергії Гіббса при 600 К складає:

$$\Delta G_{600}^0 = 126020 - 600 \cdot (126) - 600 \cdot [30,52 \cdot 0,1962 + (-41,9 \cdot 10^3) \cdot 0,0759 \cdot 10^3 + 11,72 \cdot 10^{-6} \cdot 0,0303 \cdot 10^6 + 0,5 \cdot 10^5 \cdot 0,1423 \cdot 10^{-5}] = 48,479 \cdot 10^3 \text{ Дж};$$

5) Розрахуємо стандартну константу рівноваги:

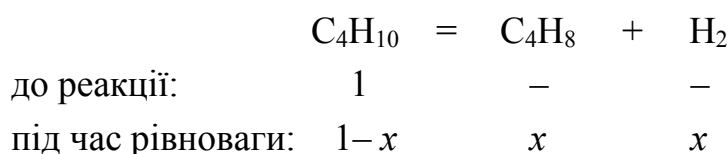
$$K_T^0 = \exp\left(-\frac{\Delta G_T^0}{RT}\right) = \exp\frac{48,479 \cdot 10^3 \text{ Дж}}{8,314 \text{ Дж / моль} \times \text{К} \cdot 600 \text{ К}} = e^{-9,7} = 6 \cdot 10^{-5}.$$

6) Розрахуємо константу рівноваги K_p : $K_p = K^0 (101325 \text{ Па})^{\Delta n}$;

$$\Delta n = (1+1) - 1 = +1;$$

$$K_p = 6 \cdot 10^{-5} \cdot 101325 = 6,1 \text{ Па}.$$

7) Виразимо склад рівноважної газової суміші для заданої реакції через рівноважну кількість бутену, яку позначимо через x .



Знайдемо сумарну кількість газоподібних речовин в рівноважній суміші:

$$\Sigma n = 1 - x + x + x = 1 + x.$$

Застосуємо закон Дальтона і виразимо парціальні тиски газоподібних учасників реакції, враховуючи, що тиск у системі дорівнює P .

Закон Дальтона: парціальний тиск газу в газовій суміші дорівнює добутку його мольної частки на загальний тиск $p_i = \frac{n_i}{\Sigma n_i} \cdot p$.

$$p_{\text{C}_4\text{H}_8} = \frac{x}{1+x} \cdot p, \quad p_{\text{H}_2} = \frac{x}{1+x} \cdot p, \quad p_{\text{C}_4\text{H}_{10}} = \frac{1-x}{1+x} \cdot p.$$

Запишемо вираз константи швидкості, вираженої через рівноважні тиски газоподібних речовин K_p :

$$K_p = \frac{p_{\text{C}_4\text{H}_8} \cdot p_{\text{H}_2}}{p_{\text{C}_4\text{H}_{10}}},$$

Підставимо вирази для парціальних тисків газів у вираз для константи рівноваги і спростимо:

$$K_p = \frac{x \cdot x \cdot (1+x) \cdot p^2}{(1+x) \cdot (1+x) \cdot (1-x) \cdot p} = \frac{x^2 \cdot p}{(1-x^2)^2}.$$

Підставимо в отриманий вираз задані в умові завдання величини K_p ,

$P = 10^3$ Па і знайдемо рівноважну кількість C_4H_8 :

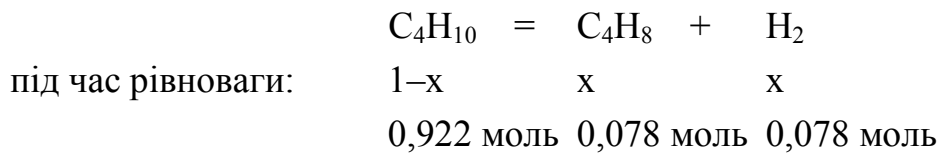
$$\frac{x^2 \cdot 10^3}{(1-x^2)^2} = 6,1.$$

Вирішимо рівняння і знайдемо x .

$$x^2 \cdot 10^3 = 6,1 \cdot (1-x^2); \quad x^2 \cdot 10^3 + 6,1 \cdot x^2 = 6,1; \quad 1006,1 \cdot x^2 = 6,1;$$

$$x^2 = \frac{6,1}{1006,1} = 6,06 \cdot 10^{-3}; \quad x = 0,078 \text{ моль}.$$

Таким чином, склад рівноважної газової суміші буде наступним:



Розрахуємо вихід бутену (C_4H_8):

$$[C_4H_8] = \frac{x}{\Sigma x} \cdot 100\% = \frac{0,078}{1+0,078} \cdot 100\% = 7,24\%.$$

Таблиця 2. Варіанти реакцій

№	Реакція	№	Реакція
1	$2\text{H}_2\text{O}(\text{г.}) = 2\text{H}_2 + \text{O}_2$	25	$2\text{HI} = \text{H}_2 + \text{I}_2(\text{г.})$
2	$2\text{NH}_3 = \text{N}_2 + 3\text{H}_2$	26	$\text{HI} + \text{CH}_3\text{I} = \text{CH}_4 + \text{I}_2(\text{г.})$
3	$\text{COCl}_2(\text{г.}) = \text{CO} + \text{Cl}_2$	27	$\text{CH}_3\text{OH}(\text{г.}) = 2\text{H}_2 + \text{CO}$
4	$\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 = \text{SO}_2\text{Cl}_2(\text{г.})$	28	$\text{N}_2\text{O}_4 = 2\text{NO}_2$
5	$\text{CO} + 3\text{H}_2 = \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}(\text{г.})$	29	$\text{N}_2\text{O}_4 = 2\text{NO} + \text{O}_2$
6	$2\text{H}_2\text{S} = 2\text{H}_2 + \text{S}_2(\text{г.})$	30	$\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{H}_2\text{O}(\text{г.}) + \text{CO}$
7	$\text{C}_2\text{H}_4 = \text{H}_2 + \text{C}_2\text{H}_2$	31	$\text{CH}_3\text{COH}(\text{г.}) + \text{H}_2 = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{г.})$
8	$\text{H}_2 + \text{C}_2\text{H}_2 = \text{C}_2\text{H}_4$	32	$2\text{C}(\text{гp.}) + 2\text{H}_2 = \text{C}_2\text{H}_4$
9	$\text{C}_2\text{H}_6 = \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2$	33	$2\text{NO}_2 = 2\text{NO} + \text{O}_2$
10	$\text{C}_2\text{H}_6 = \text{C}_2\text{H}_2 + 2\text{H}_2$	34	$\text{NO} + 0,5\text{O}_2 = \text{NO}_2$
11	$2\text{CO} = 2\text{C}(\text{гp.}) + \text{O}_2$	35	$2\text{SO}_3 = 2\text{SO}_2 + \text{O}_2$
12	$2\text{C}(\text{гp.}) + \text{O}_2 = 2\text{CO}$	36	$\text{CS}_2(\text{г.}) = \text{C}(\text{гp.}) + \text{S}_2(\text{г.})$
13	$2\text{CO}_2 = 2\text{CO} + \text{O}_2$	37	$\text{C}(\text{гp.}) + \text{S}_2(\text{г.}) = \text{CS}_2(\text{г.})$
14	$\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 = \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$	38	$\text{CH}_4 = \text{C}(\text{гp.}) + 2\text{H}_2$
15	$2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{г.}) = (\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}(\text{г.}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г.})$	39	$\text{C}(\text{гp.}) + 2\text{H}_2 = \text{CH}_4$
16	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{г.}) = \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O}(\text{г.})$	40	$2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2$
17	$\text{PCl}_5(\text{г.}) = \text{Cl}_2(\text{г.}) + \text{PCl}_3(\text{г.})$	41	$\text{CaO} + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3$
18	$\text{PCl}_3(\text{г.}) + \text{Cl}_2(\text{г.}) = \text{PCl}_5(\text{г.})$	42	$\text{MgO} + \text{CO}_2 = \text{MgCO}_3$
19	$\text{CH}_4 + \text{CO}_2 = \text{CH}_3\text{COOH}(\text{г.})$	43	$\text{Fe} - \alpha + \text{H}_2\text{O}(\text{г.}) = \text{FeO} + \text{H}_2$
20	$\text{HCOOH}(\text{г.}) = \text{CO}_2 + \text{H}_2$	44	$4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O} = 4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2$
21	$\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{HCOOH}(\text{г.})$	45	$4\text{HCl} + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}(\text{л.}) + \text{Cl}_2$
22	$\text{HCOOH}(\text{г.}) = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}(\text{г.})$	46	$2\text{C}(\text{гp.}) + \text{H}_2 = \text{C}_2\text{H}_2$
23	$\text{CO} + \text{H}_2\text{O}(\text{г.}) = \text{HCOOH}(\text{г.})$	47	$\text{C}_2\text{H}_6(\text{г.}) + \text{CO} = \text{CH}_3\text{COCH}_3(\text{г.})$
24	$\text{C}_2\text{H}_6(\text{г.}) + \text{CO} = \text{CH}_3\text{COCH}_3(\text{г.})$		

Таблиця 3. Термодинамічні величини простих речовин та хімічних сполук

Речовина	ΔH_0 , кДж/моль	ΔS_0 , Дж/моль·К	C_p , Дж/моль·К	Коефіцієнти рівняння $C_p = a + bT + cT^2 + C \cdot T^{-2}$, Дж/(кмоль·К)			
				a	$b \cdot 10^3$	$c \cdot 10^6$	$c \cdot 10^{-5}$
C (графіт)	0	5,74	8,54	16,86	4,77		-8,54
Cl ₂ (г)	0	222,98	33,93	37,03	0,67		-2,85
H ₂ (г)	0	130,52	28,83	27,28	3,26		0,5
I ₂ (г)	62,43	260,6	36,9	37,40	0,59		-0,71
N ₂	0	191,5	29,12	27,88	4,27		-
O ₂ (г)	0	205,04	29,37	31,46	3,39		-3,77
Fe - α	0	27,15	24,98	17,24	24,77		0
FeO	-264,85	60,75	49,92	50,8	8,61		-3,31
S ₂ (г)	128,37	228,03	32,51	36,11	1,09		-3,51
CO(г)	-110,53	197,55	29,14	28,41	4,10		-0,46
CO ₂ (г)	-393,51	213,66	37,11	44,14	9,04		-8,54
COCl ₂ (г)	-219,5	283,64	57,76	67,15	12,03		-9,04
CS ₂ (г)	116,7	237,77	45,48	52,09	6,69		-7,53
CaCO ₃ (кр)	-1206,8	91,71	83,47	104,52	21,92		-25,94
CaO (кр)	-635,09	38,07	42,05	49,62	4,52		-6,95
HCl (г)	92,31	186,79	29,14	26,53	4,60		1,09
HI (г)	26,36	206,48	29,16	26,32	5,94		0,92
H ₂ O(г)	-241,81	188,72	33,61	30,00	10,71		0,33
H ₂ S (г)	-20,15	205,64	33,93	29,37	15,40		-
MgCO ₃ (кр)	-1095,85	65,1	76,11	77,91	57,74		-17,41
MgO (кр)	-601,49	27,07	37,2	48,98	3,14		-11,44
NH ₃	-45,94	192,66	35,16	29,8	25,48		-1,67
NO (г)	90,37	210,62	29,83	29,58	3,85		-0,59
NO ₂ (г)	34,19	240,06	36,66	41,16	11,33		-7,02
N ₂ O ₄ (г)	11,11	304,35	79,16	83,89	39,75		-14,9
PCl ₃ (г)	-287,02	311,71	71,84	80,11	3,1		-7,99
PCl ₅ (г)	-374,89	364,47	112,97	129,49	2,93		-16,4
SO ₂ (г)	-296,9	248,07	39,87	46,19	7,87		-7,7
SO ₂ Cl ₂ (г)	-363,17	311,29	77,4	87,91	16,15		-14,23
SO ₃ (г)	-395,85	256,69	50,09	64,98	11,75		-16,37
CH ₄ (г)	-74,85	186,27	35,71	14,32	74,66	-17,43	
C ₂ H ₂ (г)	226,75	200,82	43,93	26,44	66,65	-26,48	
C ₂ H ₄ (г)	52,3	219,45	43,56	11,32	122,01	-37,9	
C ₂ H ₆ (г)	-84,67	229,49	52,64	5,75	175,11	-57,85	
HCOOH (г)	-378,8	248,77	45,8	19,4	112,8	-47,5	
CH ₃ I (г)	13,97	254,01	44,14	19,67	92,67	-32,28	
CH ₃ OH (г)	-201,0	239,76	44,13	15,28	105,2	-31,04	
CH ₃ COH (г)	-166,0	264,2	54,64	13,0	153,5	-53,7	
CH ₃ COOH (г)	-434,84	282,5	14,82	196,7	-77,7		
C ₂ H ₅ OH (г)	-234,8	281,38	65,75	10,99	204,7	-74,2	
CH ₃ COCH ₃ (г)	-217,57	294,93	74,9	22,47	201,8	-63,5	
CH ₃ Cl	-86,31	234,47	40,75	15,57	92,74	-28,31	
(C ₂ H ₅) ₂ O (г)	-252,21	342,67	112,51	21,09	341,7	-117,9	

РОЗДІЛ 3. ГЕТЕРОГЕННІ РІВНОВАГИ

Перебіг хімічної реакції нерідко поєднується зі зміною агрегатного стану продуктів реакції в порівнянні з вихідними речовинами. Вочевидь, що розрахунок енергетики процесу повинен включати врахування енергетичних характеристик процесів фазових перетворень, які супроводжують хімічну реакцію.

Вивчення процесів фазових перетворень дозволяє також за допомогою методів фізико-хімічного аналізу встановлювати факт і стехіометрію хімічної взаємодії у системі, визначати молекулярний стан сполук в розчині і вирішувати цілий ряд аналогічних завдань.

Фізико-хімічний аналіз – метод дослідження, який ґрунтується на вивченні залежності властивостей рівноважної системи від складу. Ці залежності зазвичай виражають у вигляді діаграм склад – властивість, аналіз яких дозволяє встановити природу і термодинамічні характеристики фазових перетворень і хімічних взаємодій, що перебігають у системі, склад і стійкість хімічних сполук. Основу фізико-хімічного аналізу визначають правило фаз і принципи безперервності і відповідності, сформульовані М.С. Курнаковим.

Відповідно до **принципу безперервності** при безперервному зміні складу системи її властивості змінюються безперервно, якщо число фаз у системі залишається постійним; криві, що зображують ці властивості, також є безперервними. Згідно з **принципом відповідності** кожній фазі (хімічній сполуці або розчину) відповідає певний геометричний образ на діаграмі (точка; лінія певної форми; обмежена кількома лініями ділянка площини). При утворенні у системі хімічних сполук на діаграмі з'являються так звані **сингулярні точки** – точки перетину двох гілок кривої, які відповідають складу хімічної сполуки. Таким чином, фізико-хімічний аналіз дозволяє, не виділяючи цих фаз і не проводячи їх хімічного аналізу, визначити вказані характеристики, тому він є одним з основних методів дослідження металевих сплавів, мінералів, розчинів і розплавів солей і теоретичною основою багатьох технологічних процесів.

3.1 Основні поняття теорії гетерогенних рівноваг.

Система, що складається з декількох фаз, називається гетерогенною. **Фазою** називається сукупність гомогенних частин гетерогенної системи, що має однаковий склад, фізичні та хімічні властивості і відділена від інших частин системи поверхнею розділу.

Складовою частиною системи називається речовина, що може бути виділена із системи і перебувати в ізольованому виді. Так, водний розчин, у якому є іони K^+ , Na^+ , Cl^- , NO_3^- , містить п'ять складових частин: H_2O , KCl , KNO_3 , $NaCl$ і $NaNO_3$ або суміш нейтральних газів (гелію He і неону Ne).

Якщо в рівноважній системі протікають хімічні реакції, то кількості складових речовин залежать одна від одної і склад фаз можна визначити за концентраціями не всіх, а частини речовин, крім того, концентрації складових частин системи можуть бути зв'язані умовою стехіометричного співвідношення. Тому з'являється наступне поняття: **компонент**. Компонентом називається **найменша кількість незалежних** складових частин системи, і це число часто не збігається із числом складових частин. Так, у наведеному вище прикладі водного розчину солей система є трикомпонентною (досить мати, наприклад, H_2O , KCl і $NaNO_3$, щоб у розчині були присутні всі зазначені іони).

Таким чином, **число незалежних компонентів дорівнює загальному числу складових речовин рівноважної системи мінус число рівнянь, що зв'язують їхні концентрації**.

Число ступенів свободи – це найменше число термодинамічних параметрів, яких досить для того, щоб повністю описати стан системи; число термодинамічних параметрів системи (T , p , V), які можна довільно міняти в певних межах без зміни виду й числа фаз. Зазвичай такими параметрами є температура, тиск і концентрації компонентів. За числом ступенів свободи розрізняють системи: інваріантні ($c=0$), моноваріантні ($c=1$), біваріантні ($c=2$) і т.д. Так, система з рідини в рівновазі з парою моноваріантна; можна довільно змінити температуру, але кожній температурі повинен відповідати певний тиск пари, щоб зберіглась рівновага і не зникла одна з фаз, тобто, щоб не випарувалася вся рідина або не сконденсувалася вся пара.

Фундаментом вчення про гетерогенну рівновагу є **правило фаз Гіббса**, що дає співвідношення між числом фаз, числом незалежних компонентів і числом ступенів свободи в рівноважній багатофазній системі.

Із загальних законів термодинаміки витікає, що при рівновазі зміна вільної енергії Гіббса

$$dG = -SdT + Vdp + \sum \mu_i dn_i = 0. \quad (3.1)$$

Для фазових переходів, що характеризуються сталістю температури і тиску, ця умова переходить в

$$dG = \sum \mu_i dn_i = 0 \quad \text{і} \quad \mu_i(\alpha) = \mu_i(\beta), \quad (3.2)$$

де α і β – рівноважні фази, тобто хімічний потенціал компонента в рівноважних фазах однаковий. Для багатофазної багатокомпонентної системи ознакою рівноваги є рівність хімічних потенціалів кожного компонента у всіх фазах рівноважної системи.

Наслідком цього загального положення є рівняння:

$$c = k - \phi + n. \quad (3.3)$$

Це співвідношення називається основним законом фазової рівноваги або правилом фаз Гіббса: **число ступенів свободи рівноважної термодинамічної системи, на яку впливають тільки температура і тиск, дорівнює числу незалежних компонентів системи мінус число фаз плюс 2.**

Іноді системи вивчають при якому-небудь постійному параметрі, наприклад, при постійній температурі або тиску. Тоді число ступенів свободи відповідно зменшується: $c = k - \phi + 1$.

Приклад.

Визначити варіантність системи при термічному розкладанні CaCO_3 .

Розв'язання.

Рівняння реакції $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$. Система гетерогенна, $\phi = 3$ (дві тверді і одна газоподібна). Складових частин три, рівняння зв'язку одне, $k = 3 - 1 = 2$. Число ступенів свободи $c = k - \phi + 2 = 2 - 3 + 2 = 1$, система моноваріантна; довільно змінювати можна лише один параметр: температуру або тиск (концентрацію) CO_2 .

3.2. Однокомпонентні системи

Для однокомпонентних систем фази складаються з однієї і тієї ж речовини в різних агрегатних станах. Якщо речовина існує в різних кристалічних модифікаціях, то це теж фази (за визначенням). Наприклад, для води: пара – рідина – 6 типів льоду; для сірки: пара, рідина, 2 кристалічні фази (ромбічна й моноклінна).

Розглянемо діаграму стану води (при невисоких тисках, щоб не ускладнювати її розглядом шести модифікацій льоду), наведену на рис. 1. Якщо число зовнішніх параметрів системи 2 (тиск і температура) і число незалежних компонентів системи 1, то за правилом фаз Гіббса: $c = 3 - \phi$. Із цього витікає, що при $c = 0$ $\phi = 3$ (максимальне число фаз, що перебуває у рівновазі).

На діаграмі ми можемо знайти три поля, три лінії та одну точку. Кожне з полів відповідає певному фазовому стану. Ці поля (площини) складаються із сукупності фігуративних точок, що зображують стан системи.

Поля діаграми відповідають однофазним областям – газоподібної, рідкої і твердої. Відповідно до правила фаз Гіббса для однофазних областей $c = 1 - 1 + 2 = 2$, тобто система біваріантна, і можна одночасно і незалежно в деяких межах міняти і тиск, і температуру.

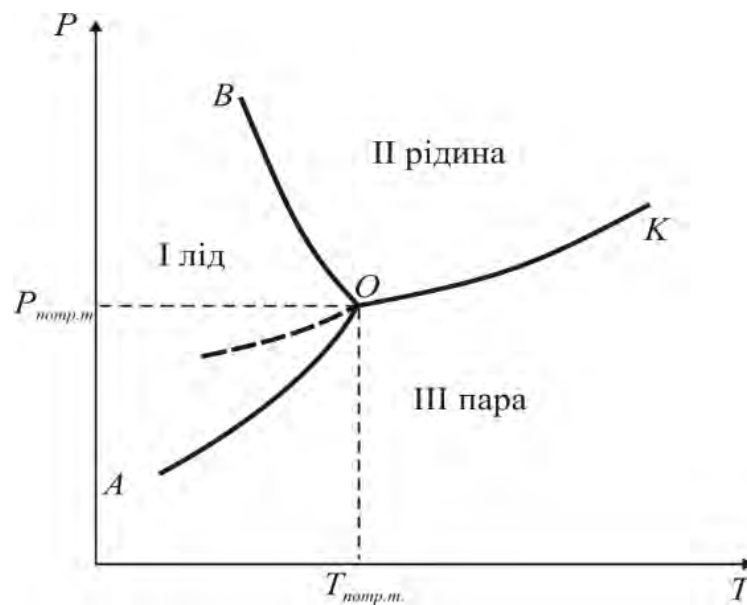


Рисунок 1. Діаграма стану води

Лінії на діаграмі відповідають умовам рівноваги між двома фазами, ($\phi = 2$, $c = 1$): лінія OA відповідає рівновазі між твердою і газоподібною фазами (парою); OK – рідкою і газоподібною; OB – твердою і рідкою фазами. Для двофазних рівноважних систем можна задавати лише один параметр, який при цьому може мати тільки цілком певне значення. Так, наприклад, крива OK (лінія випару) виражає залежність тиску насиченої пари від температури, або залежність температури кипіння від тиску; лінія OB (лінія плавлення) – залежність температури плавлення від тиску; OA (лінія

сублімації) – залежність температури сублімації від тиску, або тиску насиченої пари над твердою фазою від температури.

Точка перетинання всіх трьох кривих O називається потрійною точкою. У потрійній точці в рівновазі перебувають три фази, отже, $\phi = 3$ і $c = 0$, тобто така система може існувати тільки при цілком певних температурі і тиску; для води її координати: $p = 6,1$ кПа; $T = 273,16$ К).

Діаграми стану будуються звичайно на підставі дослідних даних, але лінії рівноваги фаз можуть бути розраховані за **рівнянням Клаузіуса – Клапейрона**.

Якщо дві фази (I) і (II) перебувають у рівновазі при постійних температурі і тиску, то відповідно до фундаментального рівняння термодинаміки (2.1) $\mu_1 = \mu_2$ або для індивідуальної речовини $G_1 = G_2$. Якщо змінити тиск і температуру на нескінченно малі величини, не порушуючи рівноваги, то нову умову рівноваги можна записати, як $G_1 + dG_1 = G_2 + dG_2$. звідки витікає, що $dG_1 = dG_2$. Але зміна енергії Гіббса при зміні температури і тиску згідно з (1.17) дорівнює $dG \leq -SdT + Vdp$, в такому разі можна записати, що $-S_1dT + V_1dp = -S_2dT + V_2dp$, або $\Delta SdT = \Delta Vdp$, тоді після простих перетворень, маємо $dp / dT = \Delta S / \Delta V$. Враховуючи, що для фазових переходів зміна ентропії $\Delta S = \Delta H / T$, маємо

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H_{\text{ф.н.}}}{T \Delta V}. \quad (3.4)$$

Дане рівняння називається **рівнянням Клаузіуса – Клапейрона**.

Воно пов'язує зміну ентальпії (тепловий ефект) фазового переходу з похідною dp/dT , яка характеризує зміну рівноважного тиску зі зміною температури або залежність температури фазового переходу від тиску. На діаграмі стану величина dp/dT визначає нахил кривої залежності $p = f(T)$. Похідна додатна, якщо $\Delta V > 0$, тобто якщо при фазовому переході об'єм збільшується (випар, сублімація, плавлення переважної більшості речовин) і від'ємна, якщо $\Delta V < 0$ (плавлення льоду). Тому температури випару і сублімації завжди зростають при збільшенні тиску, температура плавлення різних речовин може при збільшенні тиску і зростати, і знижуватися (плавлення льоду).

Для процесів випару і сублімації рівняння (3.4) зручно представити в іншому вигляді. Об'ємом конденсованої фази в порівнянні з об'ємом пари можна знехтувати і прийняти $\Delta V \approx V_{\text{пару}} = RT/p$, тоді $\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H_{\text{ф.п.}}}{RT \cdot T/p}$ або

$$\frac{d \ln p}{dT} = \frac{\Delta H_{\text{ф.п.}}}{RT^2} \quad (3.5)$$

Вважаючи теплоту фазового переходу постійною й інтегруючи це рівняння, одержуємо: $\ln p = -\Delta H/RT + \text{const}$ та

$$\ln \frac{p_{T_2}}{p_{T_1}} = \frac{\Delta H \cdot \Delta T}{R \cdot T_1 \cdot T_2} \quad (3.6)$$

Перший вираз показує, що тиск насиченої пари є лінійною функцією $1/T$; другий зв'язує тиск насиченої пари при двох температурах (або температуру кипіння рідини при двох тисках).

Приклад.

При тиску $p_1 = 1,013 \cdot 10^5$ Па вода кипить при $T = 373$ К. Розрахувати температуру кипіння води при тиску $p_2 = 2,026 \cdot 10^5$ Па.

Розв'язання.

Для розв'язання завдання треба знати теплоту випару води для $T=373$ К, $\Delta H = 40,6$ кДж/моль. Перетворюючи рівняння Клаузіуса – Клапейрона, визначимо T_2 :

$$T_2 = \frac{T_1 \cdot \Delta H}{\Delta H - RT_1 \ln \left(\frac{p_2}{p_1} \right)} = \frac{373 \cdot 40600}{40600 - 8,31 \cdot 373 \cdot \ln 2} = 394 \text{ К.}$$

Зверніть увагу на розмірності величин: теплота випару – Дж/моль, температура – К, тиск можна виразити в різних одиницях, тому що в рівняння входить відношення тисків.

Способи вираження концентрацій розчинів

Масова частка – це відношення маси розчиненої речовини до маси розчину: $N_g = \frac{g}{G+g}$, де N_g – масова частка розчину; g – маса розчиненої речовини, G – маса розчинника. Часто масову частку виражають у відсотках. У цьому випадку говорять про відсоткову концентрацію: мас.

$\% = \frac{g}{G+g} \cdot 100\%$. Зміст відсоткової концентрації полягає в тому, що вона дорівнює масі розчиненої речовини в грамах в 100 г розчину.

Молярна концентрація c показує, скільки молів розчиненої речовини міститься в 1 літрі розчину. При перерахуванні відсоткової концентрації в молярну і навпаки необхідно пам'ятати, що процентна концентрація розраховується на певну масу розчину, а молярна – на об'єм, тому для перерахунку необхідно знати густину розчину (d). Математичний вираз

$$c = \frac{g \cdot d \cdot 1000}{M_2 \cdot 100} = n_2 \cdot d \cdot 10, \quad (3.7)$$

виражається у моль / л.

Моляльна концентрація – це кількість молів розчиненої речовини, що міститься в 1 кг розчинника.

Приклад 1. Обчисліть молярну і моляльну концентрації 0,5% розчину K_2SO_4 ($d = 1$ г / мл; $M_{K_2SO_4} = 174$).

Розв'язання.

Визначимо молярну концентрацію розчину:

$$c_{K_2SO_4} = \frac{g \cdot d \cdot 1000}{M_2 \cdot 100} = \frac{0,5 \cdot 1 \cdot 10}{174} = 0,0287 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

Нехай $G + g = 100$ г, тоді $g = 0,5$ г, а $G = 100 - 0,5 = 99,5$ г.

$$m = \frac{g \cdot 1000}{M_2 \cdot G} = \frac{0,5 \cdot 1000}{174 \cdot 99,5} = 0,02859 \text{ моль/л.}$$

Розчини електролітів внаслідок дисоціації розчиненої речовини демонструють відхилення, завжди показуючи при дослідженні більше зниження температури замерзання, ніж розраховане за вказаними формулами. Тому в таких випадках вносять поправку – ізотонічний коефіцієнт i , який

дорівнює $i = \frac{(\Delta T_{\text{кр}})_{\text{експ}}}{(\Delta T_{\text{кр}})_{\text{теор}}} = \frac{M_{\text{теор}}}{M_{\text{експ}}}$, причому $i > 1$. Якщо молекули розчиненої

речовини асоціюють, то $(\Delta T_{\text{кр}})_{\text{експ}} < (\Delta T_{\text{кр}})_{\text{теор}}$, при цьому $i < 1$.

Розглянемо розчин, що містить один моль електроліту, тобто N_A молекул. Якщо кожна з них розпадається на ν іонів, то при ступені дисоціації α в розчині утворюється $N_A \cdot \nu \cdot \alpha$ іонів. Число недисоційованих молекул

складе: $N_A - N_A \cdot \alpha = N_A (1 - \alpha)$. Загальна кількість частинок (молекул і іонів) після розчинення дорівнюватиме $N_A \cdot v \cdot \alpha + N_A (1 - \alpha)$. Відношення цього числа до числа розчинених молекул і дасть ізотонічний коефіцієнти:

$$i = \frac{N_A \cdot v \cdot \alpha + N_A (1 - \alpha)}{N_A} = \frac{N_A [(v - 1)\alpha + 1]}{N_A} = (v - 1) \cdot \alpha + 1,$$

тоді

$$\alpha = \frac{i - 1}{v - 1}. \quad (3.8)$$

Приклад 2. При 25°C тиск насиченої пари води становить 3,166 кПа. Визначте при тій же температурі тиск насиченої пари над 5%-ним водним розчином карбаміду $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$.

Розв'язання.

Для розрахунку за формулою $p_1 = N_1 p_0$ потрібно обчислити мольну частку розчинника N_1 . У 100 г розчину міститься 5 г карбаміду (мольна маса 60 г / моль) і 95 г води (мольна маса 18 г / моль). Кількість моль карбаміду і води відповідно дорівнює: $n_2 = 5/60 = 0,083$ моль; $n_1 = 95/18 = 5,278$ молів. Знаходимо мольну частку води: $N_1 = n_1 / (n_1 + n_2) = 5,278 / (5,278 + 0,083) = 5,278 / 5,361 = 0,985$. Отже, $p_1 = 0,985 \cdot 3,166 = 3,119$ кПа.

Приклад 3. Розчин, що містить 0,64 г хлориду міді в 90,6 г води, кристалізується при $t = -0,21^\circ \text{C}$. Визначте уявну ступінь дисоціації CuCl_2 .

Розв'язання.

Знайдемо молярну концентрацію (m) солі в розчині. Оскільки молярна маса CuCl_2 дорівнює 134,5 г/моль, то $m = 0,74 \cdot 1000 / 134,5 \cdot 90,6 = 0,0525$ молів на 1000 г H_2O . Далі визначимо зниження температури кристалізації без урахування дисоціації електроліту (кріоскопічна постійна води дорівнює 1,86):

$$\Delta t_{\text{крис. експ}} = K_{\text{кр}} \cdot m = 1,86 \cdot 0,0525 = 0,098^\circ.$$

Порівнюючи знайдене значення з експериментально отриманим зниженням температури кристалізації, обчислюємо ізотонічний коефіцієнт i :

$$i = \Delta t_{\text{теор}} / \Delta t_{\text{експ}} = 0,21 / 0,098 = 2,14.$$

Уявну ступінь дисоціації солі знайдемо із співвідношення:

$$\alpha = (i - 1) / (n - 1) = (2,14 - 1) / (3 - 1) = 0,57,$$

де n – кількість іонів, які утворились при дисоціації.

Приклад 4. Розрахуйте, при якій температурі повинен кристалізуватися розчин, що містить в 250 г води 54 г глюкози $C_6H_{12}O_6$. $M_{C_6H_{12}O_6} = 180$.

Розв'язання.

Визначимо молярність розчину: $m = 54 \cdot 1000/180 \cdot 250 = 1,2$ моль/1000 г води. Знаходимо зниження температури замерзання розчину, виходячи з наслідків закону Рауля: $\Delta t_{\text{крист}} = K_{\text{кр}} \cdot m$.

$$\Delta t_{\text{крист}} = 1,86 \cdot 1,20 = 2,23^\circ.$$

Отже, водний розчин кристалізується при $-2,23^\circ \text{C}$.

Приклад 5. До 15,4 г бензолу, температура замерзання якого дорівнює $t = 5,5^\circ \text{C}$, додали 3,75 г розчину фосфору, насиченого в бензолі при $t = 18^\circ \text{C}$. Температура замерзання цієї суміші $t = 5,16^\circ \text{C}$.

Вважаючи, що молекула фосфору, розчиненого в бензолі, складається з 4-х атомів, обчисліть розчинність фосфору в бензолі при $t = 18^\circ \text{C}$ у вагових відсотках (в г на 100 г розчину). Кріоскопічна стала бензолу $K_{\text{кр}} = 5,12$.

Розв'язання.

Позначимо через g вагу фосфору, що знаходиться в розчині. Загальна вага суміші дорівнює 19,15 г (15,4 + 3,75). Вага розчинника (бензолу) дорівнює 15,4 (г); зниження температури кристалізації $t_{\text{кр}} = 0,3^\circ \text{C}$. Молекулярна вага розчиненого фосфору $M = 31 \cdot 4 = 124$, $K_{\text{кр}} = 5,12$. Підставивши всі ці величини в (3.36), отримуємо:

$$0,25 = \frac{5,12 \cdot 1000 \cdot g}{(19,15 - g) \cdot 124}, g = 0,117 \text{ г.}$$

Ця кількість фосфору міститься в 3,75 г розчину, а в 100 г розчину його кількість стане рівною: $0,117 \cdot 100 / 3,75 = 3$,

Приклад 6. Обчисліть температуру кипіння водного розчину, що містить 0,01 моль нелеткої речовини в 200 г води. Теплота випаровування води становить 40,685 кДж /моль.

Розв'язання.

1. Розраховуємо ебуліоскопічну постійну води:

$$E = \frac{R \cdot (T_{\text{кип}}^0)^2 \cdot M_1}{\Delta H_{\text{вип}}^0 \cdot 1000} = \frac{8,314 \cdot (373)^2 \cdot 18}{40,685 \cdot 1000} = 0,511 \text{ К / моль.}$$

2. Розраховуємо моляльну концентрацію розчину: 0,01 моль речовини міститься в 200 г H_2O ; в 1000 г H_2O міститься

$$m = \frac{1000 \cdot 0,01}{200} = 0,05 \text{ моль.}$$

3. Обчислюємо T кипіння розчину: $\Delta T_{\text{кип}} = E \cdot m = 0,05 \cdot 0,511 = 0,026$
К

$$T_{\text{кип}} = T_{\text{кип}}^0 + \Delta T = 373,00 + 0,0255 = 373,026 \text{ К.}$$

3.3. Рівновага рідина – тверда фаза

Серед досліджуваних фізичних властивостей найчастіше застосовують температуру плавлення сумішей. Розглянемо умовну діаграму стану (рис. 2.), де наведено один із можливих типів діаграм плавкості двокомпонентних систем. Така діаграма спостерігається в тому випадку, коли дві речовини A і B необмежено розчинні одна в одній у розплаві, в твердому стані утворюють механічну суміш, а хімічних сполук не утворюють.

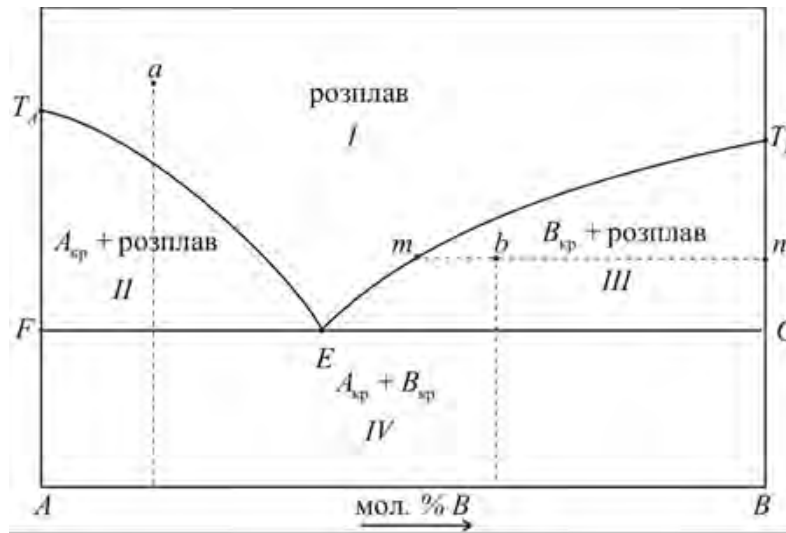


Рисунок 2. Діаграма плавкості двокомпонентної системи з евтектикою

На діаграмі є чотири поля. У полі I присутня одна фаза – рідина (розплав). Це гомогенна область. В полі II присутні дві фази – розплав і кристали речовини A . В полі III також дві фази – рідина і кристали речовини B . У полі IV існують дві тверді фази – кристали речовин A і B . Поля II, III, IV – гетерогенні. Криві TAE і ETB називаються кривими ліквідусу і визначають температуру початку кристалізації сумішей різних складів при охолодженні. У точці E криві ліквідусу перетинаються. У цій точці в стані рівноваги знаходяться три фази – кристали речовин A і B та розплав. Точка E називається евтектичною точкою, а склад системи, яка їй відповідає, – евтектикою. Евтектична точка визначає мінімальну температуру, при якій у системі в процесі нагрівання з'являється рідка фаза. Лінія FEG має назву лінії солідусу. Нижче лінії FEG система повністю знаходиться у твердому стані.

За допомогою діаграм плавкості можна визначити склад фаз у гомогенній і гетерогенній областях, молярний відсоток фаз у гетерогенній області та відстежити фазові перетворення сумішей різного складу в процесі їх нагрівання або охолодження.

Для визначення складу системи потрібно провести перпендикуляр до осі складу. Наприклад, у точці a (див. рис. 2) система є однофазною (розплав) і має склад: $A - 80 \%$, $B - 20 \%$. Для визначення складу фаз у гетерогенній області потрібно через фігуративну точку, яка задається на діаграмі, провести горизонтальну пряму, яка має назву коноди. Точки перетину цієї коноди з межами області m і n визначають склад рівноважних фаз. Наприклад, у точці b , яка визначає склад системи, знаходяться в рівновазі розплав, якому відповідає точка m , він складається з 60% компонента B і 40% компонента A . Друга фаза – тверда і складається з кристалів речовини B . Молярний відсоток фаз у гетерогенній області визначають за правилом важеля. Згідно з цим правилом, фігуративна точка b поділяє пряму, яка проходить через неї, на відрізки, обернено пропорційні масам фаз (bn – рідкої фази і bm – твердої фази).

Для точки b це правило має вигляд (див. рис. 1):

$$\frac{M_p}{M_{кр}} = \frac{bn}{mb} = \frac{3}{1}, \quad (3.9)$$

$$M_p + M_{кр} = 100 \%. \quad (3.10)$$

Розв'язання системи рівнянь (3.9) і (3.10) дає співвідношення мас фаз: 75% – розплав і 25% – тверда фаза. Діаграми стану дають можливість з'ясувати, які зміни будуть спостерігатися у системі в різних процесах, наприклад, при охолодженні.

Розглянемо процес охолодження з розплаву, який відповідає точці 1 на діаграмі стану системи з хімічною сполукою (рис. 3), яка плавиться конгруентно (без розкладання).

У точці 1 , згідно з правилом фаз Гіббса, маємо двоваріантну систему $\phi = 1$ і $s = 3 - 1 = 2$, тобто можна довільно змінювати і температуру, і склад розплаву (в певних межах), не змінюючи числа фаз.

Коли температура знизиться до точки 2 (точніше до температури трохи нижче точки 2), починають випадати кристали речовини A . При цьому $\phi = 2$ і $s = 3 - 2 = 1$, тобто система стає одноваріантною. Це означає,

що довільно можна змінювати лише один параметр, наприклад, температуру, а склад розплаву при кожній температурі підлаштовується під неї і визначається точками кривої $T_A E_1$. Так, для системи, позначеної точкою 3, склад розплаву визначається точкою 3. Згідно з другим принципом Курнакова, в точці 2 маємо розрив безперервності, а саме – злам характеру залежності, який проявляється як різка зміна нахилу на кривій охолодження (залежність температури від часу). В точці 4 (див. рис. 6) (після того, як з'явилися перші кристали речовини B) у рівновазі знаходяться три фази ($c = 3 - 3 = 0$), тобто маємо безваріантну трифазну двокомпонентну систему. На кривій охолодження ця ситуація проявляється як температурна зупинка (відрізок $4' - 4''$). Поява в точці $4'$ і зникнення в точці $4''$ фаз відбувається згідно з другим принципом Курнакова в зламах на кривій охолодження. На підставі аналогічних міркувань побудовано і криві охолодження 6 – 7, 8 – 9, 10 – 11.

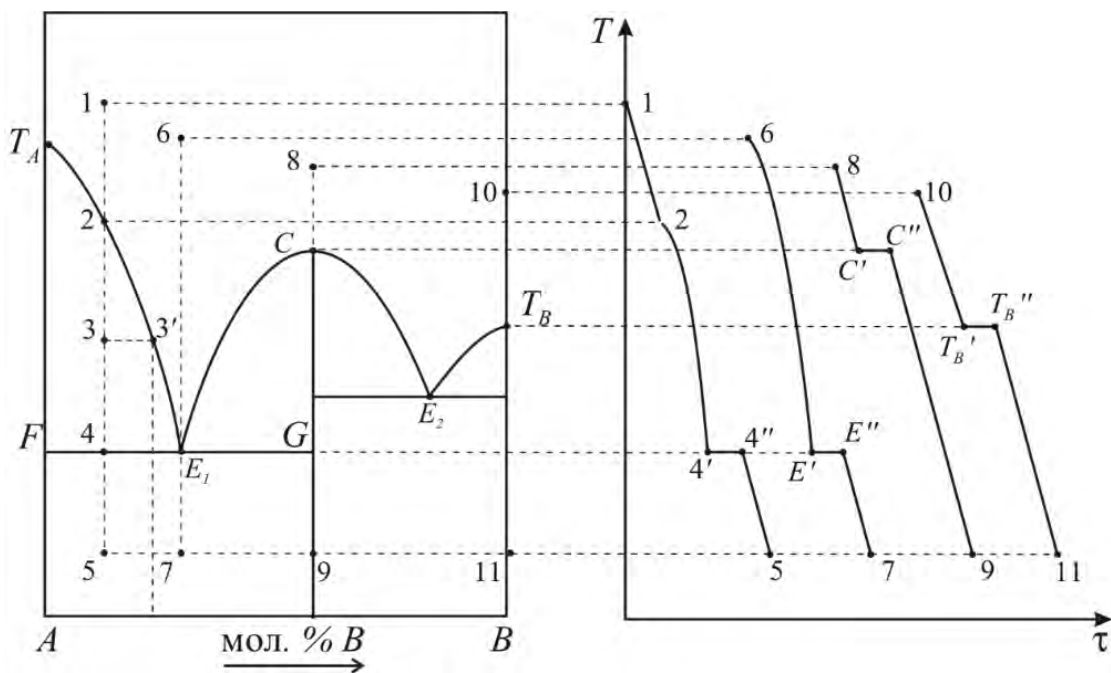


Рисунок 3. Діаграма плавкості двокомпонентної системи з хімічною сполукою

На практиці в методі фізико-хімічного аналізу застосовується зворотна процедура. Діаграми стану будуються на підставі кривих охолодження, які отримують експериментально. При побудові діаграми плавкості за допомогою кривих охолодження евтектичну точку E знаходять на перетині кривих ліквідусу.

3.4 Рівновага рідина – пара

Теоретичні відомості

До летких сумішей відносять системи, які складаються з рідких компонентів, кожен з яких має відносно високу пружність рівноважної пари.

Розрізняють ідеальні і неідеальні леткі суміші. До ідеальних відносять суміші, рівноважна пара кожного з компонентів яких підпорядковується лінійному закону Рауля, згідно з яким тиск насиченої пари розчинника над розчином (p_1) дорівнює тиску пари над чистим розчинником (p_{01}), помноженому на його мольну частку в розчині N_1 :

$$p_1 = p_{01} \cdot N_1. \quad (3.11)$$

Ідеальні леткі суміші і леткі суміші, які відхиляються від закону Рауля несуттєво, підпорядковуються першому закону Коновалова, який полягає в тому, що пара в порівнянні з рівноважною з нею рідиною збагачена більш летким компонентом, тобто в парі вміст більш леткого компонента більший, ніж в рідині. Для таких сумішей діаграма кипіння має вигляд, зображений на рис. 4.

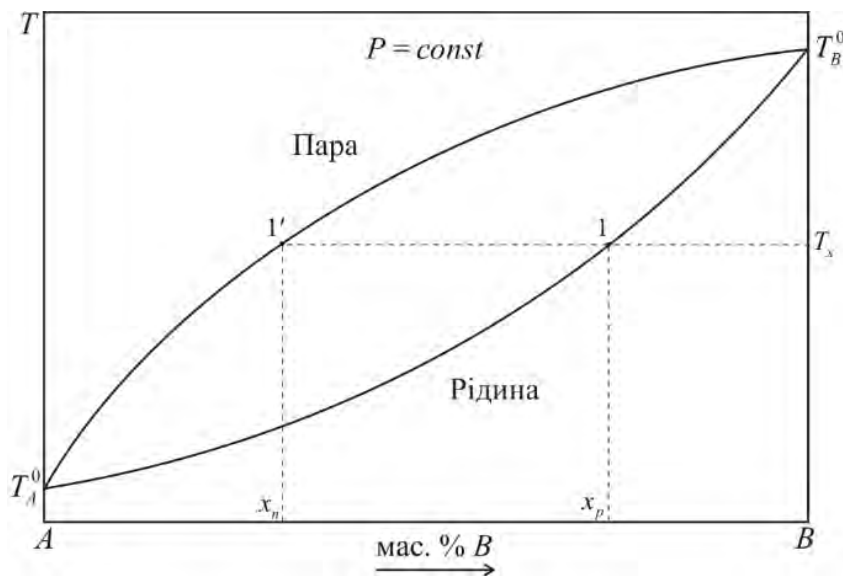


Рисунок 4. Діаграма температура кипіння – склад для систем, які підпорядковуються закону Рауля

Реальні леткі суміші в певній мірі завжди відхиляються від закону Рауля. Якщо загальний рівноважний тиск пари системи перевищує значення, які відповідають закону Рауля, відхилення класифікують як додатні. Відповідно відхилення в іншу сторону називаються від'ємними. Ці відхи-

лення можуть бути суттєвими і несуттєвими. Ознакою суттєвості відхилень є точка екстремуму на залежності загального тиску пари системи від її складу.

Для сумішей, які істотно відхиляються від закону Рауля, діаграми стану мають вигляд, зображений на рис. 5а і 5б.

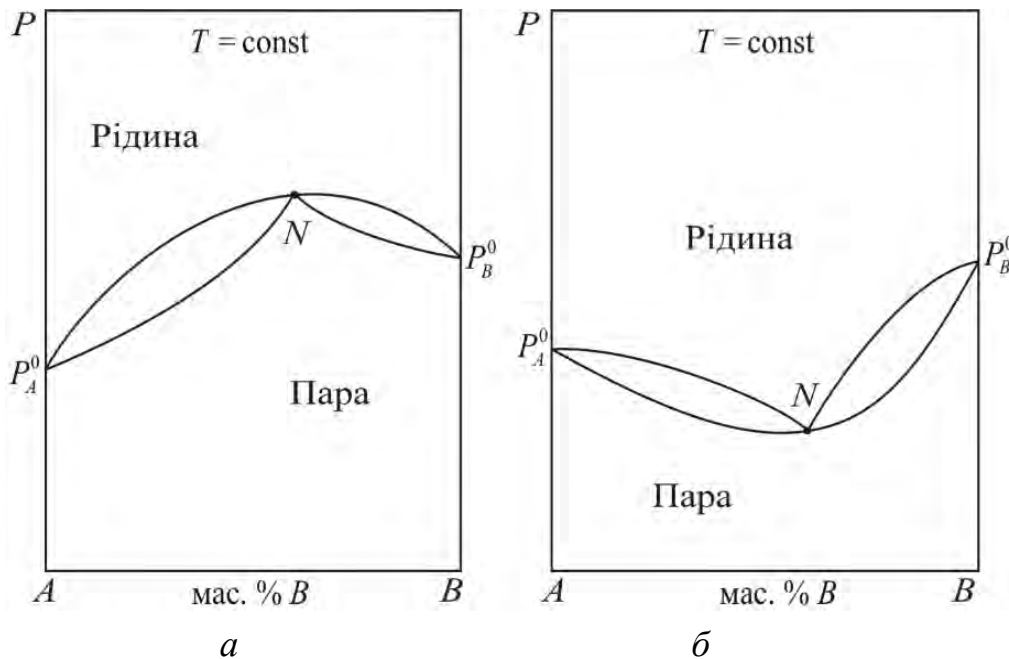


Рисунок 5. Діаграми тиск – склад для систем, з суттєвими додатними (а) та від’ємними (б) відхиленнями від закону Рауля

У таких сумішах проявляється другий закон Коновалова, згідно з яким в точках максимуму і мінімуму на кривих залежності загального тиску пари від складу системи склад рівноважних рідкої і парової фаз однаковий. Такі точки і відповідні суміші називаються азеотропними.

Перегонка летких сумішей різного типу

Перегонка летких сумішей базується на 1 законі Коновалова. Процедура простої перегонки складається з багаторазового повторення трьох стадій: 1) кип'ятінні суміші, 2) відбір пари, 3) конденсація відібраної пари (рис. 6).

Якщо нагріти рідину, позначену точкою M (див. рис. 6а), при температурі, яка відповідає точкам $1p$ і $1n$, отримаємо рівноважну суміш рідини (точка $1p$) і пари (точка $1n$). Якщо охолодити цю суміш, то система повернеться в точку M, але якщо виділити пару (точка $1n$), тобто відібрати її з системи і охолодити, отримаємо рідину (конденсат) того ж складу (точка

2p), кип'ятіння конденсату дасть нову пару (точка 2n). Повторення цієї процедури буде змінювати склад конденсату в напрямку, який позначено стрілкою. Зміна складу рідини, яка залишається в перегінній колбі після відбору пари (кубовий залишок), відповідає протилежному напрямку.

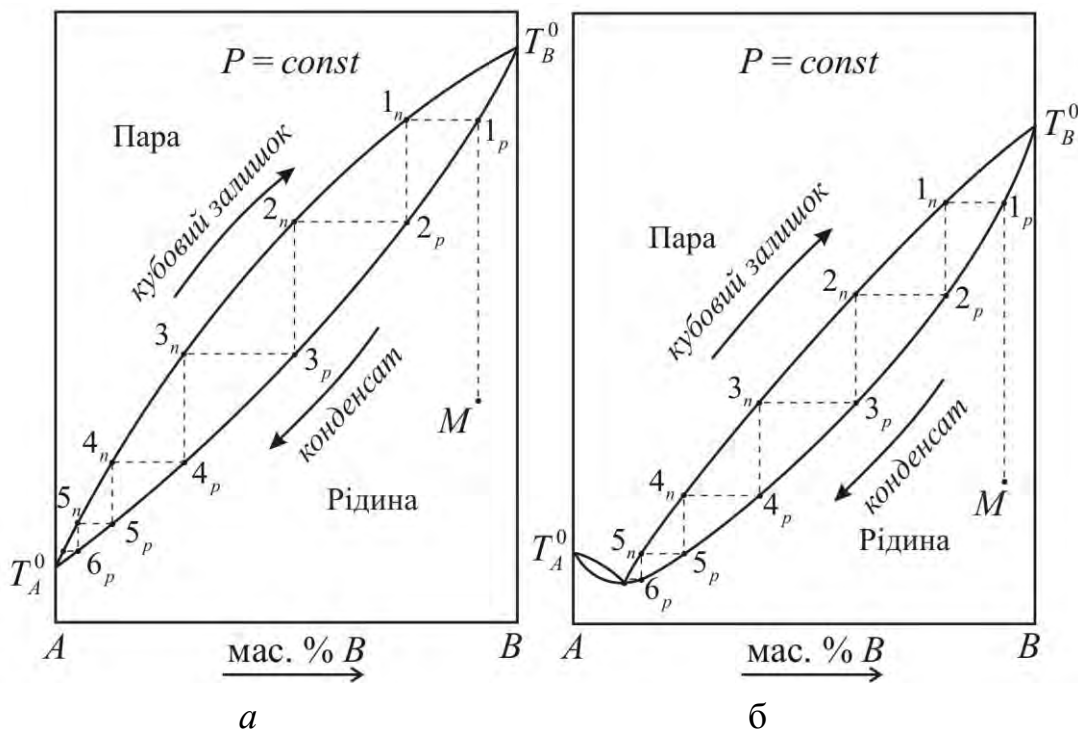


Рисунок 6. Перегонка легких сумішей: а) без істотних відхилень від закону Рауля; б) з істотними відхиленнями від закону Рауля

Залежно від типу легкої суміші (істотні або несуттєві відхилення від закону Рауля), результат перегонки буде різним. Для систем, які не мають істотних відхилень, перегонкою можна розділити суміш на два окремих компонента (A – в конденсаті і B – в кубовому залишку, див. рис. 6а). У разі суміші з істотними відхиленнями простою перегонкою систему можна розділити на окремий компонент і азеотропну суміш (див. рис. 6б). У конденсаті матимемо азеотропну суміш, позначену точкою N , в кубовому залишку – чистий компонент B . В конденсаті завжди отримують компонент або азеотропну суміш, які киплять при більш низькій температурі (мають підвищений тиск рівноважної пари).

3.5 Рівновага рідина – рідина

Всі рідини тією чи іншою мірою розчинні одна в одній. Виходячи з різного характеру розчинності, рідини можна поділити на декілька груп.

1. Рідини, необмежено розчинні одна в одній: метиловий спирт – вода, бензол – хлороформ та ін.

2. Рідини, практично не розчинні одна в одній: бензол – вода, ртуть – вода та ін.

3. Рідини, обмежено взаємно розчинні: фенол – вода, метиловий спирт – гексан та ін.

На обмежену розчинність рідин, крім їх природи, найбільше впливає температура. Цей вплив може бути різним: в одних випадках з підвищенням температури взаємна розчинність збільшується, а в інших – зменшується. Тому розрізняють три типи діаграм температура – склад.

У першому випадку з підвищенням температури взаємна розчинність збільшується, і при деякій температурі спостерігається не-обмежена розчинність рідин одна в одній. Температуру, вище якої рідини необмежено розчиняються одна в одній, називають верхньою критичною температурою (КТР). Прикладом можуть бути системи вода – фенол, вода – анілін та ін, представлені на рис. 7а.

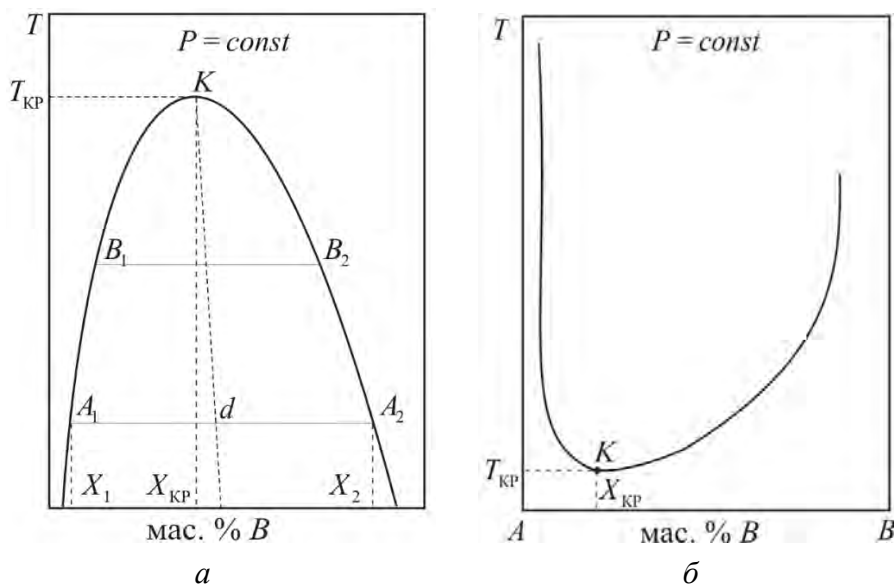


Рисунок 7. Системи з верхньою та нижньою критичними температурами розчинення

В другому випадку підвищення температури зменшує взаємну розчинність, і при зниженні температури взаємна розчинність збільшується. Температуру, нижче якої рідини необмежено розчиняються одна в одній, називають нижньою критичною температурою. Прикладом можуть бути системи: о-колоїдин – вода, триетиламін – вода та ін. (див. рис. 7б).

В областях, що знаходяться всередині кривих розшарування, система гетерогенна і складається з двох шарів розчинів із насичених одна в одній речовин, які знаходяться в рівновазі (співіснуючі фази). Наприклад, для точки d (див. рис. 6 а) при $T = 295$ К система, що складається з 45 % фенолу і 55 % води, розшаровується на дві рівноважні фази A_1 і A_2 складу X_1 і X_2 . Відносні кількості співіснуючих фаз визначають за правилом важеля:

$$\frac{\text{маса фази } A_1}{\text{маса фази } A_2} = \frac{dA_2}{dA_1}.$$

Точку, що відповідає критичній температурі, визначають за методом Алексєєва (правилом прямолінійного діаметра, згідно з яким пряма, що проходить через середини конод, які з'єднують сполучені фази, перетинає криву розшарування в критичній точці K . Для цього проводять серію із кількох конод (горизонтальних прямих), які з'єднують точки, що відповідають співіснуючим фазам. Через середини одержаних відрізків проводять пряму, як це показано на рис. 11. Верхній кінець прямої (точка K) визначає верхню критичну точку (температуру і склад системи, що їй відповідає).

Згідно з правилом Алексєєва, точки розподілу конод навпіл знаходяться на загальній прямій KC (див. рис. 8), що закінчується в критичній точці розчинення K , або середня арифметична величина зі складу рівноважних фаз є лінійною функцією температури – правило прямолінійного діаметра: $\frac{X_1 + X_2}{2} = a \cdot T_{\text{кр}} + b$, де a і b – емпіричні константи. Розв'язавши рівняння для двох температур, можна визначити a і b . Для критичної температури розчину $X_1 = X_2 = X_{\text{кр}}$, і тоді $\frac{2X_{\text{кр}}}{2} = a \cdot T_{\text{кр}} + b$ і $X_{\text{кр}} = a \cdot T_{\text{кр}} + b$. Правило Алексєєва є наближенням і може застосовуватися, якщо склад системи виражається в масових відсотках.

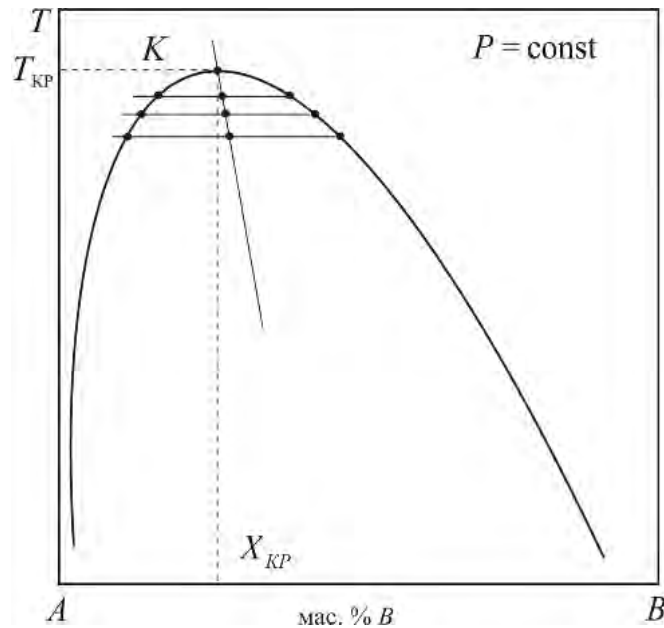


Рисунок 8. Визначення критичної температури за методом Алексєєва

Процес розчинення деякою мірою аналогічний процесу випаровування. При розчиненні, як і при випаровуванні, частинки речовини переходять у суміжну фазу за рахунок теплового руху. При розчиненні однієї рідини в іншій без значної хімічної взаємодії, наприклад, при розчиненні двох близьких між собою вуглеводнів, для переходу молекул у суміжну фазу майже не потрібно витрати енергії. В цьому випадку для досягнення змішування компонентів достатньо теплового руху (з точки зору термодинаміки – ентропійного фактору). Такі рідини необмежено розчиняються одна в одній (підпорядковуються закону Рауля). Діаграми з обмеженою розчинністю спостерігаються для систем зі значними відхиленнями від закону Рауля. Якщо додатні / від’ємні відхилення від закону Рауля великі і перевищують деяку критичну величину, то виникає нове явище – розшарування розчину на дві рідкі фази різного складу, які не змішуються (обмежена взаємна розчинність рідин).

Розберемося, чому вплив температури на взаємну розчинність буває різним. Якщо при утворенні розчину молекули різного сорту (A і B) взаємодіють між собою з меншою силою, ніж молекули одного сорту (A і A), це викличе додатні відхилення від закону Рауля (молекул у парі виявиться більше, ніж ми очікуємо), а утворення такого розчину буде проходити з поглинанням теплоти, тобто розчин буде нагріватися. Пояснення цьому

таке: при утворенні розчину перш ніж різнорідні молекули (молекули розчинника і розчиненої речовини) почнуть взаємодіяти між собою, потрібно розірвати зв'язки між однорідними молекулами. І якщо однорідні молекули зв'язані більш сильно, ніж різнорідні, то щоб розірвати їх, потрібно затратити більше енергії, ніж її виділиться при подальшій взаємодії різнорідних молекул. Тобто сумарний тепловий ефект утворення розчину буде ендотермічним ($\Delta H > 0$), а за принципом Ле Шательє підвищення температури для таких систем буде збільшувати взаємну розчинність таких систем, що призведе до появи верхньої КТР.

Тобто наявність верхньої або нижньої КТР залежить від знаку зміни ентальпії утворення розчину. Якщо, наприклад, $\Delta H < 0$, то, відповідно до принципу Ле Шательє, розчинність буде збільшуватися зі зниженням температури і система буде характеризуватися нижньою КТР.

3.2 Колоквіум «Гетерогенні рівноваги»

Варіант 1.

1. Маса фаз, які знаходяться в рівновазі, на діаграмі стану визначаються

- а) за допомогою перпендикулярів, які опущені на вісь складу;
- б) за правилом важеля;
- в) за правилом ле Шательє;
- г) за правилом фаз Гіббса.

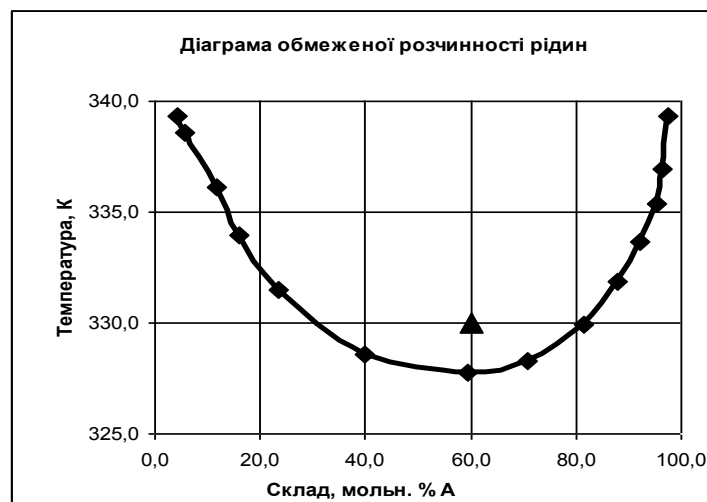
2. Число ступенів свободи (c) в однокомпонентній системі в потрібній точці дорівнює

- а) 3; б) 2; в) 1; г) 0.

3. Насиченою парою називається

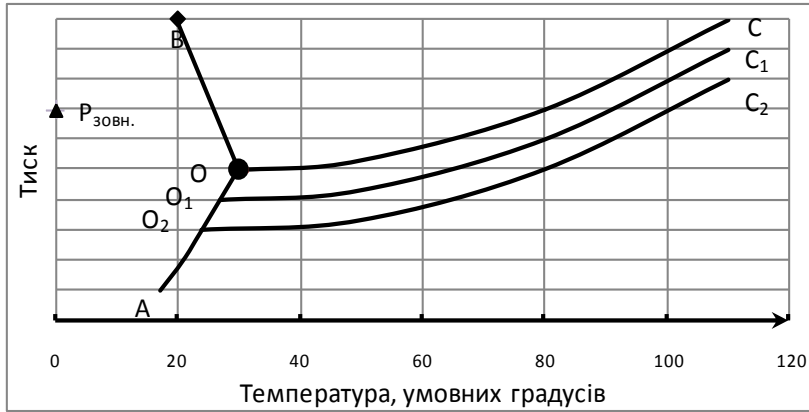
А пара, у якої більше не може утворюватися рідини; Б пара, що перебуває в рівновазі з рідиною; В пара, у якої починають з'являтися перші краплі рідини; Г пара, що знаходиться над рідиною.

4. В точці, що позначена трикутником, система містить



- а) два насичених розчина: з вмістом А 30% і з вмістом А 81%;
- б) насичений розчин А в з вмістом В 60%;
- в) два насичених розчина: А в В з вмістом В 30% і В в А з вмістом А 81%;
- г) насичений розчин А в В з вмістом А 60%.

5. При зовнішньому тиску, що позначений на вісі трикутником,



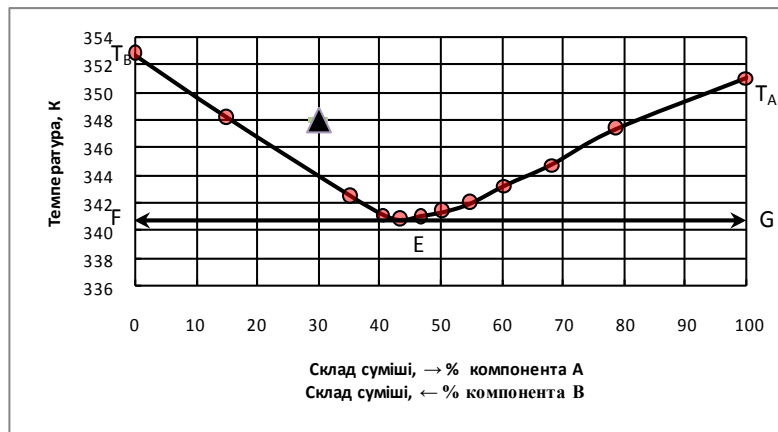
Стилізована діаграма стану води і її нелетких розчинів

- а) чиста вода закипить при температурі 100 умовних градусів;
- б) чиста вода закипить при температурі 90 умовних градусів;
- в) чиста вода закипить при температурі 80 умовних градусів;
- г) при цьому тиску вода не може кипіти.

6. Склад трикомпонентної системи згідно з методом Розебома визначається за допомогою

- а) висоти рівнобічного трикутника;
- б) бісектриси рівнобічного трикутника;
- в) медіани рівнобічного трикутника;
- г) сторони рівнобічного трикутника.

7. В точці, що позначена трикутником, система містить

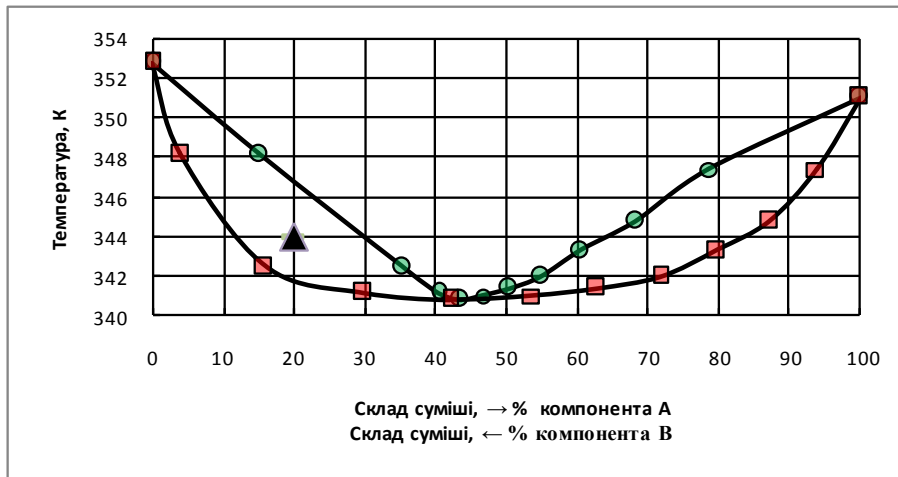


- а) один компонент і одну фазу;
- б) два компоненти і дві фази;
- в) два компоненти і дві фази;
- г) два компоненти і одну фазу.

8. Температура плавлення речовини з ростом тиску

- а) росте; б) падає; в) не міняється;
- г) може рости, може падати.

9. Скільки фаз і компонентів в точці на діаграмі, яка містить 10% компоненту А при $T = 348\text{ K}$?



Діаграма перегонки легкої суміші при $P = \text{const}$

- а) один компонент і дві фази; б) два компоненти і одну фазу;
- в) два компоненти і дві фази; г) один компонент і одну фазу.

10. Умови ефективного проведення екстракції речовини

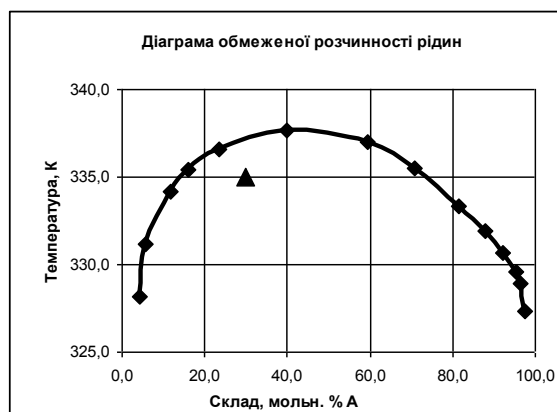
- а) Коефіцієнт розподілу K сильно відрізняється від 1, і екстракція здійснюється одноразово великим об'ємом;
- б) $K = 1$, і екстракція здійснюється одноразово великим об'ємом екстрагента;
- в) $K = 1$, і екстракція здійснюється багаторазово невеликими об'ємами екстрагента;
- г) K сильно відрізняється від 1, і екстракція здійснюється багаторазово невеликими об'ємами.

Варіант 2.

1. Щоб знизити температуру кипіння розчину нелеткої речовини, необхідно

- а) підвищити тиск, додати розчинник;
- б) підвищити тиск, додати розчинник, що не змішується;
- в) знизити тиск, додати розчинник;
- г) знизити тиск, додати розчинник, що не змішується.

2. На наведеній діаграмі ВКТР відповідають координати

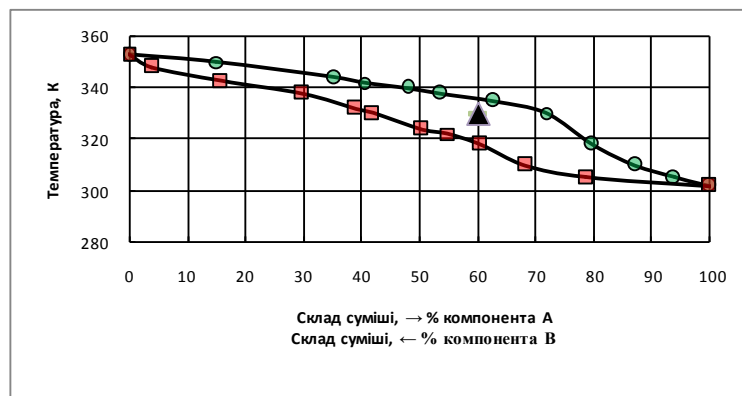


- а) таких точок на діаграмі 14;
- б) $T = 337,5$ К; 40% компонента А;
- в) $T = 337,5$ К; 60% компонента А;
- г) $T = 335,0$ К; 30% компонента А.

3. Число ступенів свободи (c) в однокомпонентній системі на лінії дорівнює

- а) 3; б) 2; в) 1; г) 0.

4. На діаграмі в точці, що позначена трикутником, склад пари відповідає вмісту



Діаграма перегонки леткої суміші при $P = \text{const}$

- а) 72% компонента А і 28% компонента В;
- б) 60% компонента А і 40% компонента В;
- в) 40% компонента А і 60% компонента В;
- г) 72% компонента В і 28% компонента А.

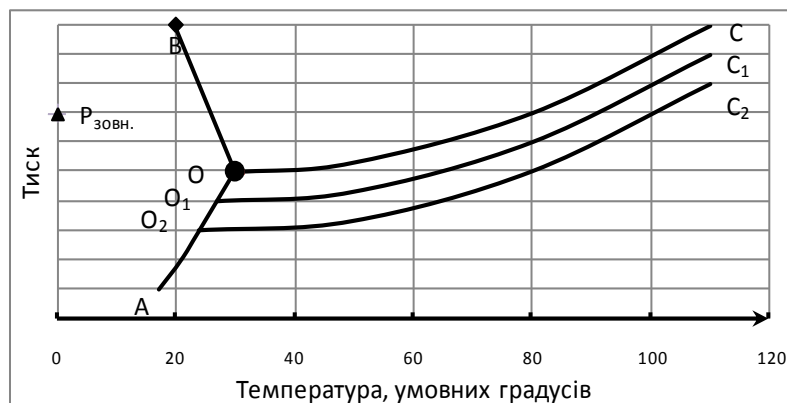
5. Співвідношення тиску насиченої пари водних розчинів глюкози (p_1) і нітрату калію (p_2) при однаковій температурі та однаковій концентрації:

а) $p_1 = p_2$; б) $p_1 < p_2$; в) $p_1 > p_2$; г) ніякого зв'язку немає.

6. При зміні кількості третього компоненту коефіцієнт розподілу

а) збільшиться; б) зменшиться; в) не зміниться;
г) може збільшитися, може зменшитися.

7. При зовнішньому тиску, що позначений на вісі трикутником,



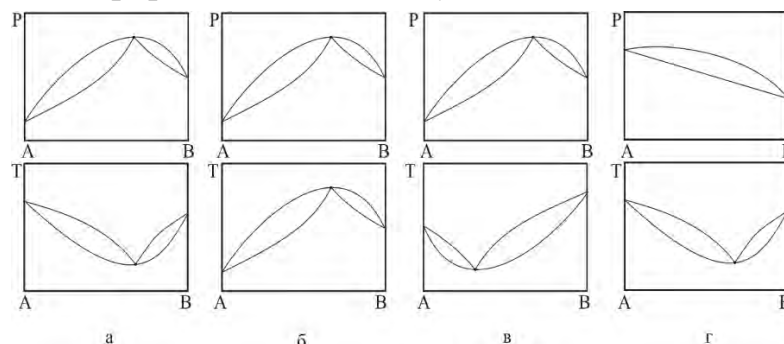
Стилізована діаграма стану води і її нелетких розчинів

а) чиста вода закипить при температурі 100 умовних градусів;
б) чиста вода закипить при температурі 90 умовних градусів;
в) чиста вода закипить при температурі 80 умовних градусів;
г) при цьому тиску вода не може кипіти.

8. При якій температурі закипить водний розчин цукру ($E_{H_2O} = 0,52$), якщо він замерзає при $T = 276,72 \text{ K}$ ($K_{H_2O} = 1,86$)?

а) $99,48 \text{ }^\circ\text{C}$; б) $100,52 \text{ }^\circ\text{C}$; в) $101,04 \text{ }^\circ\text{C}$; г) $100 \text{ }^\circ\text{C}$.

9. Графічна інтерпретація 2-го закону Коновалова має вигляд:



а) а; б) б; в) в; г) г.

10. Температура плавлення речовини зі зменшенням p

- а) росте; б) падає; в) не змінюється;
г) може рости, може падати.

Варіант 3.

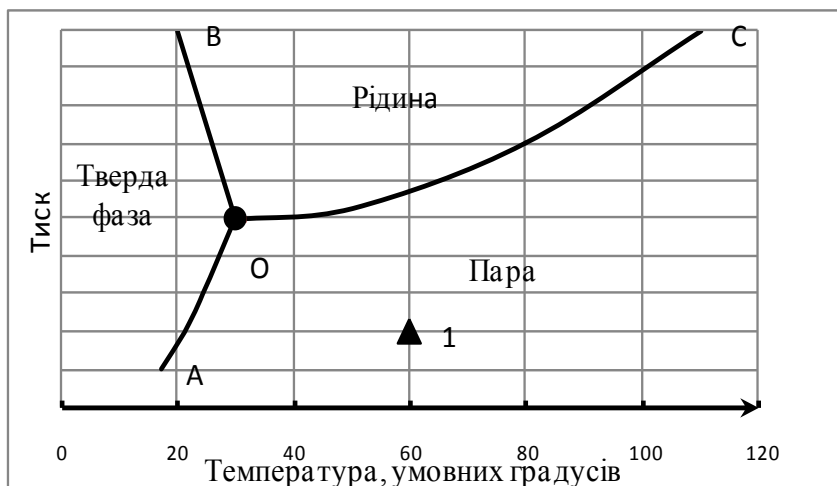
1. В якому співвідношенні знаходяться температури кипіння водних розчинів речовин FeSO_4 та $\text{Al}(\text{OH})_3$ при атмосферному тиску, якщо ступені дисоціації в них однакові

- а) $T_{\text{к FeSO}_4} > T_{\text{к Al}(\text{OH})_3}$; б) $T_{\text{к FeSO}_4} < T_{\text{к Al}(\text{OH})_3}$;
в) $T_{\text{к FeSO}_4} = T_{\text{к Al}(\text{OH})_3}$; г) не вистачає даних.

2. Температура кипіння речовини – це

- а) температура, при якій тиск молекул рідини дорівнює тиску молекул пари;
б) температура, при якій тиск насиченої пари дорівнює зовнішньому тиску;
в) температура, що дорівнює $100\text{ }^\circ\text{C}$;
г) температура, при якій енергія молекул рідини менше енергії молекул пари.

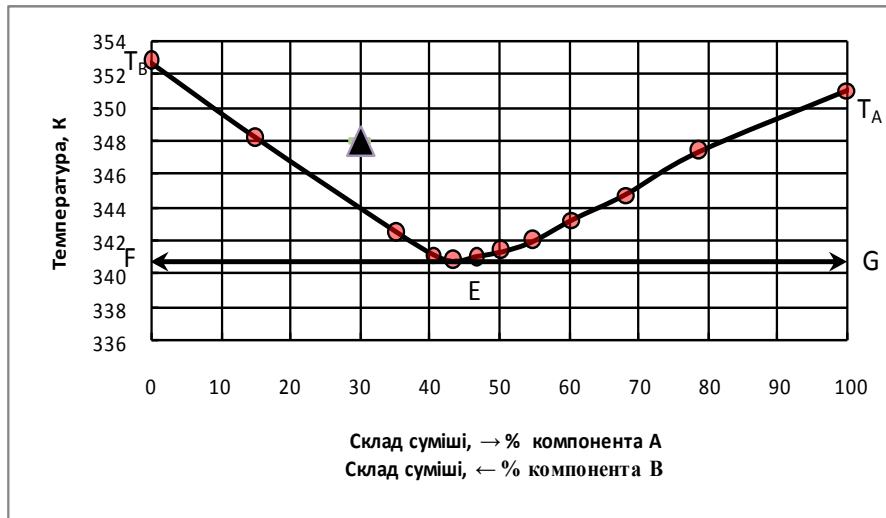
3. В точці 1, що позначена трикутником, система має



Стилізована діаграма стану води

- а) одну ступінь свободи; б) дві ступені свободи;
в) три ступені свободи; г) не має ступенів свободи.

4. При охолодженні системи з точки, позначеної трикутником, розплав



Діаграма плавкості системи з евтектикою при $P = \text{const}$

- а) почне кристалізуватися при температурі 348 К, а закінчить при 344 К;
- б) почне кристалізуватися при температурі 344 К, а закінчить при 340,8 К;
- в) почне кристалізуватися при температурі 348 К, а закінчить при 340,8 К;
- г) почне і закінчить кристалізуватися при температурі 344 К.

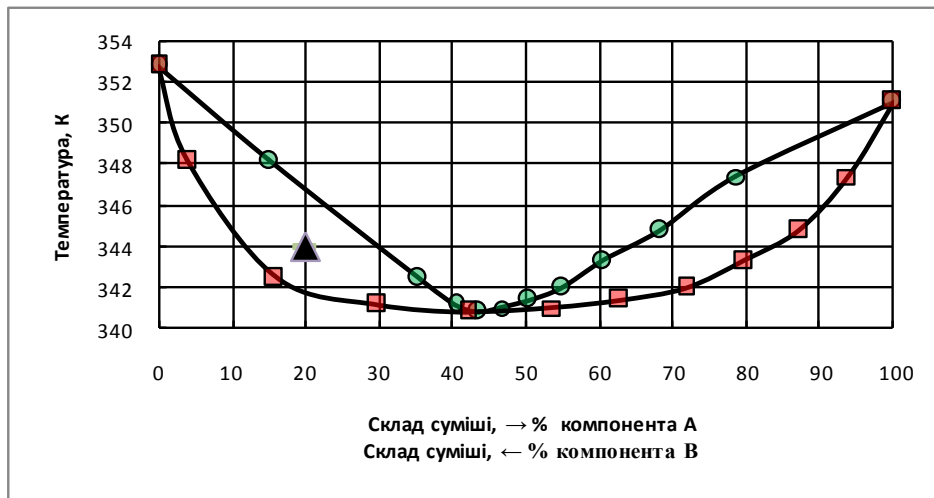
5. Коефіцієнт розподілу – це

- а) відношення концентрації третьої речовини у двох розчинах, що не змішуються;
- б) відношення концентрацій двох рідин, насичених третім компонентом;
- в) постійна величина, що характеризує розчинність третього компоненту у двох рідинах, що не змішуються;
- г) розподіл третьої речовини між двома розчинниками

6. Тиск насиченої пари від температури залежить наступним чином

- а) росте;
- в) може рости, а може і падати;
- в) падає;
- г) не змінюється.

7. В точці, що позначена трикутником, склад пари відповідає вмісту компонентів



Діаграма перегонки леткої суміші при $P = \text{const}$

- а) 20% А і 80% В ; б) 12% А і 88% В;
 в) 30% А і 70% В ; г) 30% В і 70% А.

8. Співвідношення температур кипіння водних розчинів KNO_3 (1) та CuSO_4 (2) з однаковою ступінню дисоціації

- а) $T_1 > T_2$; б) $T_2 > T_1$; в) $T_1 = T_2$;
 г) даних для відповіді недостатньо.

9. Правило фаз Гіббса для однокомпонентної системи має вигляд:

- а) $c = k - \phi - 2$; б) $c = 3 + \phi$;
 в) $c = k - \phi + 2$; г) $c = 3 - \phi$.

10. Гомогенна частина системи – це

- а) ступінь свободи; б) компонент;
 в) фаза; г) складова частина.

Варіант 4.

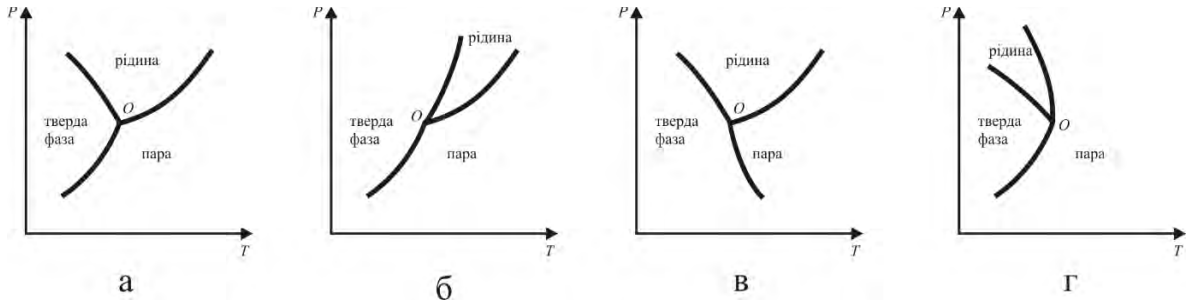
1. В якому співвідношенні знаходяться температури кипіння водних розчинів речовин KCl та $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ при атмосферному тиску, якщо ступені дисоціації в них однакові

- а) $T_{\text{к KCl}} > T_{\text{к Cu}(\text{NO}_3)_2}$; б) $T_{\text{к KCl}} < T_{\text{к Cu}(\text{NO}_3)_2}$;
 в) $T_{\text{к KCl}} = T_{\text{к Cu}(\text{NO}_3)_2}$; г) не знаю.

2. Число ступенів свободи (c) однокомпонентної системи, що містить рідку і тверду фази в стані рівноваги, дорівнює

- а) 1; б) 2; в) 3; г) 0.

3. Діаграма стану води в координатах $p - T$ має вигляд:

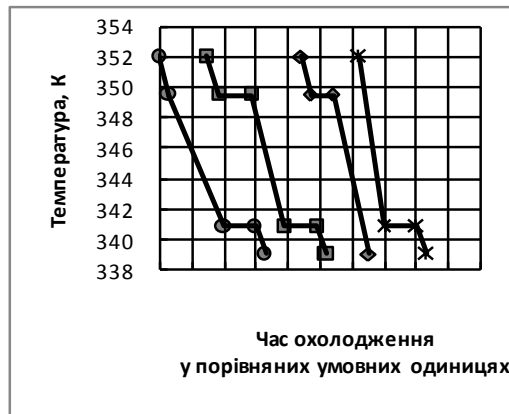
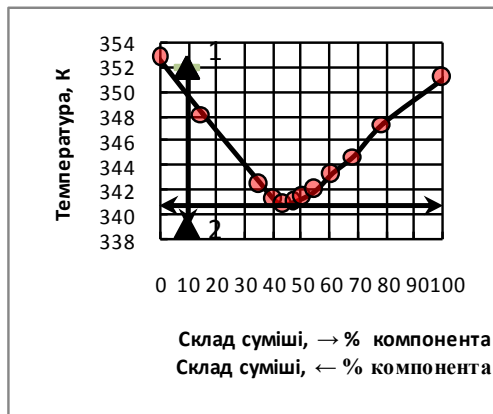


- а) а; б) б; в) в; г) г.

4. Загальна термодинамічна умова фазової рівноваги має вигляд:

- а) $\Delta G = 0$; б) $\Delta G = -S dT + VdP + \sum \mu_i dn_i$.
в) $\mu_i(\alpha) = \mu_i(\beta)$; г) $\mu_i = \mu_i^0 + RT \ln P_i$;

5. Процесу охолодження компонента А системи відповідає крива охолодження, що позначена



Діаграма плавкості системи з евтектикою при $P = \text{const}$ та криві охолодження

- а) кружальцями; б) квадратиками;
в) ромбиками; г) зірочками.

6. Скільки параметрів рівноважної двофазної однокомпонентної системи можна незалежно міняти, не змінюючи кількості фаз?

- а) 2; б) 0; в) 1; г) 3.

7. При якій температурі закипить 10 М розчин цукру в воді, $E_{H_2O} = 0,52$?

- а) 99,48 °С; б) 100,52 °С; в) 105,2 °С; г) 100 °С.

8. Якщо змінити кількість 3-го компоненту, то в законі розподілу

а) C_1 і C_2 збільшаться, а коефіцієнт розподілу (K) залишиться незмінним;

б) C_1 і C_2 зменшаться, а коефіцієнт розподілу (K) залишиться незмінним;

в) всі величини, які входять до рівняння, залишаються незмінними;

г) C_1 і C_2 збільшаться, а коефіцієнт розподілу може збільшитися, а може і зменшитися в залежності від природи реагуючих речовин.

9. Азеотропна точка на діаграмі перегонки двокомпонентної системи характеризується

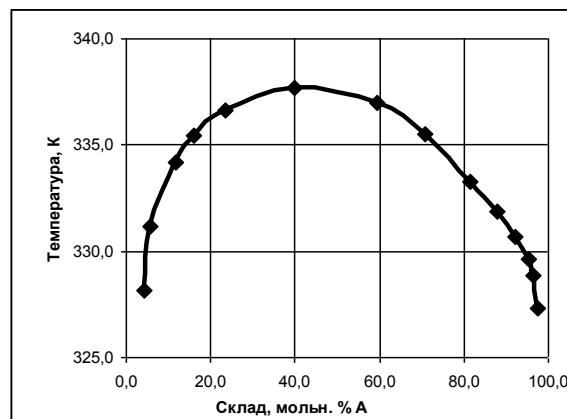
а) однаковою концентрацією двох компонентів;

б) максимумом ступенів свободи;

в) однаковим складом рідкої і газоподібної фаз;

г) наявністю тільки рідкої фази.

10. Представлена діаграма ϵ



а) діаграмою обмеженої розчинності рідин з верхньою критичною температурою;

б) діаграмою необмеженої розчинності рідин;

в) діаграмою необмеженої розчинності в твердому стані;

г) діаграмою обмеженої розчинності рідин з нижньою критичною температурою.

Варіант 5.

1. Фазою ми називаємо

а) термодинамічний стан речовини;

б) гомогенну частину системи з однаковими фізичними, хімічними та термодинамічними властивостями, відділену від інших частин поверхнею розділу;

в) агрегатний стан речовини;

г) гетерогенну частину системи з однаковими фізичними, хімічними та термодинамічними властивостями, відділену від інших частин системи поверхнею розділу.

2. Правило фаз Гіббса для систем, на які впливає тільки тиск і температура, має вигляд:

а) $c = k - \phi - 2$; б) $c = k + \phi + 1$;

в) $c = k - \phi + 2$; г) $c = k - \phi + n$.

3. Умови, при яких кристалізується речовина, наступні:

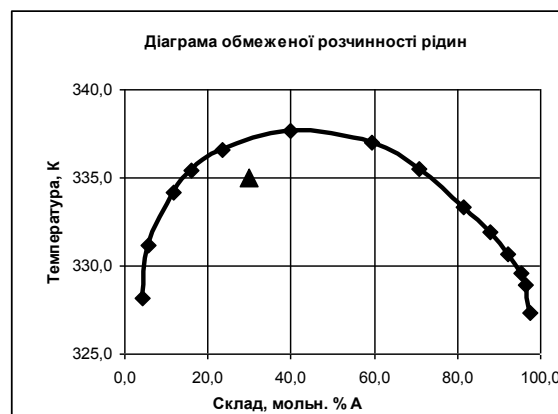
а) коли температура досягне $0\text{ }^{\circ}\text{C}$;

б) коли тиск насиченої пари над рідиною буде такий, як і над твердою речовиною;

в) коли тиск насиченої пари над рідиною дорівнює зовнішньому тиску;

г) це залежить від речовини.

4. Область діаграми, де розташована точка, позначена трикутником, є



а) двокомпонентною, гомогенною, однофазною;

б) однокомпонентною, гомогенною, однофазною;

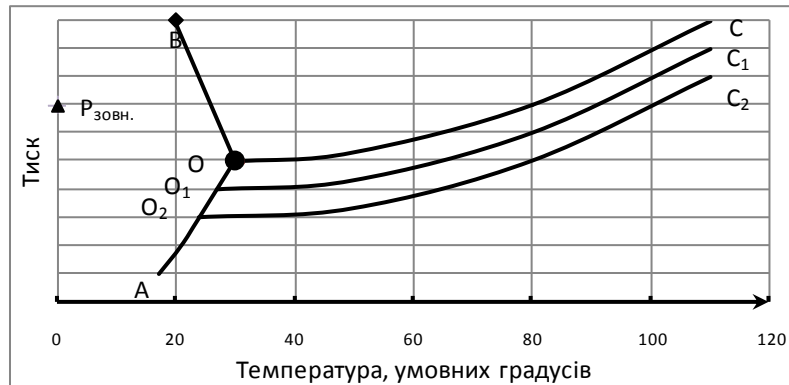
в) двокомпонентною, гетерогенною, двофазною;

г) однокомпонентною, гетерогенною, двофазною.

5. В якому співвідношенні знаходяться температури кипіння водних розчинів речовин FeSO_4 та $\text{Al}(\text{OH})_3$ при атмосферному тиску, якщо ступені дисоціації в них однакові

- а) $T_{\text{к FeSO}_4} > T_{\text{к Al(OH)}_3}$; б) $T_{\text{к FeSO}_4} < T_{\text{к Al(OH)}_3}$;
 в) $T_{\text{к FeSO}_4} = T_{\text{к Al(OH)}_3}$; г) не вистачає даних.

6. При зовнішньому тиску, що позначений на вісі діаграми трикутником,



- а) розчин з меншою концентрацією закипить при температурі 110 умовних градусів;
 б) розчин з меншою концентрацією закипить при температурі 90 умовних градусів;
 в) розчин з меншою концентрацією закипить при температурі 100 умовних градусів;
 г) при цьому тиску розчин з меншою концентрацією не може кипіти.

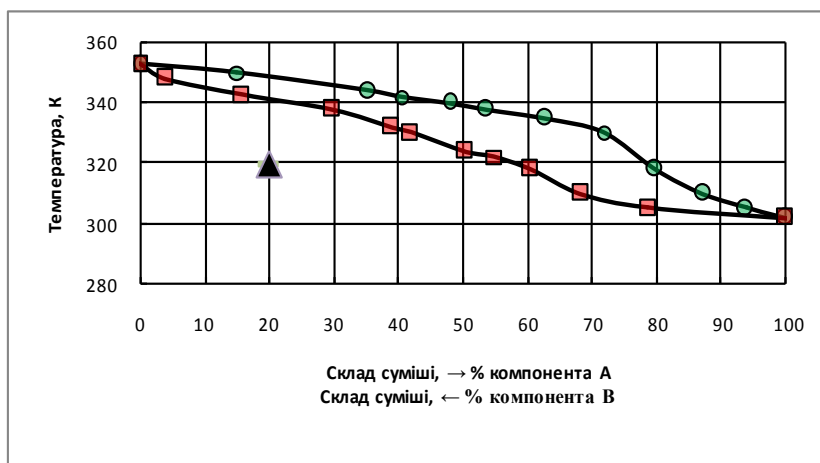
7. Коефіцієнт розподілу при постійній T залежить

- а) від концентрації розчиненої речовини;
 б) від кількості екстрагента;
 в) від природи всіх трьох речовин;
 г) від кількості вихідного розчину.

8. При якій температурі закипить розчин нафталіну в бензолі (для бензолу $E = 2,6$), якщо він замерзає при $t = 0,38$ °C (для бензолу $K = 5,12$)? Температури кипіння і замерзання бензолу, відповідно: 80,1 °C та 5,5 °C.

- а) 80,1 °C; б) 82,6 °C; в) 85,22 °C; г) 85,3 °C

9. При нагріванні системи, позначеної трикутником, летка суміш



Діаграма перегонки леткої суміші при $P=\text{const}$

а) закипить при температурі 320 К, у першій бульбашці пари буде 78% компонента А;

б) закипить при температурі 320 К, у першій бульбашці пари буде 78% компонента В;

в) закипить при температурі 341 К, у першій бульбашці пари буде 20% компонента А;

г) закипить при температурі 341 К, у першій бульбашці пари буде 45% компонента А.

10. Простою перегонкою можна розділити суміш на два чистих компоненти, якщо

а) температури кипіння обох компонентів мало відрізняються одна від одної;

б) температури кипіння обох компонентів сильно відрізняються одна від одної;

в) обидва компоненти є леткими речовинами;

г) на діаграмі перегонки немає азеотропної точки.

Варіант 6.

1. При виборі розчинника для здійснення оптимальної екстракції розчиненої речовини з водного розчину треба враховувати, що

а) він повинен добре змішуватися з водою, а речовина, яку екстрагують, повинна розчинятися в ньому краще, ніж у воді;

б) він не повинен змішуватися з водою, а розчинність речовини, яку екстрагують, повинна в ньому бути більша, ніж у воді;

в) він повинен змішуватися з водою й розчинність речовини, яку екстрагують, повинна в ньому бути більша, ніж у воді;

г) він не повинен змішуватися з водою й розчинність речовини, яку екстрагують, повинна в ньому бути менша, ніж у воді

2. Рідина закипає

а) коли температура досягне 100 °С;

б) коли тиск насиченої пари над рідиною буде такий, як і над паром;

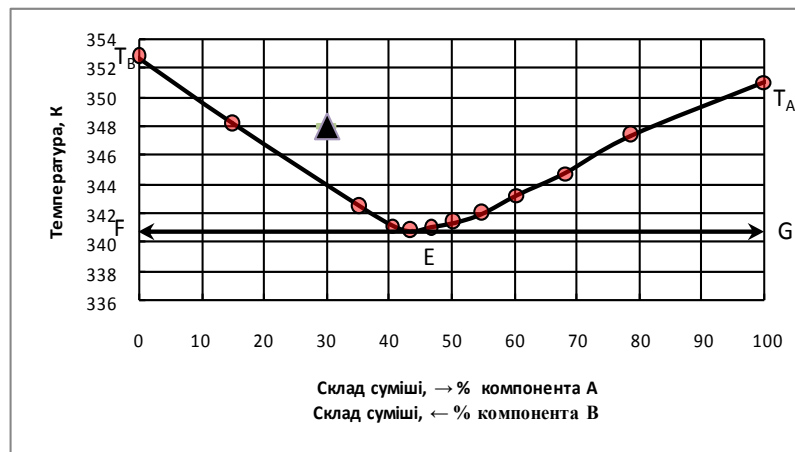
в) коли тиск насиченої пари над рідиною дорівнює зовнішньому тиску;

г) це залежить від речовини.

3. Варіантність системи в потрійній точці на діаграмі стану однокомпонентної системи дорівнює

а) 1; б) 2; в) 3; г) 0.

4. В точці, що позначена трикутником, система містить



Діаграма плавкості системи з евтектикою при $P = \text{const}$

а) один компонент і одну фазу;

б) один компонент і дві фази;

в) два компоненти і дві фази;

г) два компоненти і одну фазу;

д) два компоненти і три фази.

5. Рівняння Шредера визначає

а) залежність тиску пари від температури;

б) залежність розчинності твердої речовини від T ;

в) залежність тиску пари від складу системи;

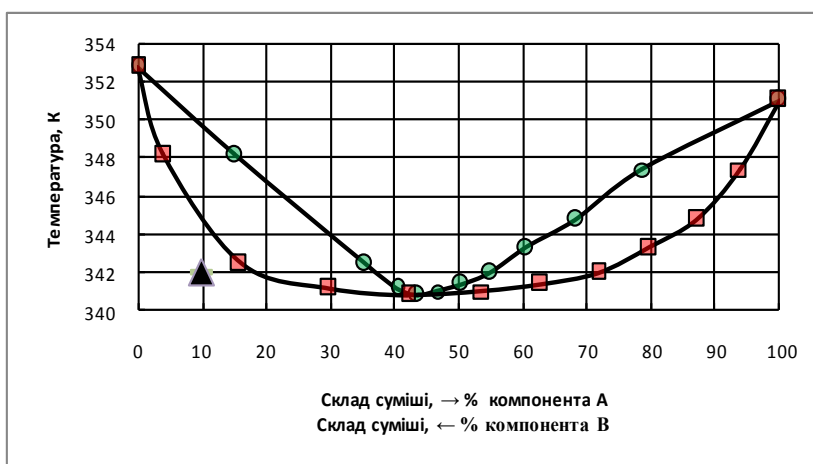
г) залежність константи рівноваги від тиску.

6. Математичний запис термодинамічної умови рівноваги в багатокомпонентній системі при постійних p і T має вигляд:

а) $\Delta G = 0$; б) $dG = -S dT + V dp + \sum \mu_i dn_i$;

в) $\sum \mu_i dn_i = 0$; г) $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$.

7. В результаті перегонки системи, позначеної на рисунку трикутником,



Діаграма перегонки леткої суміші при $P = \text{const}$

а) летка суміш розділиться на окремі чисті компоненти;

б) конденсат буде складатися із чистого компонента А, а кубовий залишок відповідатиме складу азеотропу;

в) конденсат буде складатися з чистого компонента В, а кубовий залишок відповідатиме складу азеотропу;

г) конденсат відповідатиме складу азеотропу, а кубовий залишок буде складатися із чистого компонента В;

д) конденсат відповідатиме складу азеотропу, а кубовий залишок буде складатися із чистого компонента А.

8. Згідно з першим законом Коновалова

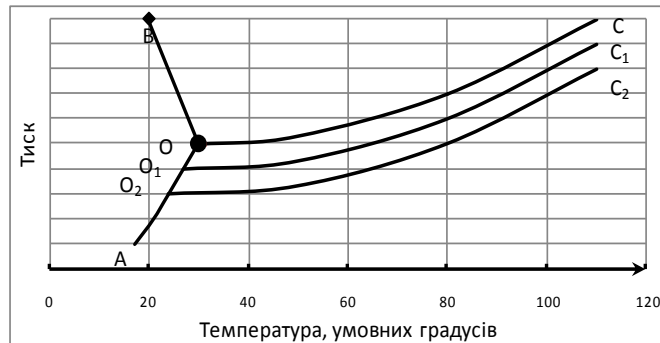
а) склад пари залежить від складу рідини;

б) склад пари і рівноважної з ним рідини однаковий;

в) склад пари в порівнянні з рівноважною рідиною збагачений менш летким компонентом;

г) склад пари в порівнянні з рівноважною рідиною збагачений більш летким компонентом.

9. За даними стилізованої діаграми стану чиста вода у відкритій посудині замерзне при температурі



- а) 30 умовних градусів;
- б) 27 умовних градусів;
- в) 24 умовних градусів;
- г) для відповіді треба знати зовнішній тиск.

10. При якій температурі закипить водний розчин NaCl, якщо водний розчин цукру цієї ж концентрації закипає при $T = 100,52\text{ }^\circ\text{C}$ ($E_{\text{H}_2\text{O}} = 0,52$)?

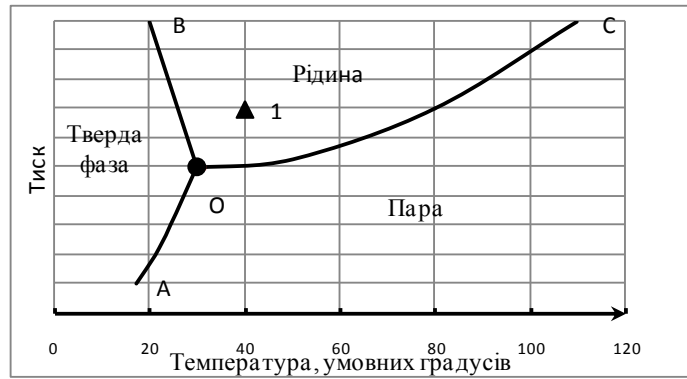
- А 99,48 °С; а) 100,52 °С; а) 100 °С; г) 0 °С.

Варіант 7.

1. Що можна сказати про T кипіння розчинів нелетких компонентів у порівнянні з температурою кипіння чистого розчинника?

- а) завжди вища;
- б) може бути нижча і вища в залежності від величини ебуліоскопічної сталої;
- в) завжди нижча;
- г) може бути вища або нижча в залежності від природи розчинника.

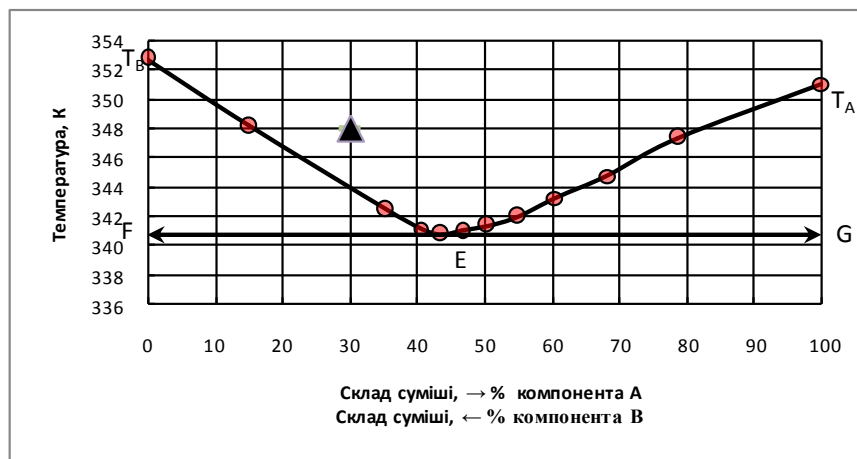
2. В точці 1, що позначена на діаграмі трикутником, система містить



Стилізована діаграма стану води

- а) один компонент і одну фазу;
- б) один компонент і дві фази;
- в) два компоненти і дві фази;
- г) один компонент і три фази.

3. На діаграмі, в точці, позначеній трикутником, склад рідини ($T = 342\text{ K}$)



Діаграма плавкості системи з евтектикою при $P = \text{const}$

- а) 30% А; б) 44% А; в) 37% В; г) 37% А.

4. Практичне використання закону розподілу:

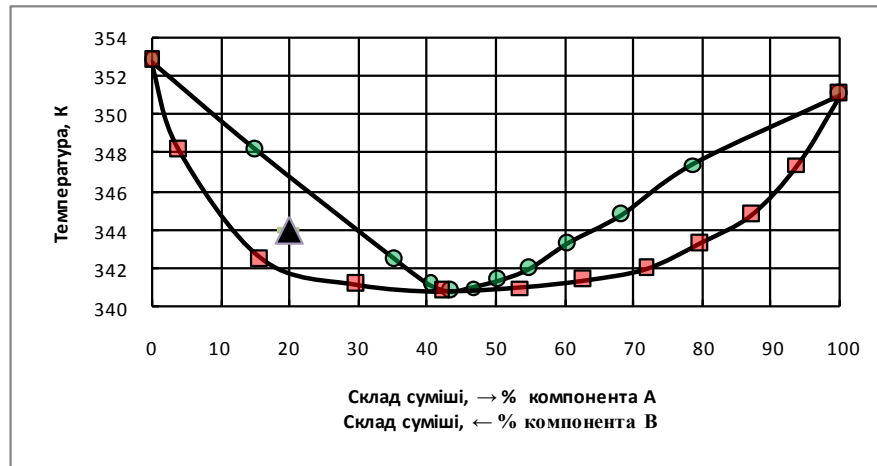
- а) ефективна екстракція речовини;
- б) ефективне розчинення речовини;
- в) ефективний розподіл речовини;
- г) ефективна кристалізація речовини.

5. Повний розділ бінарної суміші шляхом перегонки неможливий

- а) при додатному відхиленні від закону Рауля;

- б) при від'ємному відхиленні від закону Рауля;
- в) при наявності азеотропної точки;
- г) якщо компоненти мають близькі температури кипіння.

6. В точці, що позначена трикутником, система містить



Діаграма перегонки легкої суміші при $P = \text{const}$

- а) один компонент і дві фази; б) два компоненти і одну фазу;
- в) ва компоненти і дві фази; г) один компонент і одну фазу.

7. Перегонка з водяною парою використовується

- а) коли переганяють летку органічну речовину;
- б) коли переганяють стійку органічну речовину;
- в) коли переганяють нелетку органічну речовину;
- г) коли переганяють нестійку органічну речовину.

8. В якому співвідношенні знаходяться температури кипіння водних розчинів речовин NaCl та CuCl_2 при атмосферному тиску, якщо ступені дисоціації в них однакові

- а) $T_{\text{к NaCl}} > T_{\text{к CuCl}_2}$; б) $T_{\text{к NaCl}} < T_{\text{к CuCl}_2}$;
- в) $T_{\text{к NaCl}} = T_{\text{к CuCl}_2}$; г) не вистачає даних.

9. Залежність підвищення температури кипіння розчину від концентрації ($\Delta T_{\text{кип}}$) у порівнянні з чистим розчинником має вигляд:

- а) $\Delta T_{\text{кип}} = E m$; б) $\Delta T_{\text{кип}} = p_i^0 \cdot N_i$;
- в) $\Delta T_{\text{кип}} = \mu_i^0 + RT \ln p_i$; г) $\Delta T_{\text{кип}} = C_1/C_2$.

10. Визначити температуру кипіння 10%-го розчину нафталіну C_{10}H_8 в бензолі. Температура кипіння бензолу $t = 80,2$ °С. Ебуліоскопічна константа бензолу $2,57$ °С·кг/моль.

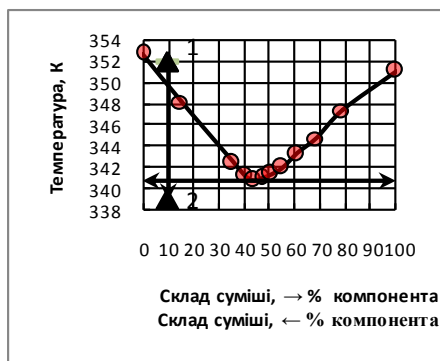
- а) 81,25 °С; б) 79,97 °С;
 в) 82,43 °С; г) 82,77 °С.

Варіант 8.

1. Екстракція неефективна при значенні коефіцієнта розподілу K :

- а) $K \gg 1$; б) $K \ll 1$;
 в) $K \approx 1$; г) у кожному конкретному випадку своє значення K .

2. Процесу охолодження системи від точки 1 до точки 2, який показано на діаграмі плавкості лінією з трикутниками, відповідає крива охолодження, що позначена



Діаграма плавкості системи з евтектикою при $P = \text{const}$ та криві охолодження

- а) перша; б) друга; в) третя; г) четверта.

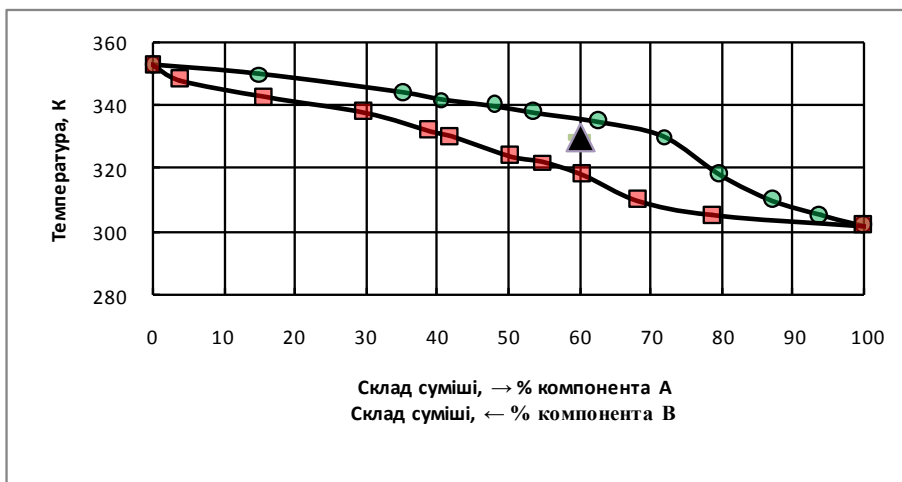
3. Азеотропна суміш – це

- а) суміш пари з рідиною;
 б) суміш, у якої склад пари і рідини дорівнює 50%;
 в) суміш з однаковим складом пари і рідини;
 г) суміш, у якої склад пари збагачений більш летким компонентом.

4. В якому співвідношенні знаходяться температури кипіння водних розчинів речовин FeCl_3 та CuCl_2 при атмосферному тиску, якщо ступені дисоціації в них однакові

- а) $T_{\text{к FeCl}_3} > T_{\text{к CuCl}_2}$; б) $T_{\text{к FeCl}_3} < T_{\text{к CuCl}_2}$;
 в) $T_{\text{к FeCl}_3} = T_{\text{к CuCl}_2}$; г) не вистачає даних.

5. В точці, що позначена трикутником, склад пари відповідає вмісту



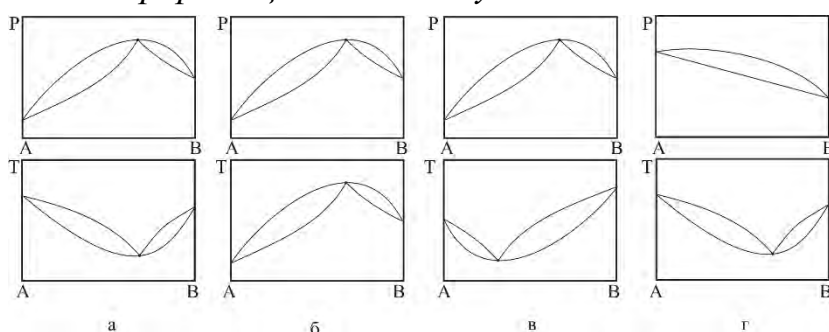
Діаграма перегонки леткої суміші при $P=\text{const}$

- а) 72% компонента А і 28% компонента В;
- б) 72% компонента В і 28% компонента А;
- в) 60% компонента А і 40% компонента В;
- г) 40% компонента А і 60% компонента В.

6. Способи визначення молекулярної маси розчиненої речовини

- а) на підставі виміру показника заломлення розчинника і розчину;
- б) на підставі виміру температури замерзання розчину і розчинника;
- в) на підставі виміру діелектричної проникності розчину і розчинника;
- г) на підставі виміру розподілу третьої речовини між двома розчинами, що не змішуються.

7. Графічна інтерпретація 2-го закону Коновалова має вигляд:



- а) а б) б; в) в Г г.

8. За допомогою рівняння Шредера на діаграмі плавкості можна визначити

- а) криву солідусу; б) криву ліквідусу;
- в) азеотропну точку; г) фігуративну точку.

9. Визначити відсоткову концентрацію водного розчину глюкози $C_6H_{12}O_6$, якщо цей розчин кипить при $101,04\text{ }^\circ\text{C}$. Ебуліоскопічна константа води $0,52\text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{кг/моль}$.

а) 24,5%; б) 2,45%; в) 0,245%; г) 2%.

10. Залежність розчинності твердої речовини від температури при утворенні ідеального розплаву визначається рівнянням

а) Гіббса; б) Рауля; в) Коновалова; г) Шредера.

Варіант 9.

1. Укажіть можливі причини відхилень від закону Рауля

- а) різниця в енергії взаємодії різнорідних молекул;
- б) зміна маси часток в результаті фазового переходу;
- в) зміна маси часток в результаті дисоціації або асоціації при утворенні розчину;
- г) зростання енергії Гіббса.

2. Чи можна на підставі діаграми плавкості зробити висновок про стійкість хімічної сполуки?

- а) так; б) ні; в) немає ніякого зв'язку;
- г) треба вказати конкретну сполуку.

3. Коефіцієнт розподілу при постійній температурі залежить

- а) від концентрації розчиненої речовини;
- б) від кількості екстрагента;
- в) від природи всіх трьох речовин;
- г) від кількості вихідного розчину.

4. При якій температурі замерзне водний розчин цукру, якщо він кипить при $t = 101,04\text{ }^\circ\text{C}$ ($E_{H_2O} = 0,52$; $K_{H_2O} = 1,8$)?

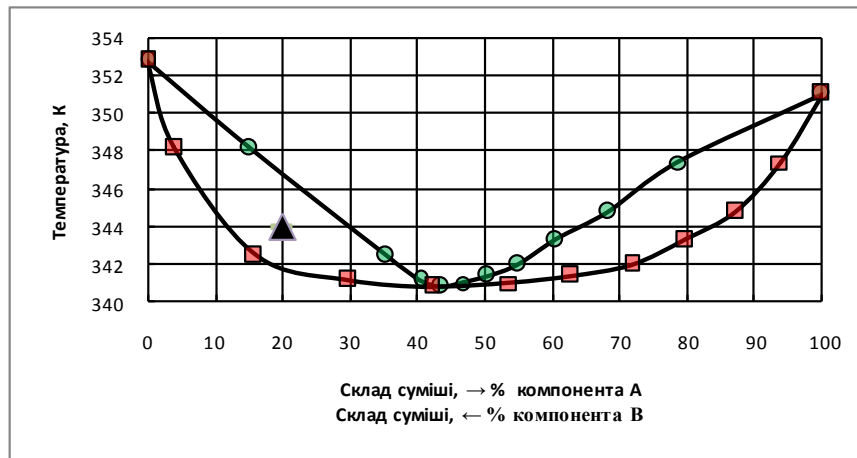
- а) $-1,8\text{ }^\circ\text{C}$; б) $-3,6\text{ }^\circ\text{C}$; в) $101,04\text{ }^\circ\text{C}$; г) $3,6\text{ }^\circ\text{C}$.

5. Верхня критична точка згідно з правилом Алексєєва – це

- а) температура, при якій вся рідина переходить у пару;
- б) температура, при якій спостерігається рівновага між рідиною і паром;

- в) температура, вище якої дві рідини змішуються необмежено;
- г) температура, вище якої спостерігається розшарування розчинів.

6. В точці, що позначена трикутником, система містить



Діаграма перегонки леткої суміші при $P=\text{const}$

- а) рідина і пара по 20% В; б) рідина 12% А, пара 30% А;
- в) рідина 12% В, пара 30% В; г) рідина 30% А, пара 12% А.

7. Під впливом асоціації розчиненої речовини тиск насиченої пари над розведеним розчином нелеткої речовини в леткому розчиннику

- а) знижується; б) підвищується; в) не змінюється;
- г) може як підвищуватись, так і знижуватись.

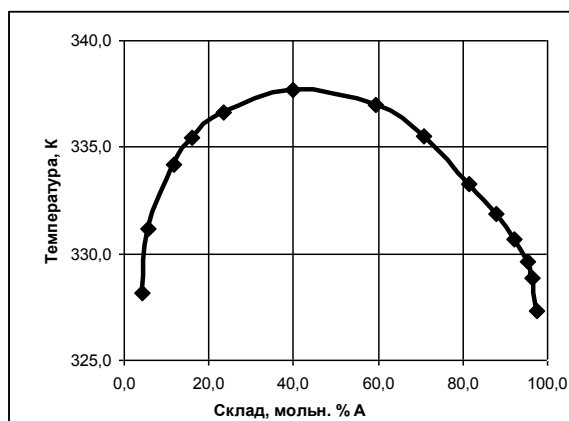
8. Значення коефіцієнту розподілу необхідно знати при проведенні

- а) перегонки; б) ректифікації;
- в) екстракції; г) кристалізації.

10. Залежність розчинності газів від температури

- а) падає з ростом температури;
- б) зростає з ростом температури;
- в) такої залежності не існує;
- г) у кожному конкретному випадку різна.

9. Охарактеризувати стан системи, яка представлена на діаграмі в точці, яка вміщує 40% компонента А при $T = 335 \text{ K}$



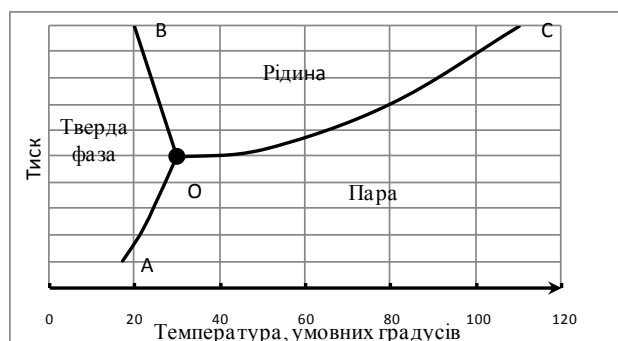
- а) рідина з 40% компонента А;
- б) рідина I з 17% А і рідина II з 72% А;
- в) рідина I з 17% В і рідина II з 72% В;
- г) рідина з 40% компонента В.

Варіант 10.

1. Закон розподілу не виконується, коли

- а) третій компонент хімічно взаємодіє з одним з розчинників;
- б) третій компонент обмежено розчиняється в одному з розчинників;
- в) третій компонент повністю дисоціює в одному з розчинників;
- г) третій компонент частково дисоціює в одному з розчинників.

2. Крива ОА на представленій діаграмі відповідає



Стилізована діаграма стану води

- а) плавленню;
- б) кипінню;
- в) сублімації;
- г) не відображає жоден з процесів.

3. Фігуративна точка – це

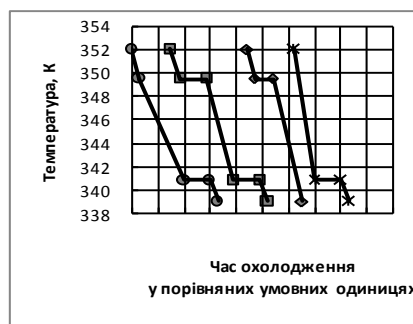
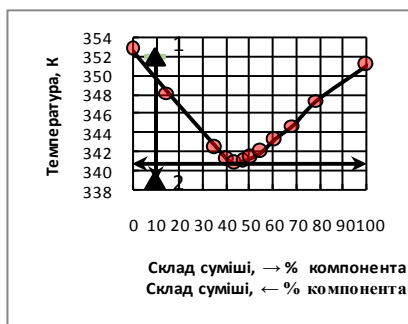
- а) жирна точка;
- б) точка на діаграмі стану;

- в) точка на геометричному тілі;
- г) точка наприкінці відрізка.

4. Кількість термодинамічних ступенів свободи на діаграмі визначають

- а) за правилом ле Шательє; б) за правилом буравчика;
- в) за правилом важеля; г) за правилом фаз Гіббса.

5. Процесу охолодження системи від точки 1 до точки 2, який показано на діаграмі плавкості лінією з трикутниками, відповідає крива охолодження:



- а) друга; б) четверта; в) перша; г) третя.

6. Склади співіснуючих фаз у гетерогенних областях на діаграмі стану визначаються

- а) за допомогою перпендикулярів, опущених на вісь складу;
- б) за правилом важеля;
- в) за правилом ле Шательє;
- г) за правилом фаз Гіббса.

7. Координатами фазової діаграми однокомпонентної системи є:

- а) P і V ; б) V і T ; в) P і T ; г) C і T .

8. Компонентом системи називається

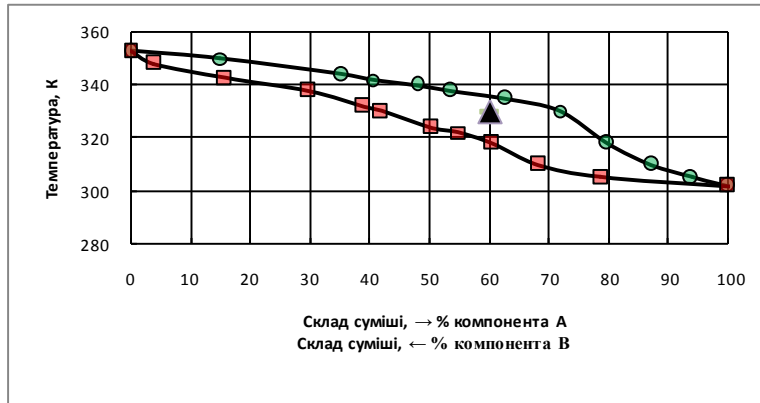
- а) число складових частин системи;
- б) найбільше число незалежних складових частин системи;
- в) найменше число незалежних складових частин системи;
- г) число незалежних складових частин системи.

9. Принципи Курнакова – це

- а) принципи геометричної та енергетичної відповідності;
- б) принцип заповнення електронних оболонок;

- в) принцип відносності;
- г) принцип безперервності та принцип відповідності.

10. В точці, що позначена трикутником, склад пари відповідає вмісту:

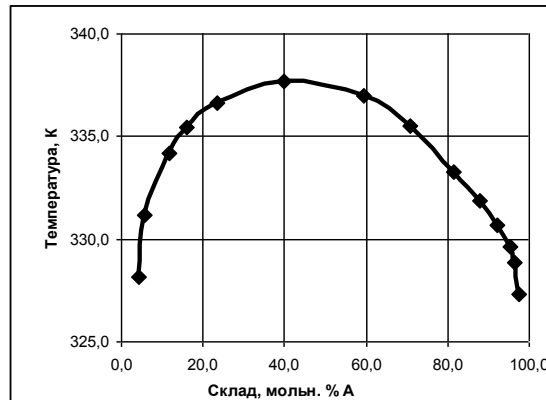


Діаграма перегонки легкої суміші при $P = \text{const}$

- а) 72% компонента А; б) 60% компонента А;
- в) 40% компонента А; г) 28% компонента А.

Варіант 11.

1. Охарактеризуйте стан системи, яка представлена на діаграмі в точці, яка вміщує 40% компонента А при $T = 330 \text{ K}$.



- а) рідина з 40% компонента А;
- б) рідина I з 5% А і рідина II з 95% А;
- в) рідина I з 5% В і рідина II з 95% В;
- г) рідина з 40% компонента В.

3. Лінію на діаграмі плавкості системи з простою евтектикою, нижче якої не існує рідка фаза, називають

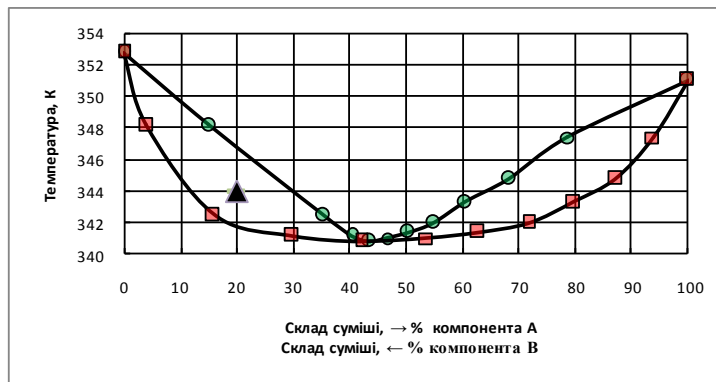
- а) кривою кристалізації; б) лінією ліквідуса;

- в) лінією солідуса; г) конодою.

4. Ефективність екстракції залежить

- а) від об'єму фаз, що змішуються;
 б) від взаємної розчинності двох рідких фаз;
 в) від розмірів площі границі розділу двох фаз;
 г) від величини коефіцієнта розподілу.

5. В точці, що позначена трикутником, склад пари відповідає вмісту:



Діаграма перегонки леткої суміші при $P = \text{const}$

- а) 30% компонента А і 70% компонента В;
 б) 20% компонента А і 80% компонента В;
 в) 12% компонента А і 88% компонента В;
 г) 30% компонента В і 70% компонента А.

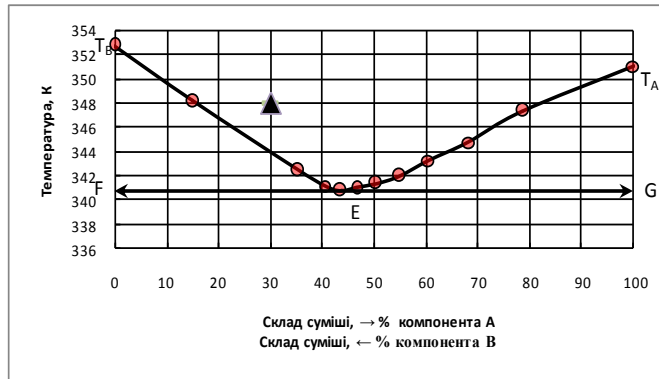
6. У законі Рауля $P_1 = P_1^0 \cdot N_1$ Символом N_1 позначено

- а) тиск розчинника над чистим розчинником;
 б) тиск розчинника над розчином;
 в) мольну долю розчинника;
 г) мольну долю розчиненої речовини.

7. Укажіть, над водним розчином NaCl якої концентрації тиск насиченої пари буде найбільшим

- а) $N = 0,2$; б) $N = 0,4$;
 г) $N = 0,6$; г) для відповіді необхідно знати температуру.

8. В точці, що позначена трикутником, система



Діаграма плавкості системи з евтектикою при $P=\text{const}$

- а) однофазна (розплав) і містить 30% компонента А і 70% компонента В;
- б) однофазна (твердий стан) і містить 70% компонента А і 30% компонента В;
- в) двофазна і містить чисті кристалічні компоненти у співвідношенні 30% А і 70% В;
- г) двофазна і містить чисті кристалічні компоненти у співвідношенні 30% В і 70% А.

9. Побудова і інтерпретація фазових діаграм проводиться

- а) за правилом буравчика;
- б) за правилом ле Шательє;
- в) за правилом важеля;
- г) за правилом фаз Гіббса і принципами Курнакова.

10. Ступінь свободи – це

- а) кількість незалежних параметрів, що визначають систему;
- б) кількість незалежних параметрів, довільна зміна яких не змінює кількості фаз;
- в) кількість незалежних параметрів, довільна зміна яких змінює кількість фаз;
- г) кількість незалежних параметрів, зміна яких неможлива.

Варіант 12.

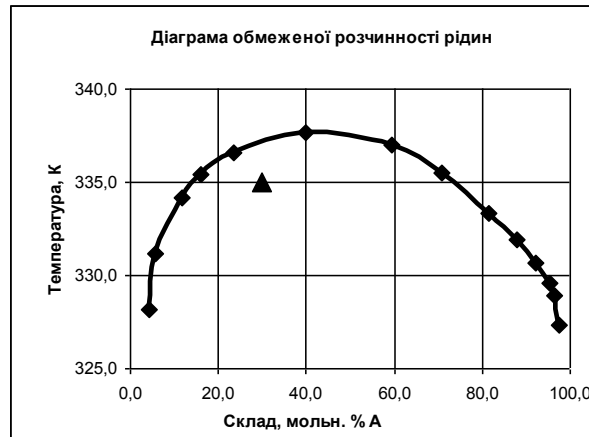
1. Загальний вигляд правила фаз Гіббса:

- а) $c = k + \phi - n$;
- б) $c = k - \phi - n$;
- в) $c = k + \phi + n$;
- г) $c = k - \phi + n$.

2. Термодинамічна умова мимовільного утворення ідеального розчину при постійних p і T

- а) $\Delta G_{\text{зміш}} < 0$; б) $\Delta H_{\text{зміш}} = 0$;
 в) $\Delta S_{\text{зміш}} = 0$; г) $\mu_i = \mu_i^0 + RT \ln P_i$.

3. Визначити склад системи на діаграмі, в якій розташована точка, позначена трикутником

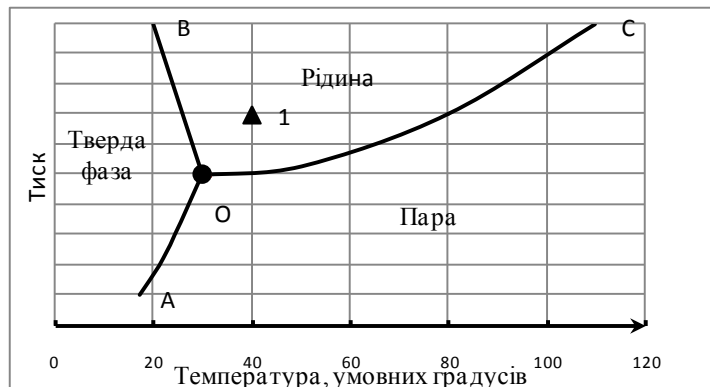


- а) розчин з 30% компонента А;
 б) в рівновазі 2 розчини: I розчин з 14% А, II розчин з 73% А;
 в) в рівновазі 2 розчини: I розчин з 14% В, II розчин з 73% В;
 г) розчин з 30% компонента В.

4. Укажіть, якими властивостями розчинника або розчиненої речовини визначається величина ебуліоскопічної постійної (E)

- а) властивостями розчиненої речовини;
 б) властивостями розчинника;
 в) властивостями обох компонентів;
 г) це залежить тільки від концентрації розчину.

5. В точці 1, що позначена трикутником, система містить

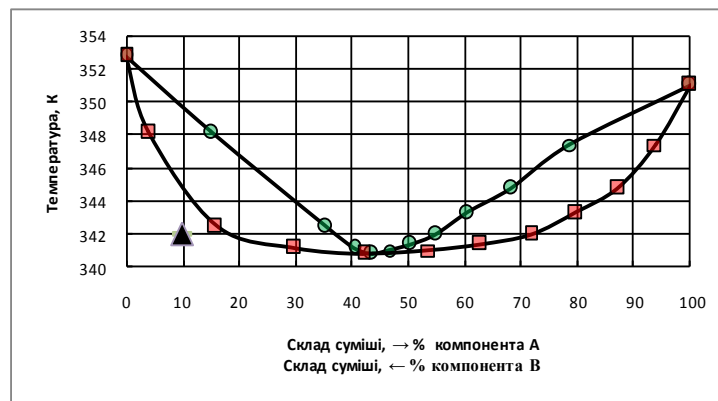


- а) один компонент і одну фазу;
- б) один компонент і дві фази;
- в) два компоненти і дві фази;
- г) один компонент і три фази.

6. На площині діаграми однокомпонентної системи кількість фаз дорівнює:

- а) 1; б) 2; в) 3; г) 0 .

7. В результаті перегонки системи, позначеної трикутником



Діаграма перегонки леткої суміші при $P = \text{const}$

- а) конденсат буде складатися із чистого компонента А, а кубовий залишок відповідатиме складу азеотропа;
- б) летка суміш розділиться на окремі чисті компоненти;
- в) конденсат буде складатися з чистого компонента В, а кубовий залишок відповідатиме складу азеотропа;
- г) конденсат відповідатиме складу азеотропа, а кубовий залишок буде складатися із чистого компонента В.

8. Значення коефіцієнту розподілу необхідно знати при проведенні

- а) перегонки; б) ректифікації;
- в) екстракції; г) кристалізації.

9. При якій температурі замерзне 5М водний розчин цукру ($K_{H_2O} = 1,86$)?

- а) $-1,86$ °С; б) $1,86$ °С; в) 0 °С;
- г) $-9,3$ °С; д) $9,3$ °С.

10. У законі Рауля $p_1 = p_1^0 \cdot N_1$ Символом p_1^0 позначено

- а) тиск розчинника над чистим розчинником;
- б) тиск розчинника над розчином;
- в) мольну долю розчинника;
- г) мольну долю розчиненої речовини.

Варіант 13

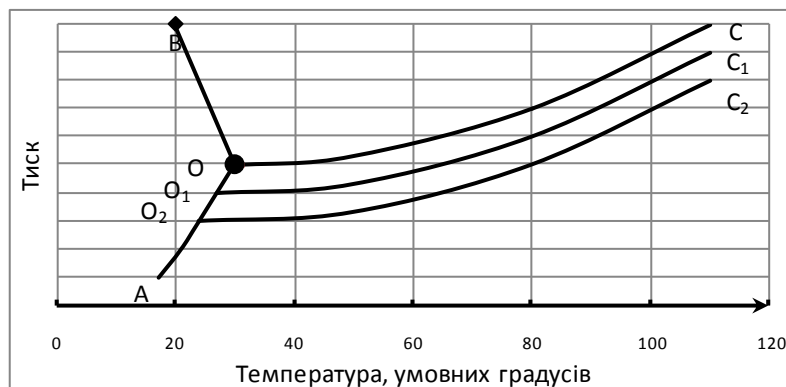
1. За рівнянням Клапейрона-Клаузіуса $dp/dT = \Delta H_{\text{вип}} / T \Delta V_{\text{вип}}$ поясніть зчому тиск насиченої пари над рідиною росте при збільшенні T

- а) $(dp/dT)_{\text{вип}} > 0$, тому що при випарюванні ентропія системи зростає;
- б) $(dp/dT)_{\text{вип}} > 0$, тому що випарювання – мимовільний процес;
- а) $(dp/dT)_{\text{вип}} > 0$, тому що завжди $\Delta H_{\text{вип}} > 0$ і $\Delta V_{\text{вип}} = (V_{\text{п}} - V_{\text{рід}}) > 0$;
- г) $(dp/dT)_{\text{вип}} > 0$ тому, що випарювання – процес ендотермічний.

2. Склади співіснуючих фаз у гетерогенних областях на діаграмі стану визначаються

- а) за допомогою перпендикулярів, опущених на вісь складу;
- б) за правилом важеля;
- в) за правилом ле Шательє;
- г) за правилом фаз Гіббса.

3. За даними стилізованої діаграми стану чиста вода у відкритій посудині замерзне при температурі



Стилізована діаграма стану води і її нелетких розчинів

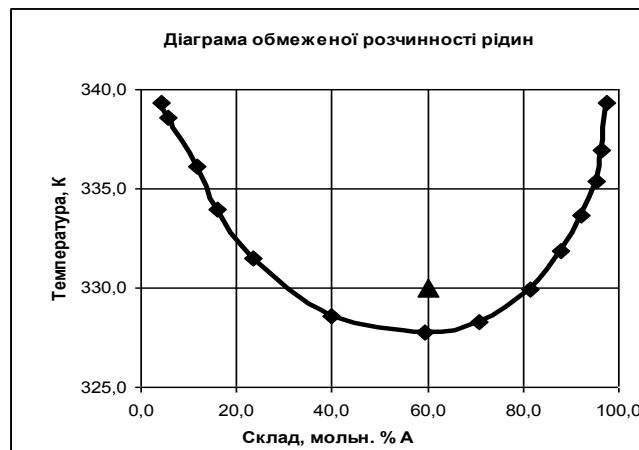
- а) 30 умовних градусів;
 - б) 27 умовних градусів;
 - в) 24 умовних градуси;
 - г) для відповіді треба знати зовнішній тиск.
4. Правило важеля встановлює
- а) співвідношення між масами рівноважних фаз;

- б) співвідношення між складом і температурою;
- в) співвідношення між складом рідини і пари;
- г) співвідношення між тиском і температурою/

5. Асоціація розчиненої речовини впливає на тиск насиченої пари над розведеним розчином нелеткої речовини в леткому розчиннику наступним чином

- а) тиск зростає; б) тиск падає;
- в) асоціація розчиненої речовини не впливає на тиск пари над розчином;
- г) необхідно вказувати конкретну речовину/

6. В точці, що позначена трикутником, при $T = 335\text{ K}$, система містить

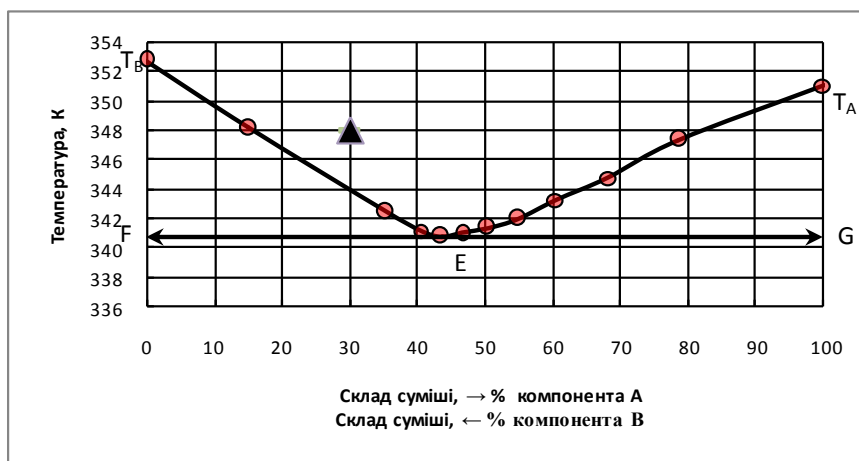


- а) розчин А в В з вмістом А 60%;
- б) 2 розчини: А в В з вмістом А 13% і В в А з вмістом А 94%;
- в) розчин А в В з вмістом В 60%;
- г) 2 розчини: А в В з вмістом В 13% і В в А з вмістом В 94%.

7. Лінію на діаграмі плавкості системи з простою евтектикою, вище якої не існує тверда фаза, називають

- а) кривою плавлення; б) лінією ліквідуса;
- в) лінією солідуса; г) конодою.

8. При охолодженні системи з точки, позначеної трикутником, розплав



Діаграма плавкості системи з евтектикою при $P = \text{const}$

- а) почне кристалізуватися при температурі 348 К, а закінчить при 340,8 К;
- б) почне кристалізуватися при температурі 348 К, а закінчить при 344 К;
- в) почне кристалізуватися при температурі 344 К, а закінчить при 340,6 К;
- г) почне кристалізуватися при температурі 344 К, а закінчить при 336 К.

9. Як дисоціація розчиненої речовини впливає на тиск насиченої пари над розведеним розчином нелеткої речовини в леткому розчиннику?

- а) тиск зростає;
- б) необхідно вказувати, яка конкретна речовина розчинена;
- в) тиск падає;
- г) дисоціація розчиненої речовини не впливає на тиск пари над розчином.

10. В якому співвідношенні знаходяться температури кипіння водних розчинів речовин KCl , $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Al}(\text{OH})_3$ при атмосферному тиску, якщо ступені дисоціації в них однакові

- а) $T_{\text{к KCl}} > T_{\text{к Cu}(\text{NO}_3)_2} > T_{\text{к Al}(\text{OH})_3}$; б) $T_{\text{к KCl}} < T_{\text{к Cu}(\text{NO}_3)_2} < T_{\text{к Al}(\text{OH})_3}$;
- в) $T_{\text{к KCl}} = T_{\text{к Cu}(\text{NO}_3)_2} = T_{\text{к Al}(\text{OH})_3}$; г) $T_{\text{к KCl}} < T_{\text{к Al}(\text{OH})_3} < T_{\text{к Cu}(\text{NO}_3)_2}$.

Варіант 14.

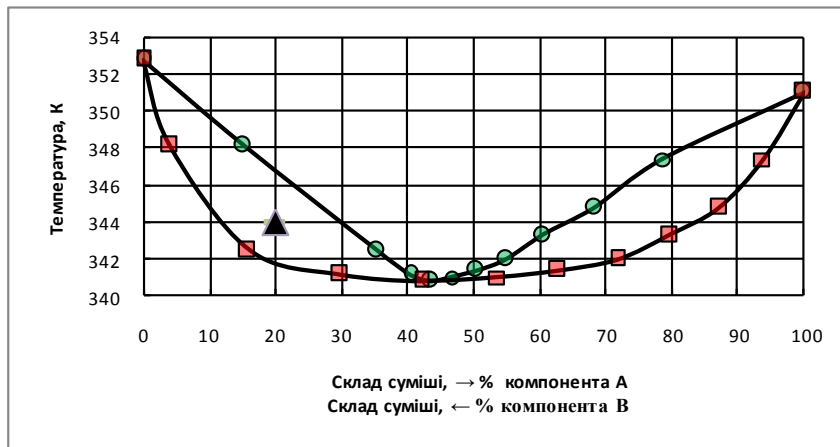
1. Побудову та інтерпретацію фазових діаграм проводять на підставі

- а) правила Ле Шательє;
- б) за допомогою перпендикулярів, які опущені на вісь складу;
- в) правила важеля;
- г) правила фаз Гіббса і принципів Курнакова.

2. Математичний запис закону Рауля

- а) $p_1^0 = p_1 N_1^{\text{рід}}$; б) $p_1 = p_1^0 N_1^{\text{рід}}$;
- в) $p_1 = p_{\text{заг}} N_1^{\text{газ}}$; г) $d \ln p_1 = - N_2/N_1 d \ln p_2$.

3. В точці, що позначена трикутником, склад пари відповідає вмісту



Діаграма перегонки легкої суміші при $P = \text{const}$

- а) 30% компонента В 70% компонента А;
- б) 12% компонента А і 88% компонента В;
- в) 30% компонента А, 70% компонента В;
- г) 20% компонента А і 80% компонента В.

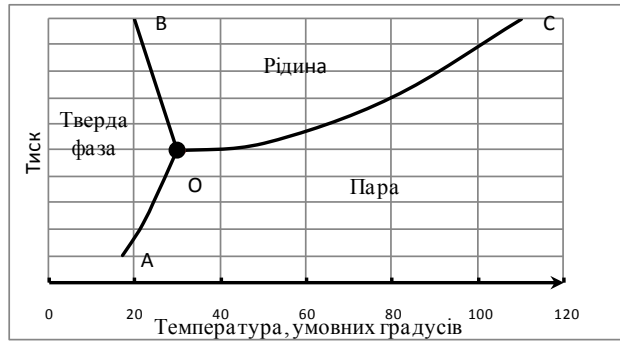
4. Якими властивостями розчинника або розчиненої речовини визначається ебуліоскопічна константа?

- а) властивостями розчиненої речовини (M , $T_{\text{кип}}$, ΔH);
- б) властивостями розчинника (M , $T_{\text{кип}}$, ΔH);
- в) властивостями і розчинника, і розчиненої речовини;
- г) вона не залежить від властивостей ні розчинника, ні розчиненої речовини.

5. Співвідношення температур кристалізації водних розчинів цукру (T_1) та солі (T_2) з однаковою концентрацією буде наступним:

- а) $T_1 = T_2$; б) $T_1 > T_2$; в) $T_1 < T_2$;
- г) немає зв'язку між концентрацією і T кристалізації

6. Крива ОВ на представленій діаграмі відповідає



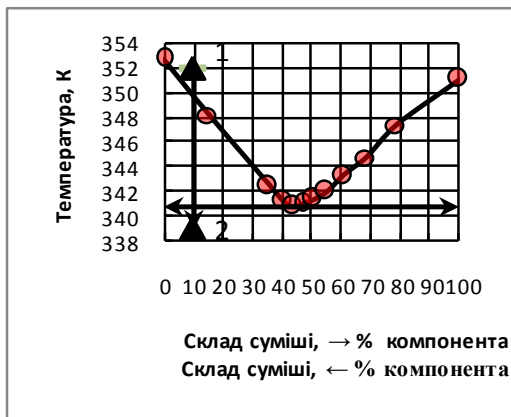
Стилізована діаграма стану води

- а) плавленню; б) кипінню; в) сублімації;
- г) не відображає жоден з процесів.

7. Лінію на діаграмі плавкості системи з простою евтектикою, нижче якої не існує рідка фаза, називають

- а) лінією фортіуса; б) лінією ліквідуса;
- в) лінією солідуса; г) лінією максімуса.

8. Яка з кривих охолодження відповідає охолодженню евтектичної суміші, представленій на діаграмі плавкості



Діаграма плавкості системи з евтектикою при $P = \text{const}$ та криві охолодження

- а) перша; б) друга; в) третя; г) четверта.

9. Правило Алексєєва для систем з обмеженою розчинністю рідин дозволяє

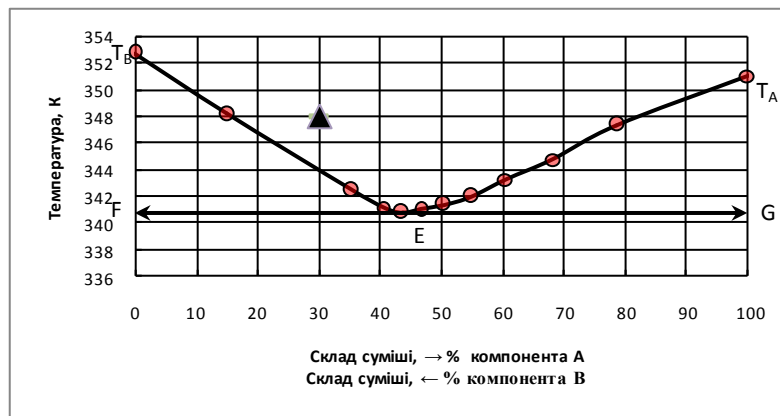
- а) визначити взаємну розчинність рідин;
- б) визначити координати критичної точки;
- в) визначити масу співіснуючих розчинів;
- г) визначити число ступенів свободи.

10. Якщо до розчину нелеткої речовини в леткому розчиннику додати порцію розчинника, то його температура кипіння

- а) збільшиться; б) зменшиться; в) не зміниться;
- г) може збільшитися, може зменшитися.

Варіант 15.

1. Визначте температуру початку та кінця кристалізації розплава, який вміщує 15% компонента А, при його охолодженні



Діаграма плавкості системи з евтектикою при $P = \text{const}$

а) почне кристалізуватися при температурі 348 К, а закінчить при 344 К;

б) почне кристалізуватися при температурі 344 К, а закінчить при 340,8 К;

в) почне кристалізуватися при температурі 348 К, а закінчить при 340,8 К;

г) почне кристалізуватися при температурі 348 К, а закінчить при 336 К.

2. Залежність розчинності газів від тиску виражає

- а) правило важеля; б) закон Рауля;
- в) закон Коновалова; г) закон Генрі.

3. Причини додатних відхилень від закону Рауля – це

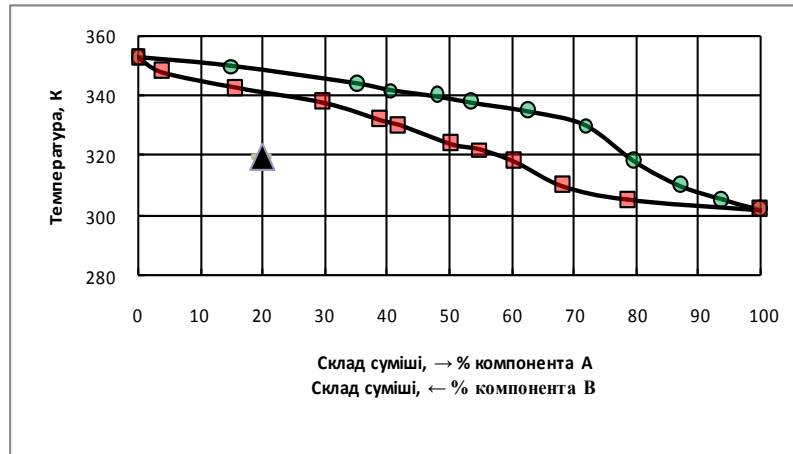
а) дисоціація, посилення енергії міжмолекулярної взаємодії між різнорідними молекулами;

б) дисоціація, ослаблення енергії міжмолекулярної взаємодії між різнорідними молекулами;

в) асоціація, посилення енергії міжмолекулярної взаємодії між різнорідними молекулами;

г) асоціація, ослаблення енергії міжмолекулярної взаємодії між різнорідними молекулами.

4. При якій якій температурі склад пари досягне 80% компонента А?



Діаграма перегонки леткої суміші при $P = \text{const}$

- а) $T = 305 \text{ K}$; б) $T = 318 \text{ K}$;
 в) $T = 341 \text{ K}$; г) $T = 350 \text{ K}$.

5. Температура кипіння речовини з ростом зовнішнього тиску

- а) росте; б) не змінюється;
 в) падає; г) може рости, може падати.

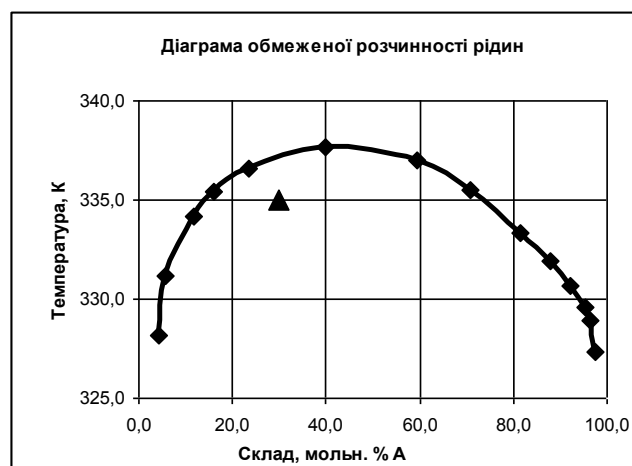
6. Лінію на діаграмі плавкості системи з простою евтектикою, вище якої не існує тверда фаза, називають

- а) лінією фортіуса; б) лінією ліквідуса;
 в) лінією солідуса; г) лінією рівноваги.

7. В якому співвідношенні знаходяться температури кипіння водних розчинів речовин HCl та $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ при атмосферному тиску, якщо ступені дисоціації в них однакові

- а) $T_{\text{к HCl}} > T_{\text{к Ca}(\text{NO}_3)_2}$; б) $T_{\text{к HCl}} < T_{\text{к Ca}(\text{NO}_3)_2}$;
 в) $T_{\text{к HCl}} = T_{\text{к Ca}(\text{NO}_3)_2}$; г) недостатньо даних.

8. На діаграмі критичній точці відповідають координати



- а) температура 335 К; 30% компонента А;
- б) таких координат на діаграмі 14 варіантів;
- в) температура 327,5 К; 40% компонента А;
- г) температура 337,5 К; 40% компонента А.

9. Що змінеться в законі розподілу, а що не змінеться, якщо до системи додати нову порцію третього компонента?

- а) збільшиться і коефіцієнт розподілу, і концентрації в обох розчинниках;
- б) нічого не зміниться, оскільки температура не змінилась;
- в) збільшиться концентрація в обох розчинниках, а коефіцієнт розподілу не зміниться;
- г) коефіцієнт розподілу збільшиться, а концентрації не зміняться.

10. Є розчинник, розведений розчин нелеткої речовини і розведений розчин леткої речовини з тією же концентрацією. Яка з цих систем буде мати найбільшу температуру кипіння?

- а) всі температури будуть однаковими;
- б) розведений розчин леткої речовини;
- в) розчинник;
- г) розведений розчин нелеткої речовини.

Варіант 16.

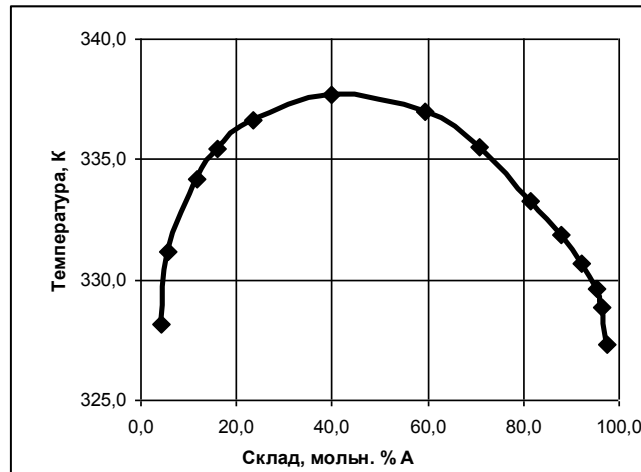
1. Тиск насиченої пари над розведеним розчином нелеткої речовини в леткому розчиннику при дисоціації речовини

- а) знижується; б) підвищується; в) не змінюється;
- г) може підвищуватись, може знижуватись.

2. При якій температурі замерзне водний розчин цукру, якщо він закипає при $T = 374,4 \text{ K}$ ($K_{\text{H}_2\text{O}} = 1,86$, $E_{\text{H}_2\text{O}} = 0,52$)

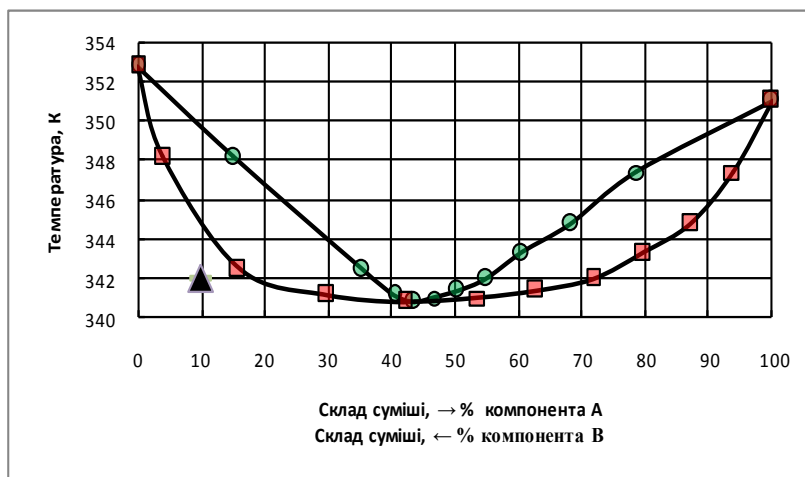
- а) $-1,86 \text{ }^\circ\text{C}$; б) $1,86 \text{ }^\circ\text{C}$; в) $0 \text{ }^\circ\text{C}$; г) $-3,72 \text{ }^\circ\text{C}$;

3. Вказати склад рівноважних фаз на діаграмі розширування, $T = 330 \text{ K}$.



- а) 40% компонента А;
 б) 5% компонента А; 95% компонента А;
 в) 5% компонента В; 95% компонента В;
 г) 5% компонента А; 95% компонента В.

4. Який склад першої каплі пару утворюється в результаті перегонки системи, позначеної на діаграмі трикутником?



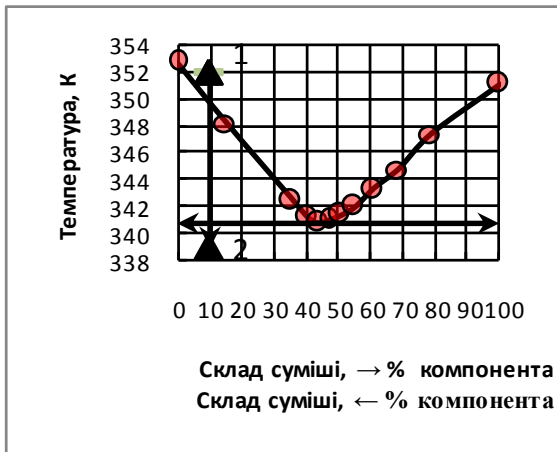
Діаграма перегонки легкої суміші при $P = \text{const}$

- а) 10 % компонента А; б) 10 % компонента В;
 в) 30 % компонента А; г) 10 % компонента В.

5. Лінію на діаграмі плавкості системи з простою евтектикою, нижче якої не існує рідка фаза, називають

- а) лінією плавлення;
- б) лінією ліквідуса;
- в) лінією солідуса;
- г) лінією кристалізації.

6. Яка крива охолодження відповідає процесу охолодження компоненту А на діаграмі плавкості?



Діаграма плавкості системи з евтектикою при $P = \text{const}$ та криві охолодження

- а) перша;
- б) друга;
- в) третя;
- г) четверта.

7. Якщо змінити кількість 3-го компоненту, то в законі розподілу

- а) C_1 і C_2 збільшаться, а коефіцієнт розподілу (K) не зміниться;
- б) C_1 і C_2 зменшаться, а коефіцієнт розподілу (K) не зміниться;
- в) всі величини, які входять до рівняння, залишаються незмінними;
- г) всі величини збільшаться.

8. Вкажіть основні умови оптимального проведення процесу екстракції

- а) коефіцієнт розподілу $K = 1$, екстракція багаторазова малими порціями екстрагента;
- б) коефіцієнт розподілу відрізняється від одиниці;
- в) коефіцієнт розподілу відрізняється від одиниці, екстракція одноразова великим об'ємом;
- г) коефіцієнт розподілу $K = 1$, екстракція багаторазова малими порціями.

9. Що називається насиченою парою рідини?

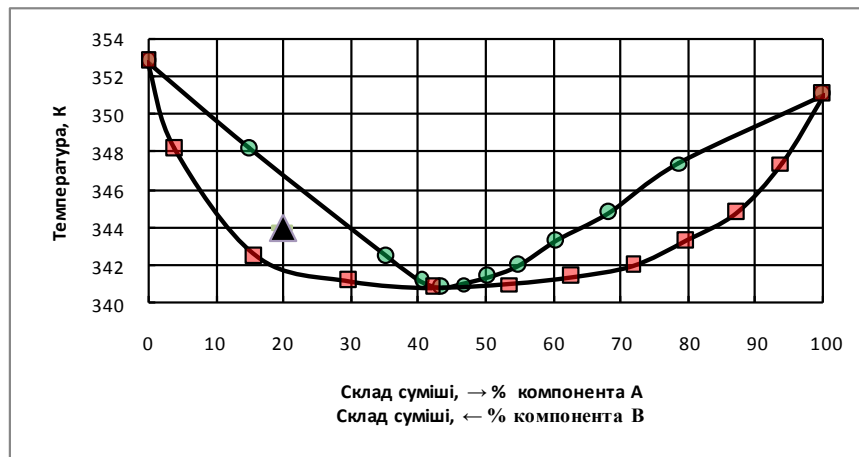
- а) пара, яка стикається з відкритою поверхнею рідини;
- б) пара, яка знаходиться в рівновазі з рідиною;
- в) пара, яка утворюється при кипінні рідини;
- г) пара, в якій зважені дрібні крапельки рідини.

10. Якими точками починається і закінчується крива залежності тиску насиченої пари рідини від температури?

- а) початок – потрійна точка, кінець – критична температура;
- б) початок – потрійна точка, кінця ця точка не має, оскільки при всіх температурах тиск насиченої пари зростає зі збільшенням температури;
- в) початок – абсолютний нуль температури, кінець – потрійна точка;
- г) початок – абсолютний нуль температури, кінець – критична температура.

Варіант 17.

1. В точці, що позначена трикутником, система містить



Діаграма перегонки легкої суміші при $P=\text{const}$

- а) один компонент і дві фази;
- б) два компоненти і одну фазу;
- в) два компоненти і дві фази;
- г) один компонент і одну фазу.

2. Визначте температуру кипіння розчину, що містить 1 г нітробензолу $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ у 10 г бензолу. Ебуліоскопічна стала бензолу $E = 2,6$. Температура кипіння чистого бензолу $80,1^\circ\text{C}$.

- а) $80,91^\circ\text{C}$;
- б) $79,26^\circ\text{C}$;
- в) $82,21^\circ\text{C}$;
- г) $77,99^\circ\text{C}$.

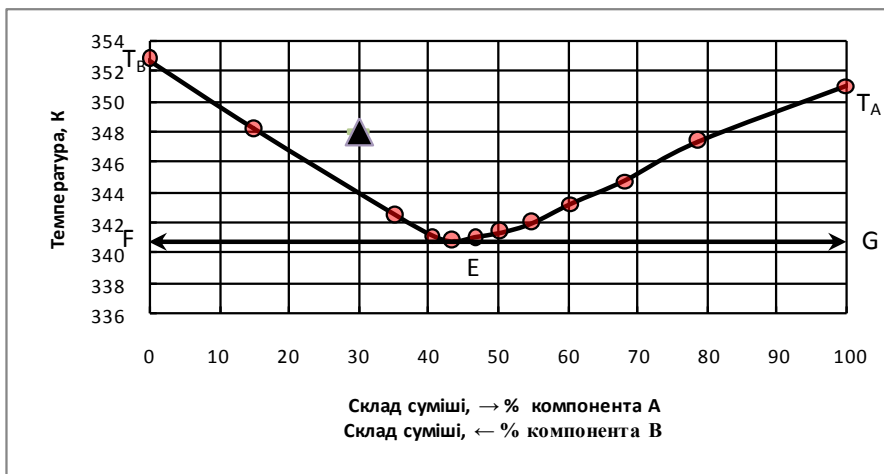
3. Який закон визначає залежить тиску насиченої пари розчину від концентрації нелеткої розчиненої речовини?

- а) закон Рауля; б) закон Коновалова;
- в) закон Генрі; г) закон Дальтона.

4. В чому полягає термодинамічна умова гетерогенної рівноваги?

- а) рівність ентропій однієї речовини у різних фазах;
- б) рівність внутрішніх енергій однієї речовини у різних фазах;
- в) рівність ентальпій однієї речовини у різних фазах;
- г) рівність хімічних потенціалів однієї речовини у різних фазах.

5. При нагріванні системи, що містить 80% А, при $T = 344 \text{ K}$, склад першої краплі розплаву



Діаграма плавкості системи з евтектикою при $P = \text{const}$

- а) 80% А; б) 80% В; в) 65% А; г) 65% В.

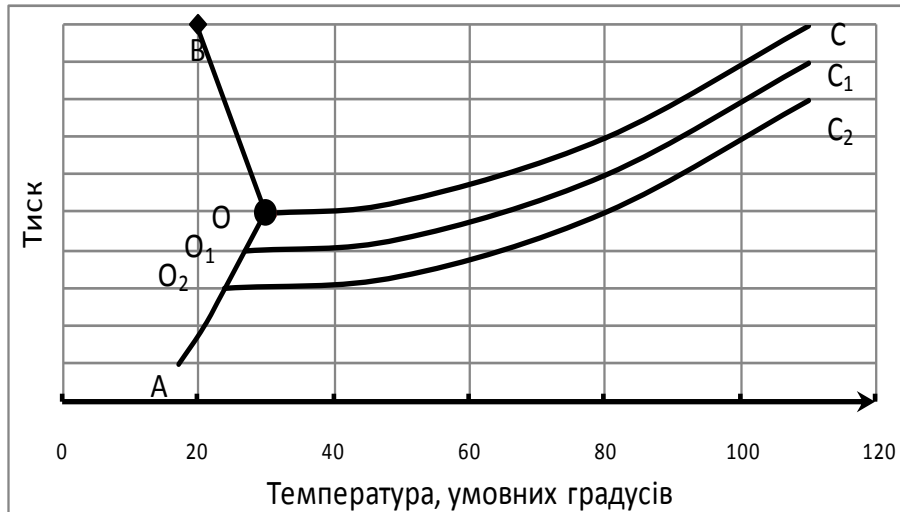
6. За допомогою рівняння Клапейрона-Клаузіуса пояснити, чому тиск насиченої пари над твердою фазою завжди зростає при зростанні температури?

- а) тому що теплота сублімації завжди додатна і зміна густини при сублімації теж додатна;
- б) тому що теплота сублімації завжди додатна, а густина пари завжди менша густини твердої речовини;
- в) тому що теплота випарювання завжди більша, ніж теплота плавлення;
- г) тому що теплота сублімації завжди більша, ніж теплота випарювання.

7. Повний розділ бінарної суміші шляхом перегонки неможливий

- а) при додатному відхиленні від закону Рауля;
- б) при від'ємному відхиленні від закону Рауля;
- в) при наявності азеотропної точки;
- г) якщо обидва компоненти мають близькі температури кипіння.

8. За даними стилізованої діаграми стану розчин з меншою концентрацією у відкритій посудині замерзне при температурі



Стилізована діаграма стану води і її нелетких розчинів

- а) 30 умовних градусів;
- б) 27 умовних градусів;
- в) 24 умовних градуси;
- г) для відповіді треба знати зовнішній тиск.

9. Екстракція неефективна при значенні коефіцієнта розподілу (K)

- а) $K \gg 1$; б) $K \ll 1$; в) $K \approx 1$;
- г) у кожному конкретному випадку – своє значення K

10. Тиск насиченої пари над розведеним розчином нелеткої речовини в леткому розчиннику при дисоціації речовини

- а) знижується;
- б) підвищується;
- в) не змінюється;
- г) може підвищуватись, а може і знижуватись

Варіант 18.

1. Як визначити при заданій температурі теплоту випаровування, якщо відома залежність тиску насиченої пари від температури?

- а) за рівнянням Менделєєва-Клапейрона;
- б) за рівнянням Гіббса-Гельмгольца;
- в) за рівнянням Кларейрона-Клаузіуса;
- г) за рівнянням Бертло-Томсона.

2. Маса фаз, які знаходяться в рівновазі, на діаграмі стану визначаються

- а) за допомогою перпендикулярів, які опущені на вісь складу;
- б) за правилом важеля;
- в) за правилом ле Шательє;
- г) за правилом фаз Гіббса.

3. Верхня критична точка згідно з правилом Алексєєва – це

- а) температура, при якій вся рідина переходить у пару;
- б) температура, при якій спостерігається рівновага між рідиною і парою;
- в) температура, вище якої дві рідини змішуються необмежено;
- г) температура, вище якої спостерігається розшарування двох розчинів.

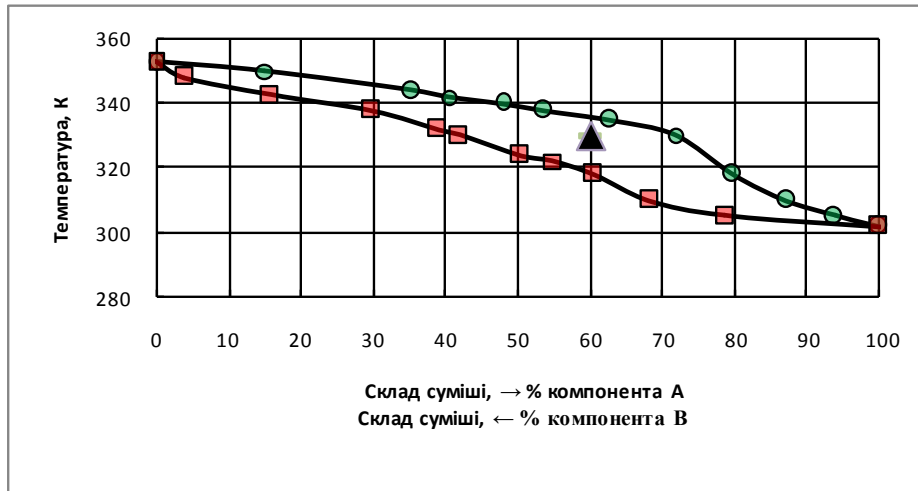
4. Склад трикомпонентної системи згідно з методом Розебома визначається за допомогою

- а) висоти рівнобічного трикутника;
- б) бісектриси рівнобічного трикутника;
- в) медіани рівнобічного трикутника;
- г) сторони рівнобічного трикутника.

5. Побудову та інтерпретацію фазових діаграм проводять на підставі

- а) правила Ле Шательє;
- б) за допомогою перпендикулярів, які опущені на вісь складу;
- в) правила важеля;
- г) правила фаз Гіббса і принципів Курнакова.

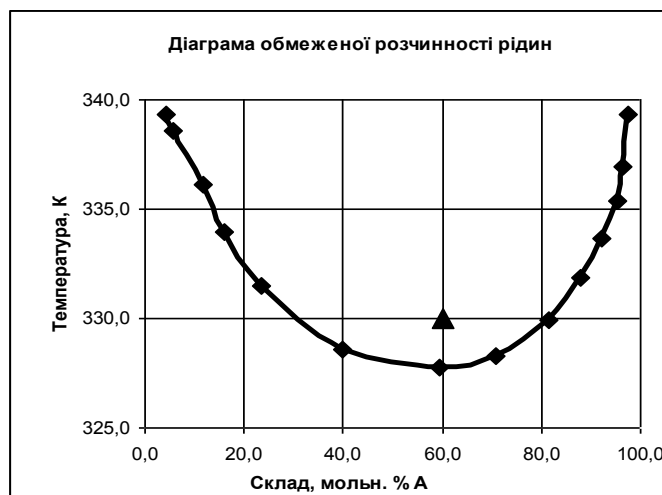
6. В точці, що позначена трикутником, склад рідини відповідає вмісту компонентів



Діаграма перегонки легкої суміші при $P = \text{const}$

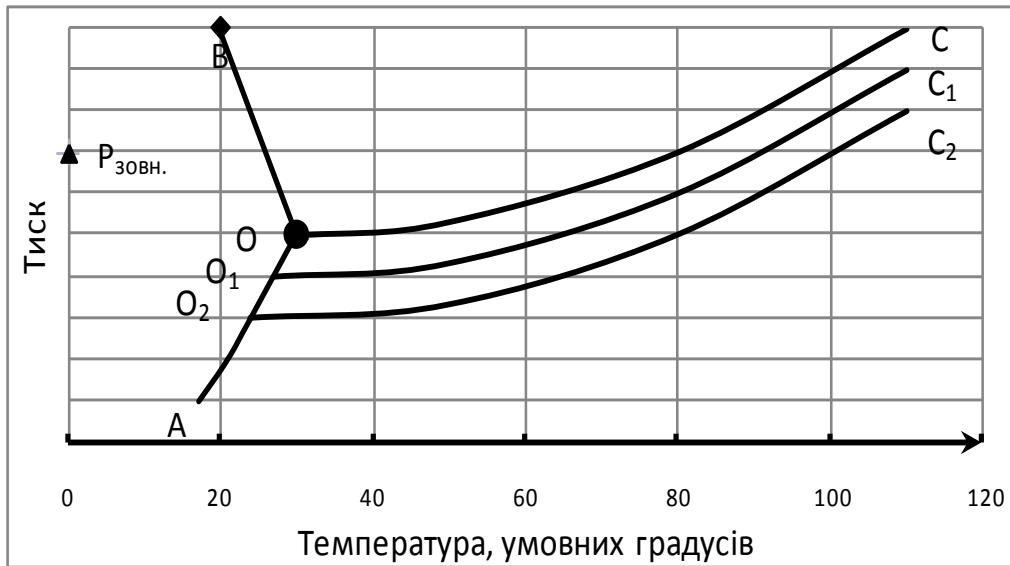
- а) 72% компонента А і 28% компонента В;
- б) 60% компонента А і 40% компонента В;
- в) 40% компонента А і 60% компонента В;
- г) 72% компонента В і 28% компонента А.

7. Склад рівноажних фаз, які система містить при $T = 330 \text{ K}$:



- а) насичений розчин А в В з вмістом А 60%;
- б) два насичених розчини: А в В з вмістом А 30% і В в А з вмістом А 81%;
- в) насичений розчин А в В з вмістом В 60%;
- г) два насичених розчини: А в В з вмістом В 30% і В в А з вмістом А 81%;

8. При зовнішньому тиску, що позначений на вісі діаграми трикутником, розчин з більшою концентрацією закипить при температурі 100 умовних градусів;



а) розчин з більшою концентрацією закипить при температурі 100 умовних градусів;

б) розчин з більшою концентрацією закипить при температурі 90 умовних градусів;

в) розчин з більшою концентрацією закипить при температурі 80 умовних градусів;

г) при цьому тиску розчин з більшою концентрацією не може кипіти.

9. Скільки параметрів рівноважної двофазної однокомпонентної системи можна незалежно міняти, не змінюючи кількості фаз?

а) 2; б) 0; в) 1; г) 3 .

10. Фазою ми називаємо

а) стан речовини; б) агрегатний стан;

в) гомогенну частину системи з однаковими фізичними, хімічними та термодинамічними властивостями, відділену від інших частин системи поверхнею розділу;

г) гетерогенну частину системи з однаковими фізичними, хімічними та термодинамічними властивостями, відділену від інших частин системи поверхнею розділу.

Варіант 19.

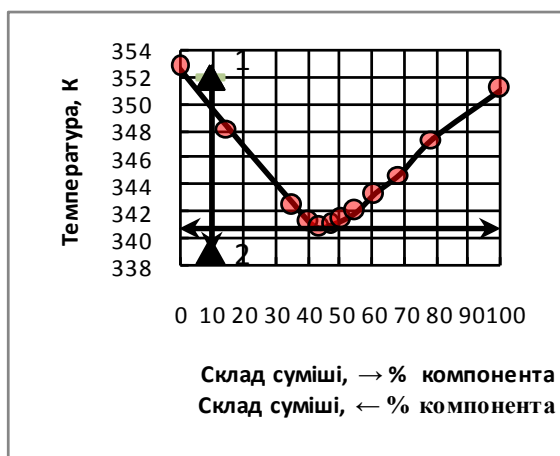
1. Який зв'язок між теплотою сублимації, випаровування і плавлення?

- а) $\Delta H_{\text{суб}} > \Delta H_{\text{вип}} > \Delta H_{\text{пл}}$; б) $\Delta H_{\text{суб}} < \Delta H_{\text{вип}} < \Delta H_{\text{пл}}$;
 в) $\Delta H_{\text{вип}} > \Delta H_{\text{суб}} > \Delta H_{\text{пл}}$; г) $\Delta H_{\text{суб}} > \Delta H_{\text{пл}} > \Delta H_{\text{вип}}$;

2. До якого значення треба знизити тиск, щоб температура кипіння діетиланліну впала до $190\text{ }^\circ\text{C}$, якщо в стандартних умовах він кипить при $215,5\text{ }^\circ\text{C}$, а теплота випаровування дорівнює $48,5\text{ кДж/моль}$?

- а) $0,27\text{ атм}$; б) $0,98\text{ атм}$; в) $0,517\text{ атм}$; г) $0,715\text{ атм}$.

3. Яка крива охолодження відповідає процесу кристалізації компонента А на діаграмі плавкості?



Діаграма плавкості системи з евтектикою при $P=\text{const}$ та криві охолодження

- а) перша; б) друга; в) третя; г) четверта.

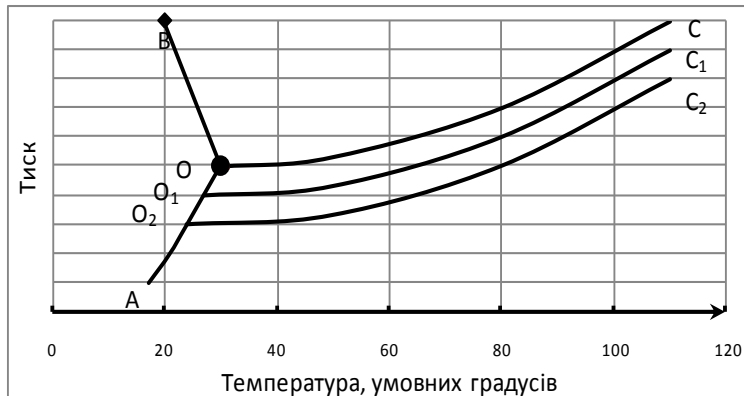
4. Визначте температуру кипіння розчину цукру $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$, якщо 40 г цукру розчинили в 60 г води ($E_{\text{H}_2\text{O}} = 0,52$).

- а) $98,99\text{ }^\circ\text{C}$; б) $101,01\text{ }^\circ\text{C}$;
 в) $1,014\text{ }^\circ\text{C}$; г) $100,52\text{ }^\circ\text{C}$.

5. В якому співвідношенні знаходяться температури кипіння водних розчинів речовин LiCl , MgSO_4 , AlPO_4 при атмосферному тиску, якщо ступені дисоціації в них однакові

- а) $T_{\text{к LiCl}} > T_{\text{к MgSO}_4} > T_{\text{к AlPO}_4}$; б) $T_{\text{к LiCl}} < T_{\text{к MgSO}_4} < T_{\text{к AlPO}_4}$;
 в) $T_{\text{к LiCl}} = T_{\text{к MgSO}_4} = T_{\text{к AlPO}_4}$ г) $T_{\text{к LiCl}} < T_{\text{к AlPO}_4} < T_{\text{к MgSO}_4}$.

6. За даними стилізованої діаграми стану чиста вода у відкритій посудині замерзне при температурі



Стилізована діаграма стану води і її нелетких розчинів

- а) 30 умовних градусів; б) 27 умовних градусів;
в) 24 умовних градуси; г) треба знати тиск.

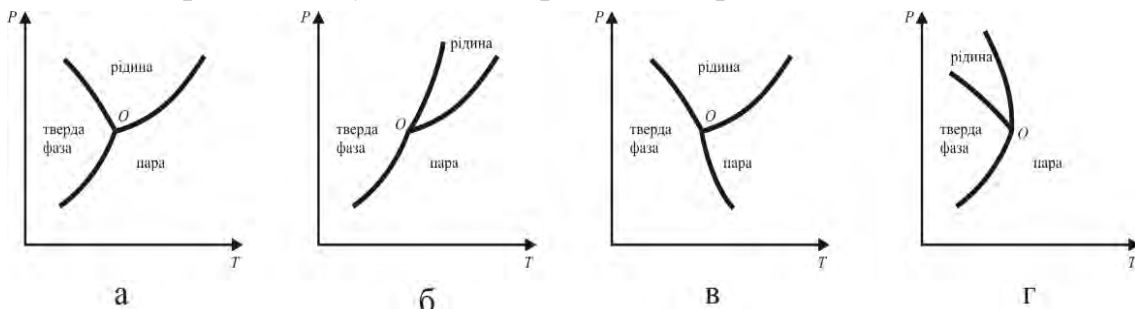
7. Правило фаз Гіббса для систем, на які впливає тільки тиск і температура, має вигляд:

- а) $s = k - \phi - 2$; б) $s = k + \phi + 1$;
в) $s = k - \phi + 2$; г) $s = k - \phi + n$.

8. Гомогенна частина системи – це

- а) ступінь свободи; б) компонент;
в) фаза; г) складова частина.

9. Діаграма стану води в координатах $p - T$ має вигляд:



- а) а; б) б; в) в; г) г.

10. Кількість термодинамічних ступенів свободи на діаграмі стану визначаються

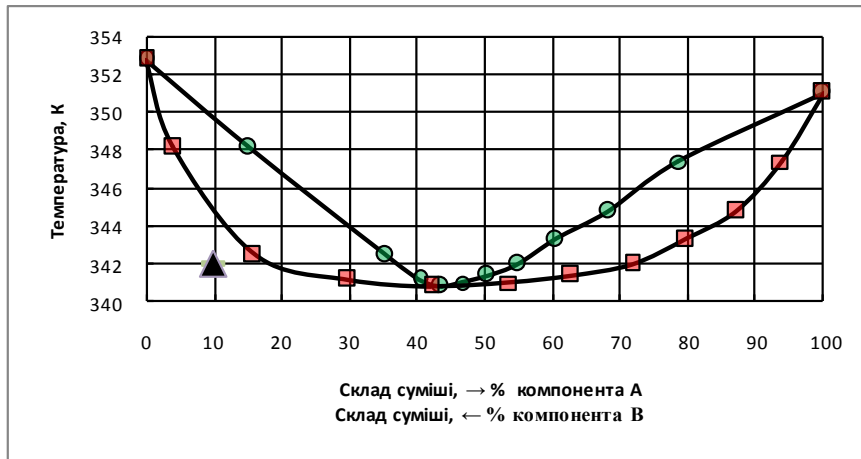
- а) за правилом буравчика;
б) за правилом ле Шательє;
в) за правилом важеля;
г) за правилом фаз Гіббса.

Варіант 20.

1. Обчисліть молярну масу оцтової кислоти, 6 г якої розчинено у 50 г води, температура замерзання розчину $-3,72\text{ }^{\circ}\text{C}$. Кріоскопічна константа води $1,86\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{кг}/\text{моль}$.

- а) 58,2 г; б) 10,8 г; в) 56,9 г; г) 60,0 г.

2. Який склад останньої каплі рідини утворюється в результаті перегонки системи, позначеної на діаграмі трикутником?



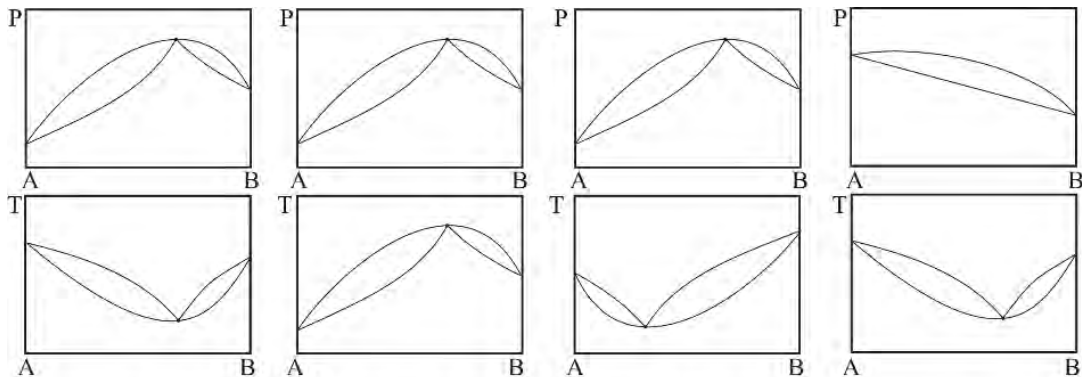
Діаграма перегонки легкої суміші при $P=\text{const}$

- а) 10 % компонента А; б) 10 % компонента В;
в) 30 % компонента А; г) 10 % компонента В.

3. Загальна термодинамічна умова фазової рівноваги записується, як

- а) $\Delta G = 0$; б) $\mu_i = \mu_i^0 + RT \ln p_i$;
в) $\mu_i(\alpha) = \mu_i(\beta)$; г) $\Delta G = -S dT + V dp + \sum \mu_i dn_i$.

4. Графічна інтерпретація 2-го закону Коновалова має вигляд:

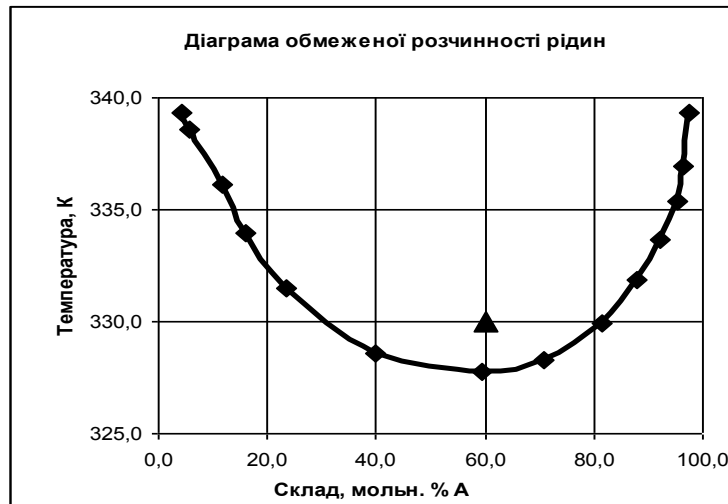


- а) а; б) б; в) в; г) г.

5. Закон розподілу не виконується, коли

- а) третій компонент хімічно взаємодіє з одним з розчинників;
- б) третій компонент обмежено розчиняється в одному з розчинників;
- в) третій компонент повністю дисоціює в одному з розчинників;
- г) третій компонент частково дисоціює в одному з розчинників.

6. В точці, що позначена трикутником, система містить



- а) насичений розчин А в В з вмістом А 60%;
- б) насичений розчин А в В з вмістом В 60%;
- в) два насичених розчина: А в В з вмістом А 30% і В в А з вмістом А 81%;
- г) два насичених розчина: А в В з вмістом В 30% і В в А з вмістом А 81%.

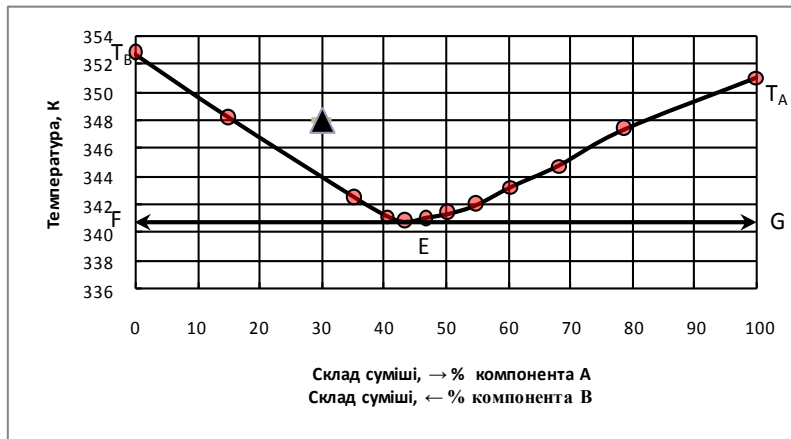
7. Рівняння Шредера визначає

- а) залежність тиску пари від температури;
- б) залежність розчинності твердої речовини від температури;
- в) залежність тиску пари від складу системи;
- г) залежність константи рівноваги від тиску.

8. Азеотропна точка на діаграмі перегонки двокомпонентної системи характеризується

- а) однаковою концентрацією двох компонентів;
- б) максимумом ступенів свободи;
- в) однаковим складом рідкої і газоподібної фаз;
- г) наявністю тільки газоподібної фази.

9. В точці, що позначена трикутником, система



- а) однофазна (розплав) і містить 30% комп. А і 70% комп. В;
 б) однофазна (твердий стан) і містить 70% комп. А і 30% комп. В;
 в) двофазна і містить чисті кристалічні компоненти у співвідношенні 30% А і 70% В;
 г) двофазна і містить чисті кристалічні компоненти у співвідношенні 30% В і 70% А.

10. При якій температурі закипить 10-молярний розчин цукру у воді ($E_{\text{H}_2\text{O}} = 0,52$)?

- а) 100,52 °С; б) 105,2 °С; в) 94,8 °С; г) 99,48 °С.

Варіант 21.

1. Обчисліть молярну масу нафталіну C_{10}H_8 , 5 г якого розчинено у 200 г води, температура замерзання розчину – 0,363° С. Кріоскопічна стала води 1,86.

- а) 129; б) 120; в) 132; г) 218.

2. Розташуйте водні розчини CuCl_2 і Na_2SO_4 у порядку збільшення їх температури, якщо ступені дисоціації в них однакові

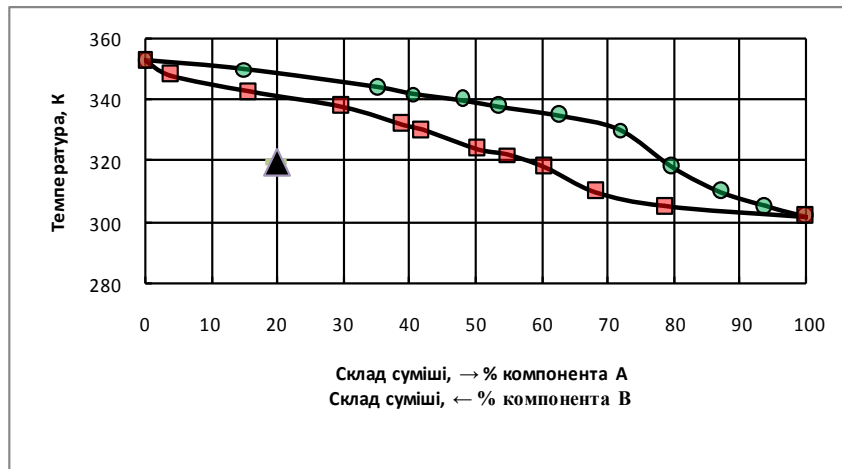
- а) $\text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{CuCl}_2$; б) $\text{Na}_2\text{SO}_4 < \text{CuCl}_2$;
 в) $\text{Na}_2\text{SO}_4 = \text{CuCl}_2$; г) не знаю.

3. Маси фаз, які знаходяться в рівновазі, на діаграмі стану визначаються

- а) за допомогою перпендикулярів, які опущені на вісь складу;
 б) за правилом важеля;
 в) за правилом Ле Шательє;

г) за правилом фаз Гіббса.

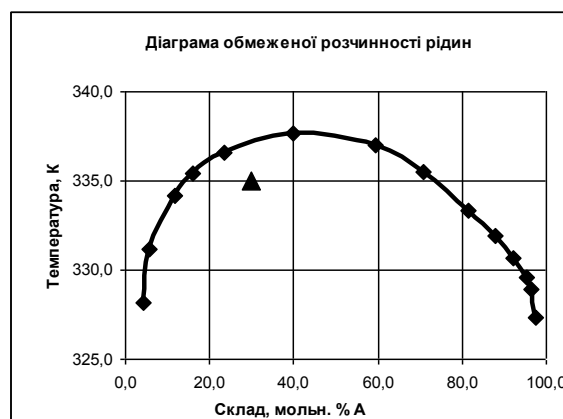
4. При нагріванні системи, позначеної трикутником, летка суміш



Діаграма перегонки леткої суміші при $P=\text{const}$

- а) закипить при $T = 341$ К, у першій бульбашці пари буде 20% комп. А;
- б) закипить при $T = 320$ К, у першій бульбашці пари буде 78% комп. В;
- в) закипить при $T = 320$ К, у першій бульбашці пари буде 78% комп. А;
- г) закипить при $T = 341$ К, у першій бульбашці пари буде 45% комп. А.

5. На діаграмі визначте склад рівноважних фа з в мол % А при $T = 330$ К.



- а) таких координат на діаграмі 14 варіантів;
- б) 30% компонента А;
- в) 5% і 95% компонента А;
- г) 15% і 72% компонента А.

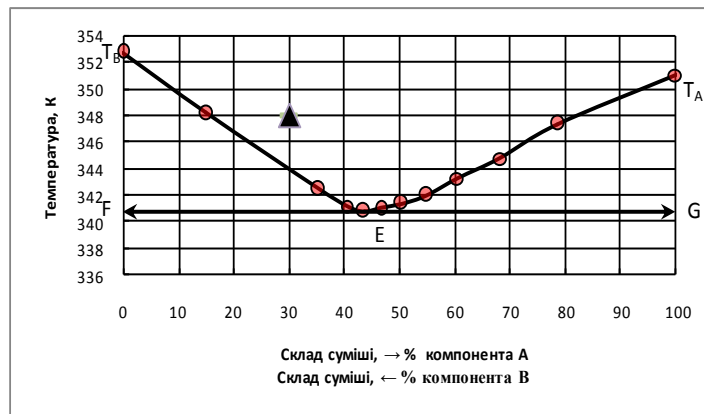
6. Загальна термодинамічна умова фазової рівноваги записується, як

- а) $\Delta G = 0$; в) $\mu_i = \mu_i^0 + RT \ln p_i$;
 б) $\mu_i(\alpha) = \mu_i(\beta)$; г) $\Delta G = -SdT + Vdp + \sum \mu_i dn_i$.

7. Лінію на діаграмі плавкості системи з простою евтектикою, вище якої не існує тверда фаза, називають

- а) кривою плавлення; б) лінією ліквідуса;
 в) лінією солідуса; г) конодою.

8. Визначте число і склад рівноважних фаз на представленій діаграмі при $T=344 \text{ K}$, якщо вміст компонента А в суміші складає 10%.



Діаграма плавкості системи з евтектикою при $P=\text{const}$

- а) розчин 10% А; б) твердий компонент В і розчин 30% А;
 в) твердий компонент А і розчин 30% В;
 г) розчин 100% В і розчин 30% А.

9. Є розчинник, розведений розчин нелеткої речовини і розведений розчин легкої речовини з тією же концентрацією; яка з цих систем буде мати найбільшу температуру кипіння?

- а) розведений розчин нелеткої речовини;
 б) розведений розчин легкої речовини;
 в) розчинник;
 г) всі температури будуть однаковими.

10. Коефіцієнт розподілу при постійній температурі залежить

- а) від концентрації розчиненої речовини;
 б) від кількості екстрагента;
 в) від природи всіх трьох речовин;
 г) від кількості вихідного розчину.

Варіант 22.

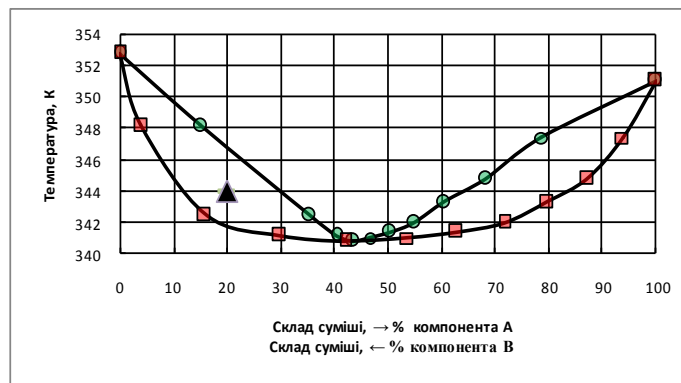
1. Принципи Курнакова – це

- а) принципи геометричної та енергетичної відповідності;
- а) принцип відносності; в) принцип мінімуму енергії;
- г) принцип безперервності та принцип відповідності.

2. При якій температурі закипить розчин нафталіну в бензолі (для бензолу $E=2,6$), якщо він замерзає при $t = 0,38$ °C (для бензолу $K = 5,12$) (температури кипіння і замерзання бензолу, відповідно: 80,1 °C та 5,5 °C)?

- а) 80,1 °C; б) 82,6 °C; в) 85,22 °C; г) 85,3 °C.

3. В точці, що позначена трикутником, склад рідини відповідає вмісту компонентів



Діаграма перегонки леткої суміші при $P=\text{const}$

- а) 20% компонента А і 80% компонента В;
- б) 20% компонента В і 80% компонента А;
- в) 12% компонента А і 88% компонента В;
- г) 12% компонента В і 88% компонента А.

4. При виборі розчинника для здійснення оптимальної екстракції розчиненої речовини з водного розчину треба враховувати, що

- а) він повинен добре змішуватися з водою, а речовина, яку екстрагують, повинна розчинятися в ньому краще, ніж у воді;
- б) він не повинен змішуватися з водою, і розчинність речовини, яку екстрагують, повинна в ньому бути більша, ніж у воді;
- в) він повинен змішуватися з водою й розчинність речовини, яку екстрагують, повинна в ньому бути більша, ніж у воді;
- г) він не повинен змішуватися з водою й розчинність речовини, яку екстрагують, повинна в ньому бути менша, ніж у воді

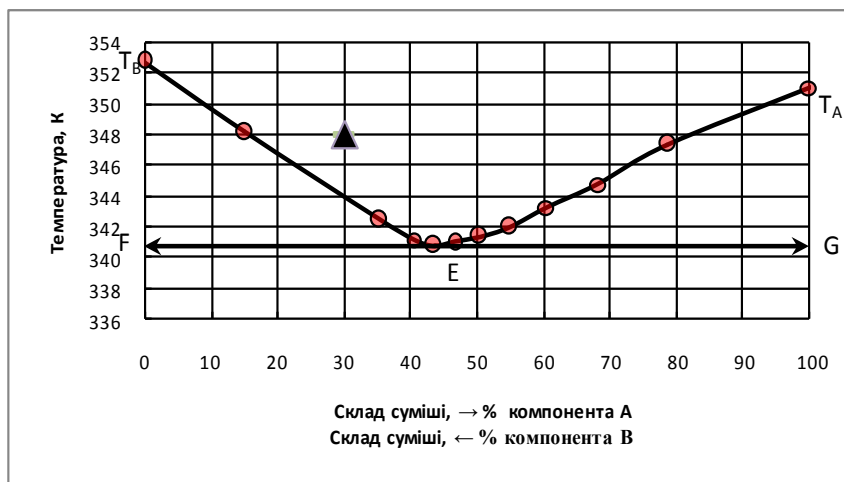
5. Правило Алексєєва для систем з обмеженою розчинністю рідин дозволяє

- а) визначити взаємну розчинність рідин;
- б) визначити координати критичної точки;
- в) визначити масу співіснуючих розчинів;
- г) визначити число ступенів свободи.

6. Щоб знизити температуру кипіння розчину, необхідно

- а) підвищити p , додати розчинник;
- б) понизити p , додати розчинник, що не змішується;
- в) підвищити p , додати розчинник, що не змішується;
- г) понизити p , додати розчинник.

7. Вкажіть температури зламу і зупинки на кривій охолодження для суміші, в якій міститься 30% компонента А, за допомогою діаграми



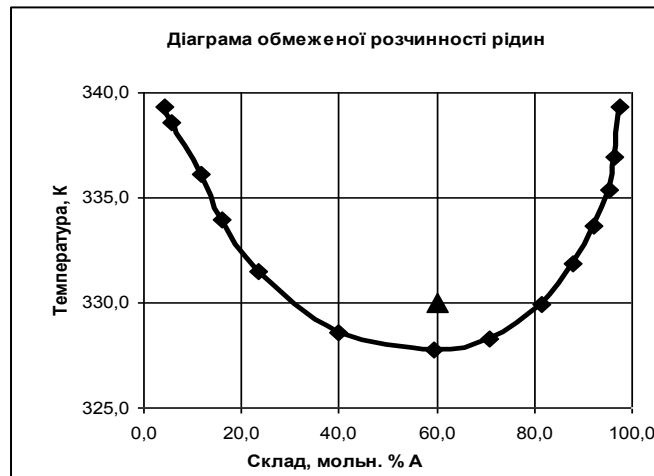
Діаграма плавкості системи з евтектикою при $P=\text{const}$

- а) злам при $T = 348$ К, зупинка при $T=340,8$ К;
- б) злам при $T = 344$ К, зупинка при $T=340,8$ К;
- в) і злам , і зупинка при $T = 344$ К;
- г) і злам , і зупинка при $T = 340,8$ К.

8. Який з двох водних розчинів однакової концентрації – розчин CaCl_2 чи K_2SO_4 закипить раніше (при більш низькій температурі)?

- а) K_2SO_4 ; б) CaCl_2 ;
- в) T кипіння будуть однаковими, тому що однакові концентрації розчинів;
- г) T кипіння будуть однаковими, тому що однакові типи електролітів.

9. В точці, склад якої відповідає 20% компонента А при $T = 335\text{ K}$ у системі



- а) насичений розчин А в В вмістом А 20%;
- б) 2 окремих компоненти у співвідношенні 20/80;
- в) 2 насичених розчина: А в В з вмістом А 13% і В в А з вмістом А 95%;
- г) 2 насичених розчина: А в В з вмістом В 13% і В в А з вмістом В 95%.

10. Склад трикомпонентної системи згідно з методом Розебома визначається за допомогою

- а) висоти рівнобічного трикутника;
- б) бісектриси рівнобічного трикутника;
- в) медіани рівнобічного трикутника;
- г) сторони рівнобічного трикутника.

Варіант 23.

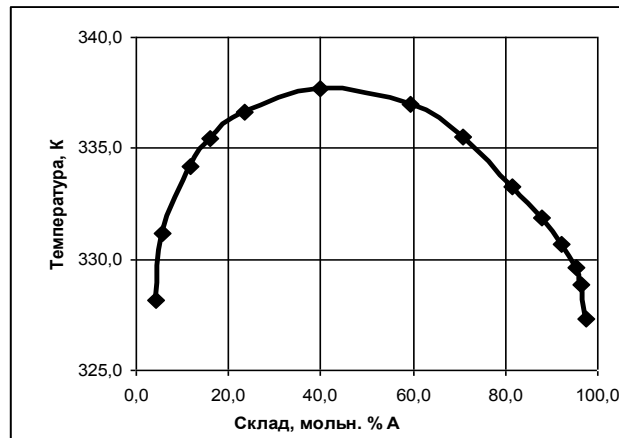
1. Визначте температуру кипіння 5%-го розчину нафталіну $C_{10}H_8$ в бензолі. Температура кипіння бензолу $80,2\text{ }^\circ\text{C}$. Ебуліоскопічна стала бензолу $E = 2,57\text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{кг}/\text{моль}$.

- а) 79,14; б) 81,26; в) 81,49; г) 1,057.

2. Чи можливо на підставі діаграми плавкості зробити висновок про стійкість хімічної сполуки?

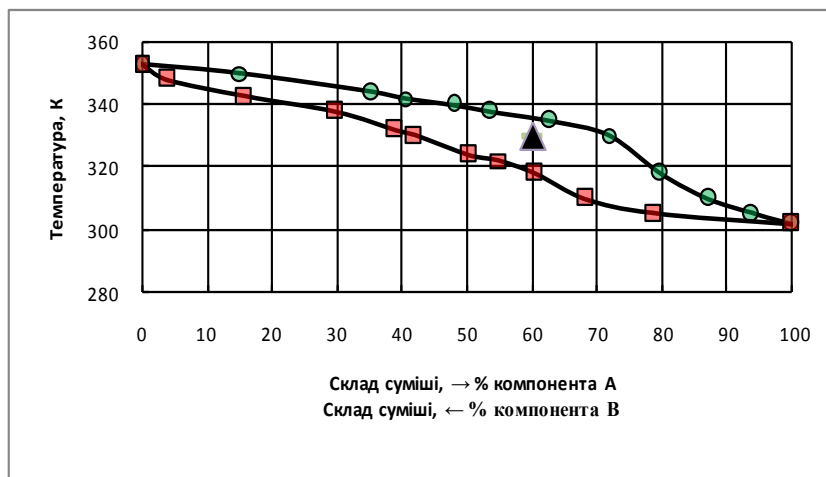
- а) так; б) ні; в) немає ніякого зв'язку;
- г) треба вказати конкретну сполуку.

3. На представленій діаграмі визначте склад і відносну кількість фаз за масою (маса якої фази більша або менша) для точки зі складом 50% компонента А при $T = 335\text{ K}$.



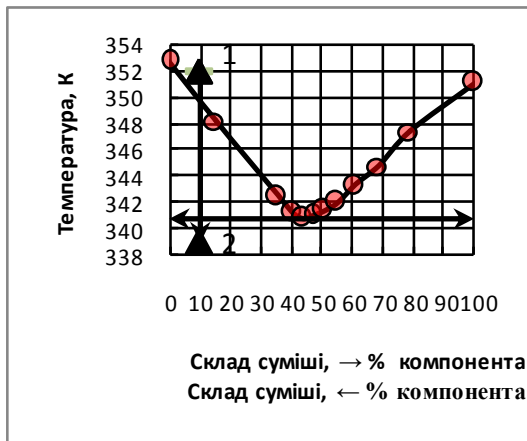
- а) обидві фази – склад 50% А, маси приблизно однакові;
- б) фаза I – склад 15% В і фаза II – 72% В, фаза I в 2 рази більше за масою;
- в) фаза I – склад 15% А і фаза II – 72% А, фаза I в 2 рази більше за масою;
- г) фаза I – склад 15% А і фаза II – 72% А, фаза II в 2 рази більше за масою.

4. В точці, що позначена трикутником на діаграмі, склад пари відповідає вмісту компонентів



- а) 72% компонента А і 28% компонента В;
- б) 60% компонента А і 40% компонента В;
- в) 40% компонента А і 60% компонента В;
- г) 72% компонента В і 28% компонента А.

5. Процесу охолодження азеотропної суміші системи, що наведена на діаграмі плавкості, відповідає крива охолодження, що позначена



Діаграма плавкості системи з евтектикою при $P=\text{const}$ та криві охолодження

- а) зірочками; б) кружальцями;
в) ромбиками; г) квадратиками.

6. Ефективність екстракції залежить

- а) від об'єму фаз, що змішуються;
б) від взаємної розчинності двох рідких фаз;
в) від розмірів площі границі розділу двох фаз;
г) від величини коефіцієнта розподілу.

7. Рівняння Шредера визначає

- а) залежність тиску пари від T ;
б) залежність розчинності твердої речовини від температури;
в) залежність тиску пари від складу системи;
г) залежність константи рівноваги від тиску

8. Повний розділ бінарної суміші шляхом перегонки неможливий

- а) при додатному відхиленні від закону Рауля;
б) при від'ємному відхиленні від закону Рауля;
в) при наявності азеотропної точки;
г) якщо обидва компоненти мають близькі температури кипіння.

9. Загальний вигляд правила фаз Гіббса:

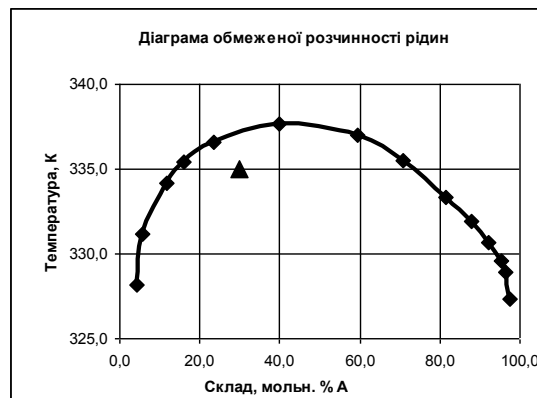
- а) $c = k + \phi - n$; б) $c = k - \phi - n$;
в) $c = k + \phi + n$; г) $c = k - \phi + n$.

10. Розташуйте водні розчини CaSO_4 і MgSO_4 у порядку збільшення їх температури, якщо ступені дисоціації в них однакові

- а) $\text{MgSO}_4 > \text{CaSO}_4$; б) $\text{MgSO}_4 < \text{CaSO}_4$;
в) $\text{MgSO}_4 = \text{CaSO}_4$; г) не знаю.

Варіант 24.

1. Визначте склад рівноважних фаз на діаграмі, в якій розташована точка, позначена трикутником.



- а) розчин А в В, в якому 30% компонента А;
б) розчин I – 17% В і розчин II – 72% В;
в) розчин I – 17% А і розчин II – 72% А;
г) склад рівноважних фаз залежить від температури.

2. Коефіцієнт розподілу – це

а) відношення концентрації третьої речовини у двох розчинах, що не змішуються;

б) відношення концентрацій двох рідин, насичених третім компонентом;

в) постійна величина, що характеризує розчинність третього компонента у двох рідинах, що не змішуються;

г) розподіл третьої речовини між двома розчинниками.

3. За допомогою рівняння Шредера на діаграмі плавкості можна визначити

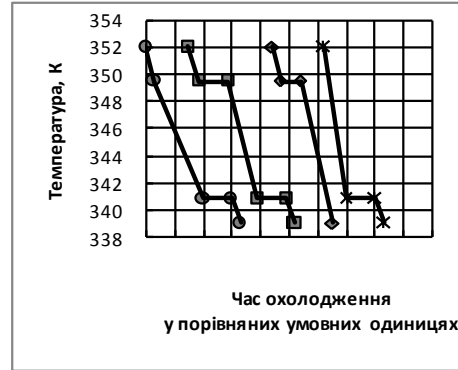
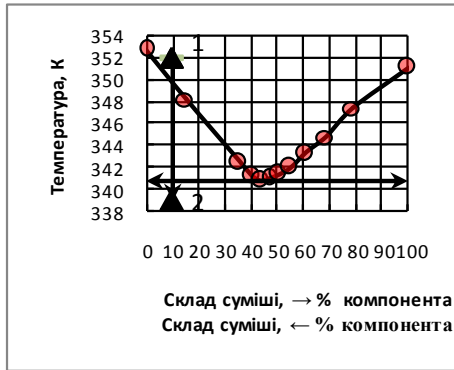
а) криву солідуса;

б) криву ліквідуса;

в) азеотропну точку;

г) фігуративну точку.

4. Процесу охолодження системи від точки 1 до точки 2, що показаний на діаграмі плавкості лінією з трикутниками, відповідає крива охолодження, що позначена



Діаграма плавкості системи з евтектикою при $P=\text{const}$ та криві охолодження

- а) зірочками; б) ромбиками;
в) кружальцями; г) квадратиками.

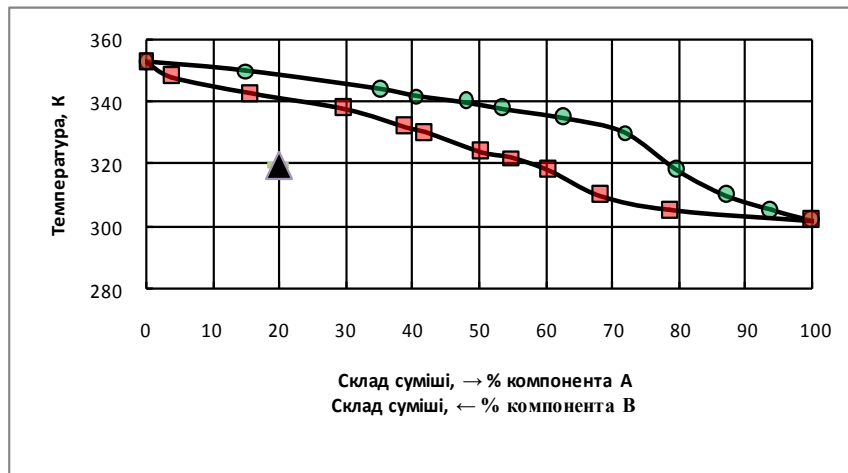
5. Термодинамічна умова мимовільного утворення ідеального розчину при постійних p і T

- а) $\Delta G_{\text{зміш}} < 0$; б) $\Delta H_{\text{зміш}} = 0$;
в) $\Delta S_{\text{зміш}} = 0$; г) $\mu_i = \mu_i^0 + RT \ln p_i$.

6. На площині діаграми однокомпонентної системи кількість фаз дорівнює

- а) 1; б) 2; в) 3; г) 0.

7. При нагріванні системи, позначеної на діаграмі трикутником, летка суміші



Діаграма перегонки леткої суміші при $P=\text{const}$

а) закипить при температурі 320 К, у першій бульбашці пари буде 78% компонента А;

б) закипить при температурі 320 К, у першій бульбашці пари буде 78% компонента В;

в) закипить при температурі 341 К, у першій бульбашці пари буде 20% компонента А;

г) закипить при температурі 341 К, у першій бульбашці пари буде 45% компонента А.

8. Побудова і інтерпретація фазових діаграм проводиться

а) за правилом буравчика;

б) за правилом ле Шательє;

а) за правилом важеля;

г) за правилом фаз Гіббса і принципами Курнакова

9. Розчин, що містить 25,65 г деякого неелектроліту у 300 г води, кристалізується при $t = - 0,465$ °С. Вчисліть молярну масу розчиненої речовини, знаючи, що криоскопічна константа води $1,86$ °С·г/моль.

а) 342;

б) 45,97;

в) 85,5;

г) 290.

10. В якому співвідношенні знаходяться температури кипіння водних розчинів речовин RbCl та MgCl₂ при атмосферному тиску, якщо ступені дисоціації в них однакові

а) $T_{\text{к MgCl}_2} > T_{\text{к RbCl}}$;

б) $T_{\text{к MgCl}_2} < T_{\text{к RbCl}}$;

в) $T_{\text{к MgCl}_2} = T_{\text{к RbCl}}$;

г) не знаю.

Варіант 25.

1. Азеотропна суміш – це

а) суміш пари з рідиною;

б) суміш, у якої склад пари і рідини дорівнює 50%;

в) суміш, у якої склад пари і рідини однаковий;

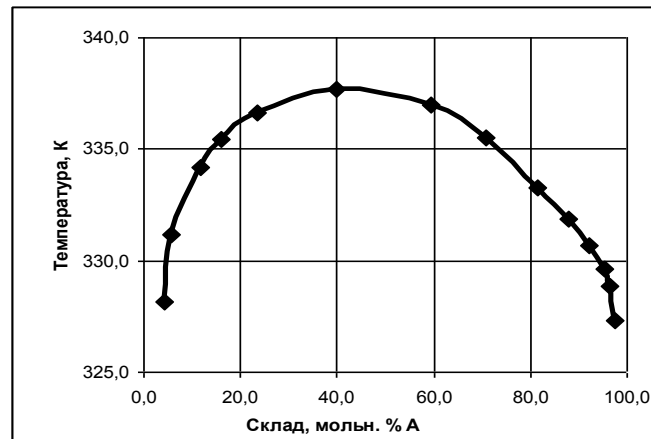
г) суміш, склад пари якої збагачений більш летким компонентом.

2. При зміні кількості третього компонента коефіцієнт розподілу

а) збільшиться; б) зменшиться; в) не зміниться;

г) може збільшитися, може зменшитися.

3. За допомогою діаграми визначте, як зміниться склад 20%-го розчину при переході від $T_1 = 330 \text{ K}$ до $T_2 = 340 \text{ K}$?



а) при $T = 330 \text{ K}$ маємо розчин Б в А з концентрацією 5% В і розчин 95% В, при $T = 340 \text{ K}$ розчин 20% В;

б) при $T = 330 \text{ K}$ маємо розчин А в Б з концентрацією 5% А і розчин 95% А, а при $T = 340 \text{ K}$ розчин 20% В;

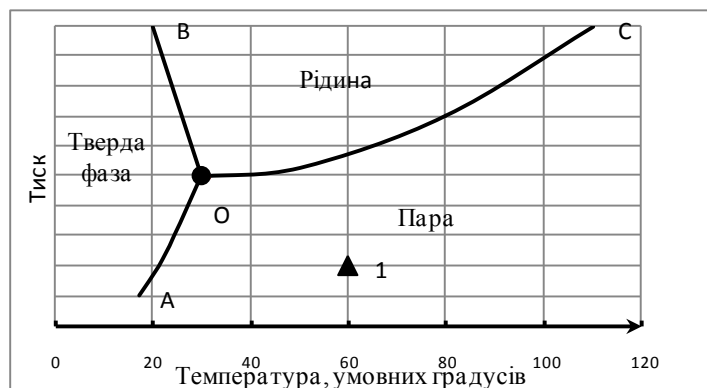
в) при $T = 330 \text{ K}$ маємо розчин А в Б з концентрацією 5% А і розчин 95% А, а при $T = 340 \text{ K}$ розчин 20% А;

г) при T_1 і T_2 концентрація буде 20% А.

4. Рівні маси камфори $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$ і нафталіну C_{10}H_8 розчинені в однакових кількостях бензолу. Який з розчинів кипить при більш високій температурі?

- а) нафталіну; б) камфори;
в) при однакових T ; г) не знаючи T , немає відповіді.

5. В точці 1, що позначена трикутником, система має



Стилізована діаграма стану води

- а) 1 ступінь свободи; б) 2 ступені свободи;
в) 3 ступені свободи; г) не має ступенів свободи.

6. Гомогенна частина системи – це

- а) ступінь свободи;
- б) компонент;
- в) фаза;
- г) складова частина.

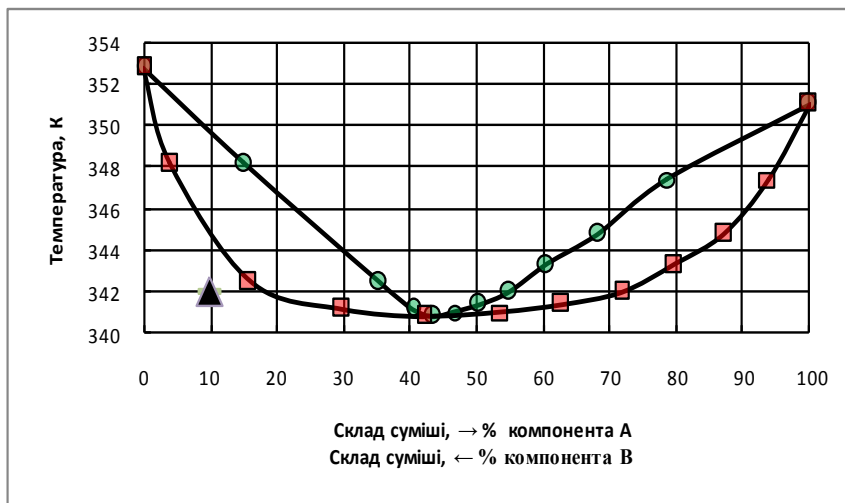
7. Рідина закипає

- а) коли температура досягне 100 °С;
- б) коли тиск насиченої пари над рідиною буде такий, як і над парою;
- в) коли тиск насиченої пари над рідиною дорівнює зовнішньому тиску;
- г) це залежить від речовини.

8. Повний розділ бінарної суміші шляхом перегонки неможливий

- а) при додатному відхиленні від закону Рауля;
- б) при від'ємному відхиленні від закону Рауля;
- в) при наявності азеотропної точки;
- г) якщо обидва компоненти мають близькі температури кипіння.

9. При перегонці системи, позначеної на діаграмі трикутником,



Діаграма перегонки легкої суміші при $P=\text{const}$

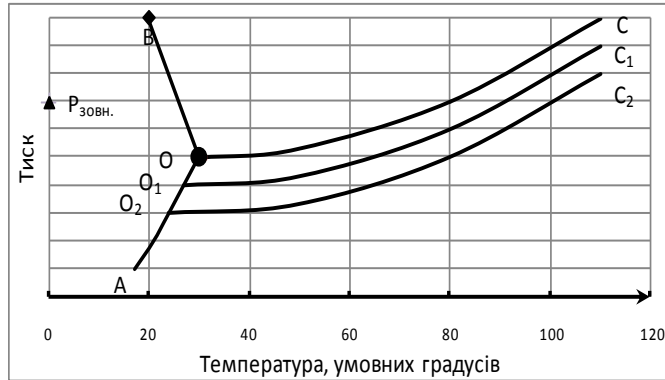
- а) летка суміш розділиться на окремі компоненти;
- б) конденсат буде складатися із чистого компонента А, а кубовий залишок відповідатиме складу азеотропа;
- в) конденсат буде складатися з чистого компонента В, а кубовий залишок відповідатиме складу азеотропа;
- г) конденсат відповідатиме складу азеотропа, а кубовий залишок із чистого компонента В.

10. Розрахувати відносне зниження тиску пари розчину нафталіну в бензолі, якщо 20 г нафталіну $C_{10}H_8$ розчинено у 80 г бензолу.

- а) 0,139; б) 0,152; в) 0,20; г) 0,132.

Варіант 26.

1. При зовнішньому тиску, що позначений на вісі трикутником, вкажіть температуру кипіння більш концентрованого розчину



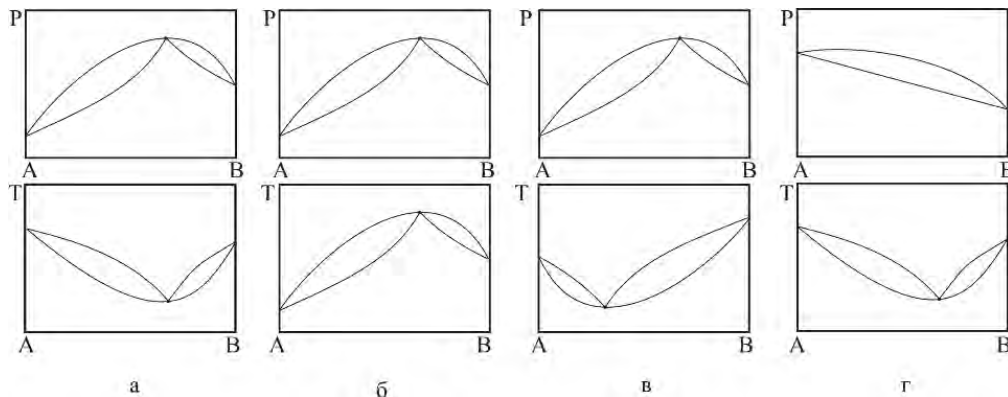
Стилізована діаграма стану води і її нелетких розчинів

- а) при температурі 80 умовних градусів;
 б) при температурі 90 умовних градусів;
 в) при температурі 100 умовних градусів;
 г) при цьому тиску розчин не може кипіти.

2. Перегонка з водяною парою використовується для перегонки

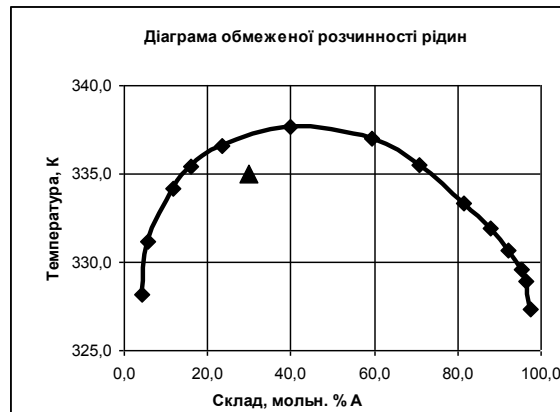
- а) легкої органічної речовини;
 б) стійкої органічної речовини;
 в) нелеткої органічної речовини;
 г) нестійкої органічної речовини.

3. Графічна інтерпретація 2-го закону Коновалова має вигляд:



- а) а; б) б; в) в; г) г.

4. Якого розчину буде більше і приблизно на скільки в точці, позначеною трикутником на діаграмі?



- а) розчину А в Б приблизно в 2 рази;
- б) розчину Б в А приблизно в 2 рази;
- в) маси обох розчинів приблизно однакові;
- г) у даній точці один розчин 30% А.

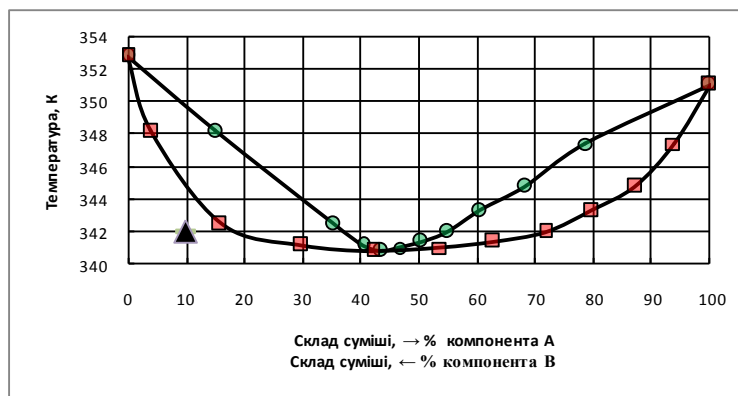
5. Закон розподілу не виконується, коли

- а) 3-й компонент хімічно взаємодіє з одним з розчинників;
- б) 3-й компонент обмежено розчиняється в одному з розчинників;
- в) 3-й компонент повністю дисоціює в одному з розчинників;
- г) 3-й компонент частково дисоціює в одному з розчинників.

6. Який з водних розчинів з однаковими крнцентраціями замерзне при більшій температурі: $AlCl_3$ чи $BaSO_4$?

- а) $AlCl_3$;
- б) $BaSO_4$;
- в) температури однакові
- г) концентрація тут ні до чого.

7. В результаті перегонки системи, позначеної на діаграмі трикутником, перша бульбашка пари має склад:



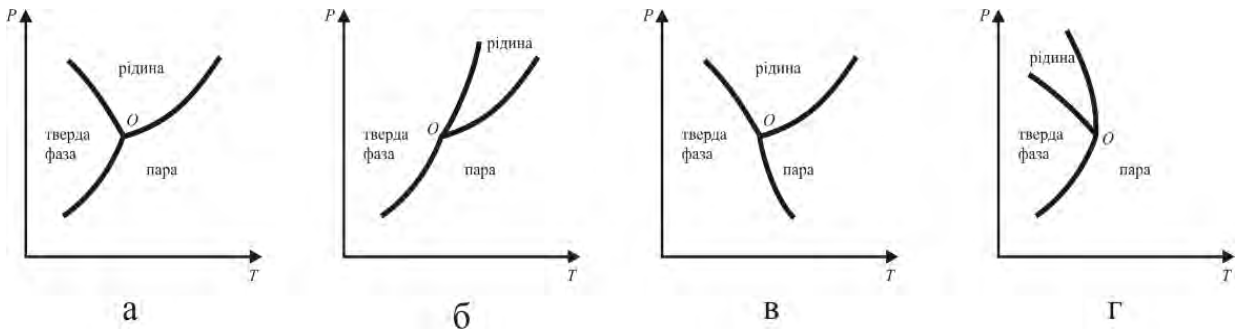
Діаграма перегонки леткої суміші при $P=const$

- а) 10% компонента А; б) 17% компонента А;
 в) 3% компонента А; г) 30% компонента А.

8. Визначити криоскопічну константу оцтової кислоти, знаючи, що розчин, який містить 4,25 г антрацену $C_{14}H_{10}$ у 100 г оцтової кислоти, кристалізується при $T = 15,718$ °С. Температура кристалізації оцтової кислоти $16,65$ °С.

- а) $K = 4,66$; б) $K = 3,9$; в) $K = 5,12$; г) $K = 1,86$.

9. Діаграма стану води в координатах $p - T$ має вигляд:



- а) а; б) б; в) в; г) г.

10. Математичний запис термодинамічної умови рівноваги в багатокомпонентній системі при постійних p і T має вигляд:

- а) $dG = -SdT + Vdp + \sum \mu_i dn_i$;
 б) $\sum \mu_i dn_i = 0$;
 в) $\Delta G = 0$;
 г) $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$.

Варіант 27.

1. Коефіцієнт розподілу при постійній температурі залежить

- а) від концентрації розчиненої речовини;
 б) від кількості екстрагента;
 в) від природи всіх трьох речовин;
 г) від кількості вихідного розчину.

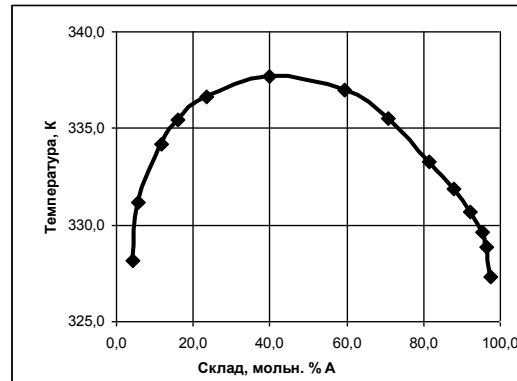
2. В якому співвідношенні знаходяться температури кипіння водних розчинів речовин $RbCl$ та $MgSO_4$ при атмосферному тиску, якщо ступені дисоціації в них однакові

- а) $T_{к MgSO_4} > T_{к RbCl}$; б) $T_{к MgSO_4} < T_{к RbCl}$;
 в) $T_{к MgSO_4} = T_{к RbCl}$; г) не знаю.

3. Якщо до розчину нелеткої речовини в леткому розчиннику додати розчинник, то його температура кипіння

- а) збільшиться; б) зменшиться; в) не зміниться;
г) може збільшитися, може зменшитися.

4. Представлена діаграма ϵ



- а) діаграма розшарування; б) діаграма плавлення;
в) діаграма перегонки; г) діаграма сублімації.

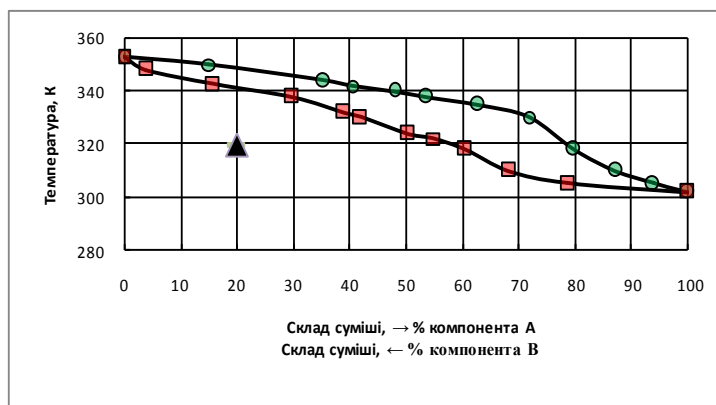
5. Якою математичною залежністю визначається закон Рауля?

- а) $p_1^0 = p_1 N_{\text{рід}}$; б) $p_1 = p_1^0 N_{\text{рід}}$;
в) $p_1 = p_{\text{заг}} N_{1, \text{газ}}$; г) $\ln p_2/p_1 = N_2/N_1$.

6. Визначити T кипіння 15%-го водного розчину пропілового спирту C_3H_7OH , якщо ебуліоскопічна константа води $E = 0,52 \text{ } ^\circ\text{C}$.

- а) $98,47 \text{ } ^\circ\text{C}$; б) $98,47 \text{ } ^\circ\text{C}$;
в) $101,53 \text{ } ^\circ\text{C}$; г) $100 \text{ } ^\circ\text{C}$.

7. При нагріванні системи, позначеної на діаграмі перегонки трикутником, суміш



- а) закипить при температурі 341 К, у першій бульбашці пари буде 20% компонента А;

б) закипить при температурі 320 К, у першій бульбашці пари буде 78% компонента В;

в) закипить при температурі 320 К, у першій бульбашці пари буде 78% компонента А;

г) закипить при температурі 341 К, у першій бульбашці пари буде 45% компонента А.

8. Умови, при яких кристалізується речовина, наступні:

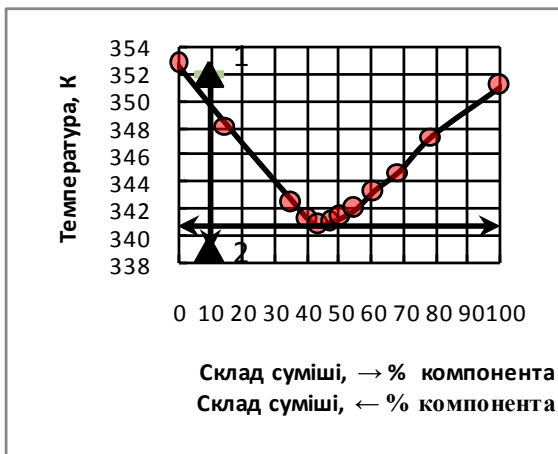
а) коли температура досягне 0 °С;

б) коли тиск насиченої пари над рідиною буде такий, як і над твердою речовиною;

в) коли тиск насиченої пари над рідиною дорівнює зовнішньому тиску;

г) це залежить від речовини.

9. Процесу охолодження системи, яка містить 100% компонента А на діаграмі плавкості, відповідає крива охолодження, що позначена



склад →% компонента А; криві охолодження двокомпонентної системи

а) кружальцями;

б) квадратиками;

в) ромбиками;

г) зірочками.

10. Правило фаз Гіббса для однокомпонентної системи:

а) $c = k - f - 2$; б) $c = 3 + f$;

в) $c = k - f + 2$; г) $c = 3 - f$.

Варіант 28.

1. Умови ефективного проведення екстракції речовини

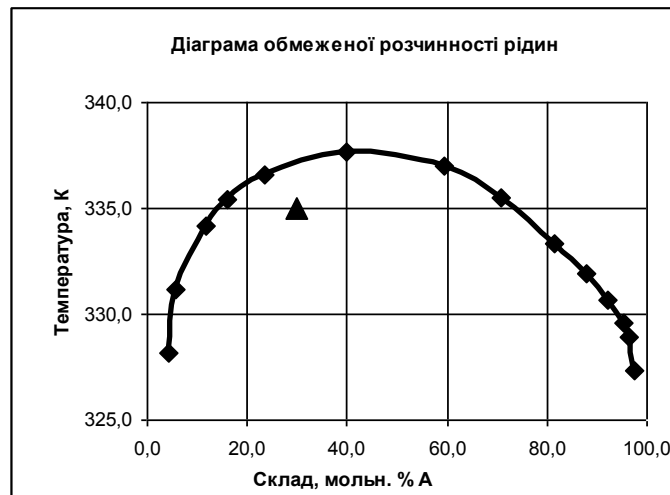
а) K сильно відрізняється від 1, екстракція одноразова з великим об'ємом екстрагента;

б) $K=1$, і екстракція здійснюється одноразово великим об'ємом екстрагента;

в) K сильно відрізняється від 1, екстракція багаторазова невеликими об'ємами екстрагента;

г) $K=1$, і екстракція здійснюється багаторазово невеликими об'ємами екстрагента.

2. Визначити склади рівноважних фаз на діаграмі при температурі 337 К:



а) розчин 1 – 25% А, розчин 2 – 68% А;

б) розчин 1 – 25% А, розчин 2 – 68% В;

в) розчин 1 – 25% В, розчин 2 – 68% В;

г) розчин 1 – 30% А, розчин 2 – 30% А;

3. Згідно з першим законом Коновалова

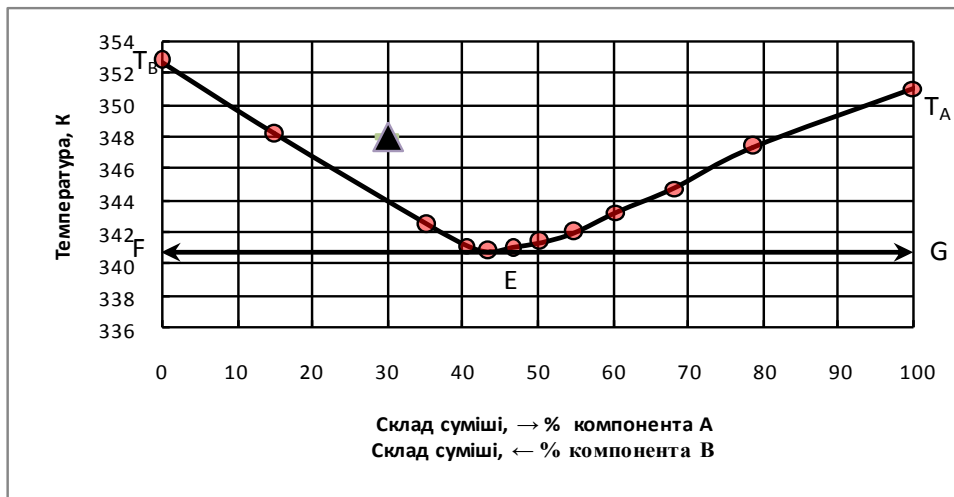
а) склад пари залежить від складу рідини;

б) рівноважний склад пари і рідини однаковий;

в) склад пари в порівнянні з рівноважною рідиною збагачений менш летким компонентом;

г) склад пари в порівнянні з рівноважною рідиною збагачений більш летким компонентом.

4. При складі, що позначений трикутником, при $T = 344 \text{ K}$, система



Діаграма плавкості системи з евтектикою при $P = \text{const}$

- а) однофазна (розплав) і містить 30% компонента А і 70% компонента В;
- б) однофазна (твердий стан) і містить 70% компонента А і 30% компонента В;
- в) двофазна і містить кристалічний компонент В і розплав зі складом 30% А;
- г) двофазна і містить кристалічний компонент В і розплав зі складом 70% А;

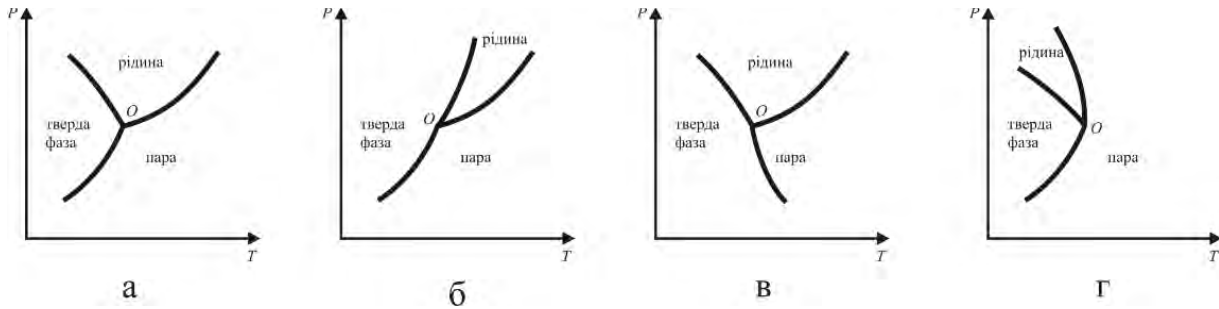
5. Ступінь свободи – це

- а) кількість незалежних параметрів, що визначають систему;
- б) кількість незалежних параметрів, довільна зміна яких не змінює кількості фаз;
- в) кількість незалежних параметрів, довільна зміна яких змінює кількість фаз;
- г) кількість незалежних параметрів, зміна яких неможлива.

6. Скільки грамів аніліну $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ слід розчинити в 50 г етилового ефіру, щоб температура кипіння розчину була вище температури кипіння етилового ефіру на $0,53 \text{ }^\circ\text{C}$? Ебуліоскопічна константа ефіру $E = 2,12 \text{ }^\circ\text{C}$.

- а) 15,7 г; б) 11,6 г; в) 1,16 г; г) 35,13.

7. Діаграма стану води в координатах $p - T$ має вигляд:



- а) а; б) б; в) в; г) г.

8. Термодинамічна умова мимовільного утворення ідеального розчину при постійних p і T

- а) $\Delta G_{\text{зміш}} < 0$; б) $\Delta H_{\text{зміш}} = 0$;
 в) $\Delta S_{\text{зміш}} = 0$; г) $\mu_i = \mu_i^0 + RT \ln p_i$.

9. Дисоціація розчиненої речовини впливає на тиск насиченої пари над розведеним розчином нелеткої речовини в леткому розчиннику наступним чином:

- а) p зростає;
 б) p зменшується;
 в) необхідно вказати, яка речовина розчинена;
 г) дисоціація речовини не впливає на тиск пари над розчином.

10. Ефективність екстракції залежить

- а) від об'єму фаз, що змішуються;
 б) від взаємної розчинності двох рідких фаз;
 в) від розмірів площі границі розділу двох фаз;
 г) від величини коефіцієнта розподілу.

Варіант 29.

1. Значення коефіцієнту розподілу необхідно знати при проведенні

- а) перегонки; б) ректифікації;
 в) екстракції; г) кристалізації.

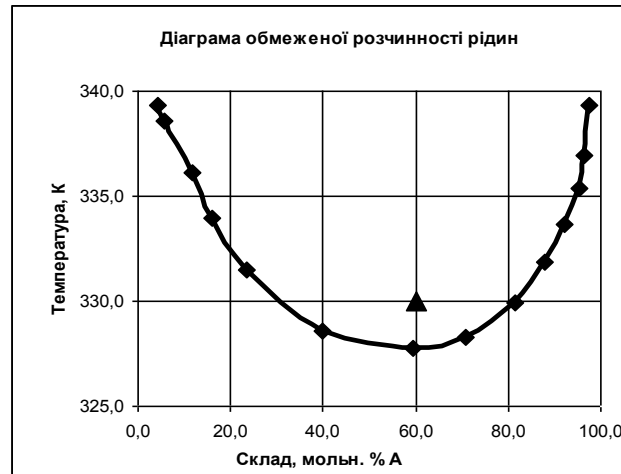
2. Фігуративна точка – це

- а) жирна точка; б) точка на геометричному тілі;
 в) точка на діаграмі стану; г) точка наприкінці відрізка.

3. Склад рівноважних фаз на діаграмі стану визначається

- а) за правилом буравчика; б) за правилом ле Шательє;
 в) за правилом важеля; г) за правилом фаз Гіббса.

4. В точці, що позначена трикутником, система містить

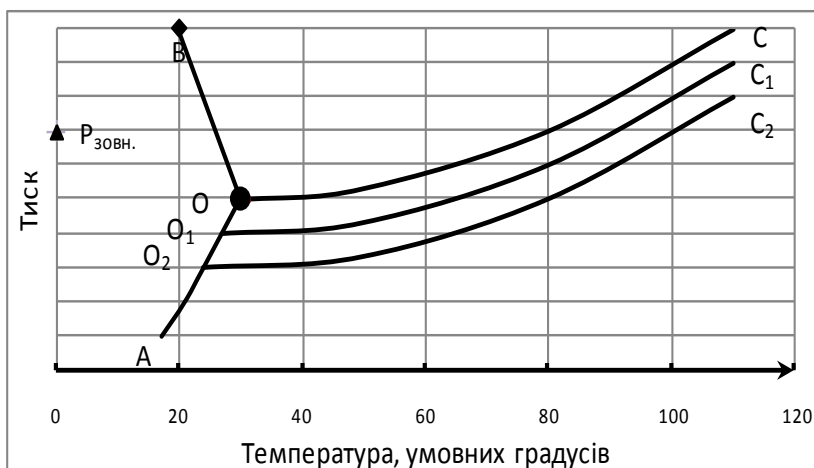


- а) насичений розчин А в В з вмістом А 60%;
 б) насичений розчин А в В з вмістом В 60%;
 в) два насичених розчина: А в В з вмістом А 30% і В в А з вмістом А 81%;
 г) два насичених розчина: А в В з вмістом 81% і В в А з вмістом А 30%.

5. Визначити температуру кристалізації 2% - го розчину етилового спирту C_2H_5OH . Криоскопічна стала води $K = 1,86$.

- а) 0,825; б) - 0,825; в) -1,86; г) - 3,72.

6. При зовнішньому тиску, що позначений на вісі трикутником,



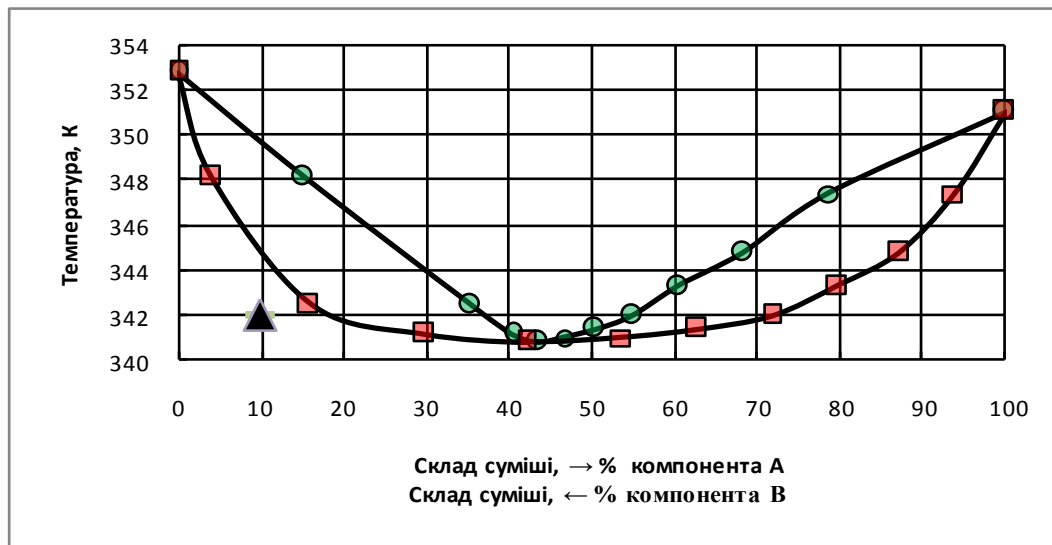
Стилізована діаграма стану води і її нелетких розчинів

- а) чиста вода закипить при T 100 умовних градусів;
- б) розчин з меншою концентрацією закипить при T 100 умовних градусів;
- в) розчин з більшою концентрацією закипить при T 100 умовних градусів;
- г) при цьому тиску розчин не може кипіти.

7. З рівняння Клапейрона-Клаузіуса: $dp/dT = \Delta H_{\text{вип.}}/T\Delta V_{\text{вип.}}$. Чому тиск насиченої пари над рідиною росте при збільшенні T ?

- а) $(dp/dT)_{\text{вип.}} > 0$, тому що при випарюванні ентропія системи зростає;
- б) $(dp/dT)_{\text{вип.}} > 0$, тому що випарювання – мимовільний процес;
- в) $(dp/dT)_{\text{вип.}} > 0$, тому що завжди $\Delta H_{\text{вип.}} > 0$ і $\Delta V_{\text{вип.}} = (V_{\text{п.}} - V_{\text{рід.}}) > 0$;
- г) $(dp/dT)_{\text{вип.}} > 0$, тому що випарювання – процес ендотермічний, а підвищення температури сприяє протіканню такого процесу.

8. Визначити температури утворення першої бульбашки пари та останньої краплі рідини при перегонці 20%-го розчину за допомогою діаграми.



- а) перша бульбашка пари і остання крапля рідини при $T = 341,8$ К;
- б) перша бульбашка пари при $T = 341,8$ К, остання крапля рідини при $T = 346,7$;
- в) перша бульбашка пари при $T = 343,6$ К, остання крапля рідини при $T = 347,5$ К;
- г) перша бульбашка пари і остання крапля рідини при $T = 343$ К.

9. В якому співвідношенні знаходяться температури кипіння водних розчинів речовин RbCl та MgSO₄ при атмосферному тиску, якщо ступені дисоціації в них однакові

- а) $T_{к MgSO_4} > T_{к RbCl}$; б) $T_{к MgSO_4} < T_{к RbCl}$;
 в) $T_{к MgSO_4} = T_{к RbCl}$; г) не знаю.

10. Насиченою парою називається

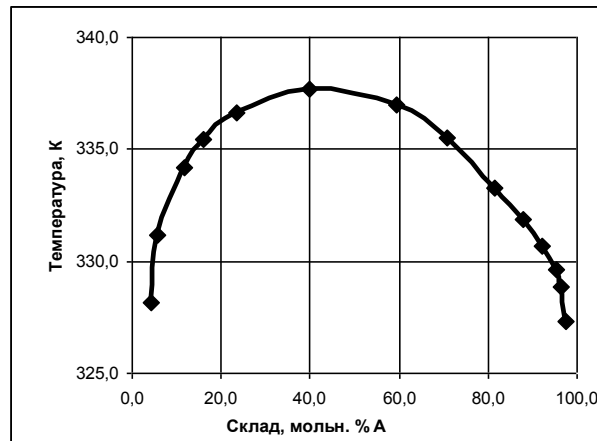
- а) пара, у якої більше не може утворюватися рідина;
 б) пара, що перебуває в рівновазі з рідиною;
 в) пара, у якої починають з'являтися перші краплі рідини;
 г) пара, що знаходиться над рідиною.

Варіант 30.

1. Визначте температуру замерзання розчину, що містить 1 г нітробензолу C₆H₅NO₂ у 10 г бензолу. Кріоскопічна стала бензолу $K = 5,1$, температура замерзання чистого бензолу $T_{зам} = - 5,4$ С.

- а) $- 9,79$ °С; б) $1,01$ °С; в) $- 6,21$ °С; г) $- 4,58$ °С.

2. На представленій діаграмі взяти координати ВКТР.



- а) $T = 337,5$ К, 40% А; б) $T = 325$ К, 100% А;
 в) такої точки немає; г) $T \approx 320$ К, 0% А.

3. Екстракція неефективна при значенні коефіцієнта розподілу

- а) $K \gg 1$; б) $K \ll 1$; в) $K \approx 1$;
 г) у кожному випадку своє значення K .

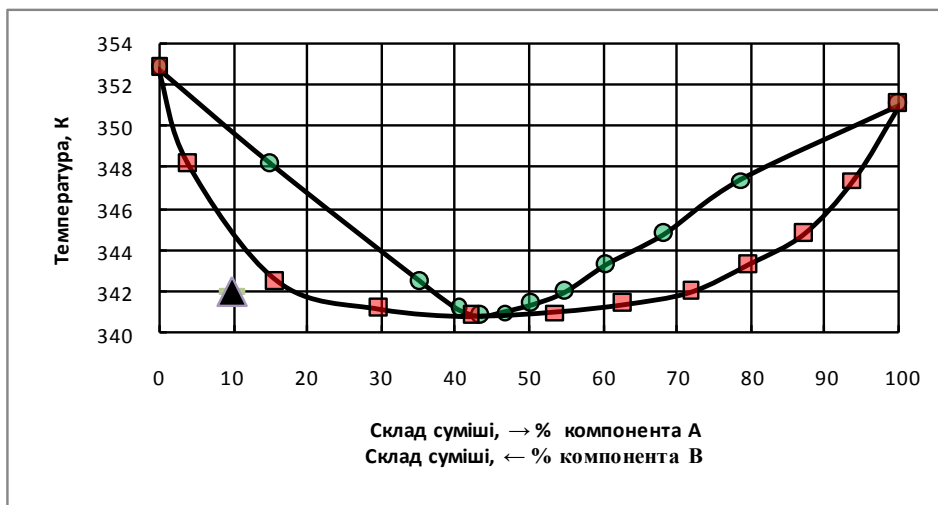
4. В якому співвідношенні знаходяться температури кипіння водних розчинів речовин AlCl₃ та MgCl₂ при атмосферному тиску, якщо ступені дисоціації в них однакові

- а) $T_{к MgCl_2} > T_{к AlCl_3}$; б) $T_{к MgCl_2} < T_{к AlCl_3}$;
 в) $T_{к MgCl_2} = T_{к AlCl_3}$; г) ніякого зв'язку немає.

5. Правило важеля встановлює

- а) співвідношення між кількістю рівноважних фаз;
 б) співвідношення між складом рідини і пари;
 в) співвідношення між складом і температурою;
 г) співвідношення між тиском і температурою.

6. Визначити склад першої бульбашки пари та останньої краплі рідини при перегонці 20% розчину по діаграмі



Діаграма перегонки леткої суміші при $P=\text{const}$

- а) перша бульбашка пари і остання крапля рідини 20% А;
 б) перша бульбашка пари 27% А, остання крапля рідини 5 % А;
 в) перша бульбашка пари 60% А, остання крапля рідини 93% А;
 г) перша бульбашка пари і остання крапля рідини 80% А.

7. Число ступенів свободи (c) в однокомпонентній системі на лінії дорівнює:

- а) 3; б) 2; в) 1; г) 0.

8. При зміні кількості третього компонента коефіцієнт розподілу

- а) збільшиться; б) зменшиться; в) не зміниться;
 г) може збільшитися, може зменшитися.

9. Математичний запис термодинамічної умови рівноваги в багатокомпонентній системі при постійних p і T має вигляд:

а) $dG = -SdT + Vdp + \sum \mu_i dn_i$;

б) $\sum \mu_i dn_i = 0$; в) $\Delta G = 0$;

г) $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$.

10. В якому співвідношенні знаходяться температури кипіння водних розчинів речовин AlCl_3 та MgCl_2 при атмосферному тиску, якщо ступені дисоціації в них однакові

а) $T_{\text{к MgCl}_2} > T_{\text{к AlCl}_3}$;

б) $T_{\text{к MgCl}_2} < T_{\text{к AlCl}_3}$;

в) $T_{\text{к MgCl}_2} = T_{\text{к AlCl}_3}$;

г) ніякого зв'язку немає.

Варіант 31.

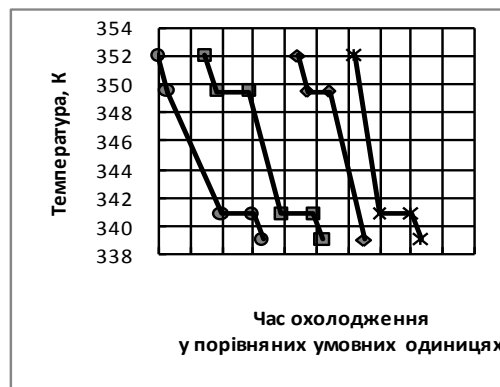
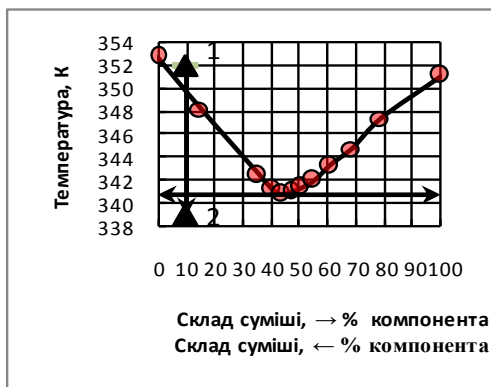
1. Шляхом аналізу рівняння Клапейрона – Клаузіуса поясніть, чому тиск насиченої пари над рідкою фазою завжди зростає зі збільшенням температури

- а) тому що зі збільшенням температури ΔH і ΔV додатні;
- б) тому що зі збільшенням температури ΔH і ΔV від'ємні;
- в) тому що зі збільшенням температури росте енергія молекул;
- г) треба вказати конкретну речовину.

2. Чим відрізняється гомогенна система від гетерогенної?

- а) об'ємом; б) температурою;
- в) кількістю фаз; г) площею.

3. Процесу охолодження системи від точки 1 до точки 2, який показаний на діаграмі плавкості лінією з трикутниками, відповідає крива охолодження:



- а) перша; б) друга; в) третя; г) четверта.

4. Чим можна охарактеризувати евтектичну точку на діаграмі плавкості?

- а) евтектична точка на діаграмі відповідає двофазній рівновазі рідини і кристалічної фази;
- б) трифазній рівновазі в умовах, коли з розплаву одночасно кристалізуються дві фази;
- в) трифазній рівновазі в умовах, коли з розплаву одна з твердих фаз з'являється, а інша зникає (розчиняється);
- г) в евтектичній точці система гомогенна

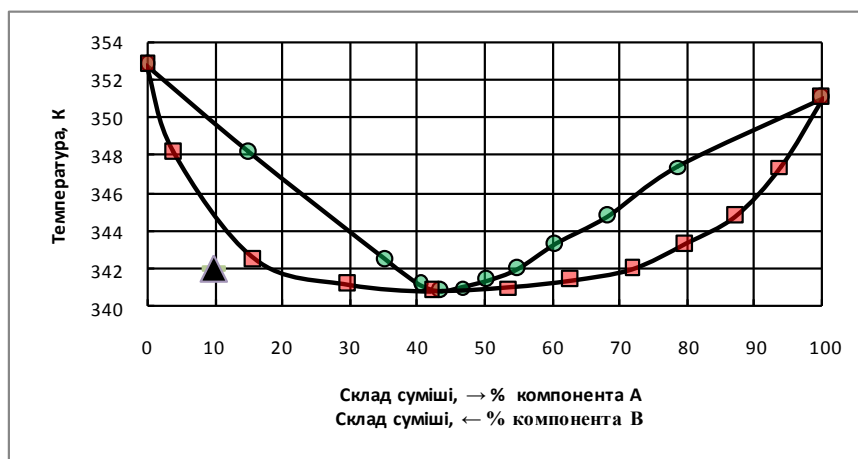
5. *Склади співіснуючих фаз у гетерогенних областях на діаграмі стану визначаються*

- а) за допомогою перпендикулярів, опущених на вісь складу;
- б) за правилом важеля;
- в) за правилом ле Шательє;
- г) за правилом фаз Гіббса.

6. *Коефіцієнт розподілу йоду між аміловим спиртом та водою при $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $K = 230$. При рівноважній концентрації йоду у водному шарі $0,2\text{ г/л}$ концентрація йоду в аміловому спирті дорівнює:*

- а) $35,16\text{ г/л}$; б) $46,0\text{ г/л}$; в) $57,1\text{ г/л}$.

7. *Визначити склад першої бульбашки пари та останньої краплі рідини при перегонці 80% розчину за допомогою діаграми перегонки легкої суміші при $p = \text{const}$*



- а) перша бульбашка пари і остання крапля рідини 80% А;
- б) перша бульбашка пари 60% А, остання крапля рідини 5% А;
- в) перша бульбашка пари 60% А, остання крапля рідини 95% А;
- г) перша бульбашка пари 30% і остання крапля рідини 12% А.

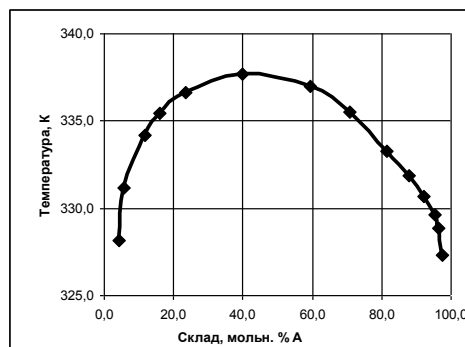
8. В якому співвідношенні знаходяться температури кипіння водних розчинів речовин CaCl_2 та NaCl при атмосферному тиску, якщо ступені дисоціації в них однакові

- а) $T_{\text{к CaCl}_2} > T_{\text{к NaCl}}$; б) $T_{\text{к CaCl}_2} < T_{\text{к NaCl}}$;
 в) $T_{\text{к CaCl}_2} = T_{\text{к NaCl}}$; г) ніякого зв'язку немає.

9. Визначте температуру замерзання розчину, що містить 10 г нітробензолу $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ у 200 г бензолу. Кріоскопічна стала бензолу $K = 5,1$, температура замерзання чистого бензолу $T_{\text{зам}} = -5,4^\circ\text{C}$.

- а) $-3,33^\circ\text{C}$; б) $1,01^\circ\text{C}$; в) $-7,47^\circ\text{C}$; г) $-4,58^\circ\text{C}$.

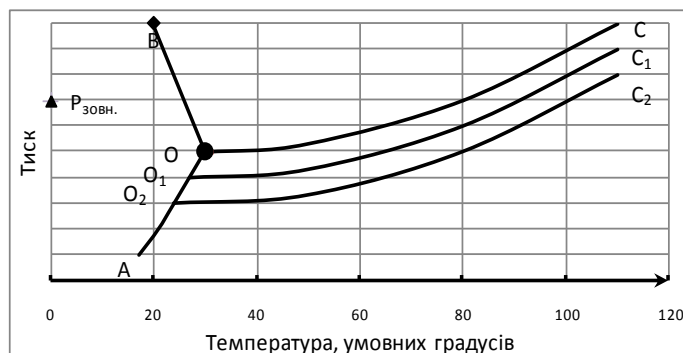
10. На представленій діаграмі взяти координати нктр



- а) $T = 337,5\text{ K}$, 40% А; б) $T = 325\text{ K}$, 100% А;
 в) такої точки немає; г) $T \approx 320\text{ K}$, 0% А

Варіант 32.

1. При зовнішньому тиску, що позначений на вісі діаграми стану води і її нелетких розчинів трикутником,



- а) чиста вода закипить при T 100 умовних градусів;
 б) розчин з меншою концентрацією закипить при T 100 умовних градусів;
 в) розчин з більшою концентрацією закипить при T 100 умовних градусів;
 г) при цьому тиску розчин не може кипіти.

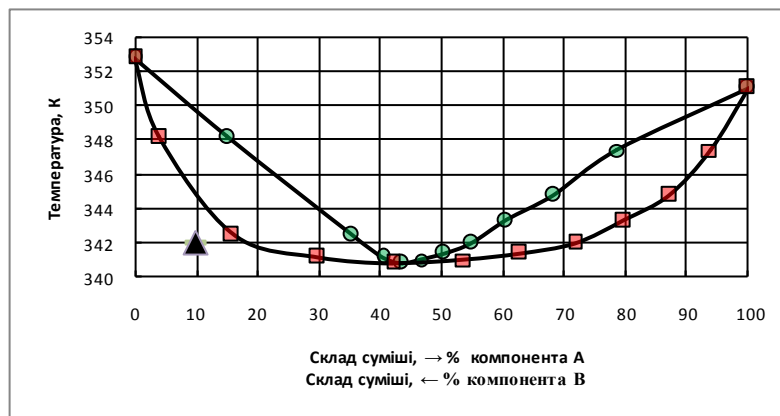
2. Поясніть, чому не можна залишати воду у скляних ємностях на зиму?

- а) вона зіпсується;
- б) тому, що густина води більша за густина льоду;
- в) тому, що густина льоду більша за густина води;
- г) не знаю

3. Є розчинник, розведений розчин нелеткої речовини і розведений розчин леткої речовини з тією же концентрацією; яка з цих систем буде мати найбільшу температуру кипіння?

- а) всі температури будуть однаковими;
- б) розведений розчин леткої речовини;
- в) розчинник;
- г) розведений розчин нелеткої речовини.

4. Визначити температури утворення першої бульбашки пари та останньої краплі рідини при перегонці 20% розчину за допомогою діаграми



- а) 1 бульбашка пари і остання крапля рідини при $T = 341,8 \text{ K}$;
- б) 1 бульбашка пари при $T = 341,8 \text{ K}$, остання крапля рідини $T = 346,7$;
- в) перша бульбашка пари при $T = 343,6 \text{ K}$, остання крапля рідини при $T = 347,5 \text{ K}$;
- г) перша бульбашка пари і остання крапля рідини при $T = 343 \text{ K}$.

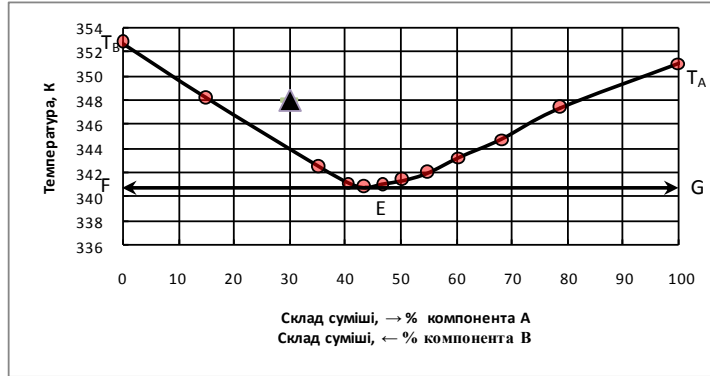
5. В якому співвідношенні знаходяться температури кипіння водних розчинів речовин CuCl_2 та KCl при атмосферному тиску, якщо ступені дисоціації в них однакові

- а) $T_{\text{к CuCl}_2} > T_{\text{к KCl}}$;
- б) $T_{\text{к CuCl}_2} < T_{\text{к KCl}}$;
- в) $T_{\text{к CuCl}_2} = T_{\text{к KCl}}$;
- г) може бути будь-який варіант.

6. При якій температурі замерзне 10М розчин цукру в воді? ($K_{\text{води}} = 1,86$)?

- а) 0; б) 18,6; в) -1,86; г) - 18,6.

7. При нагріванні системи, що містить 80% А, при $T = 344 \text{ K}$ склад першої краплі розплаву



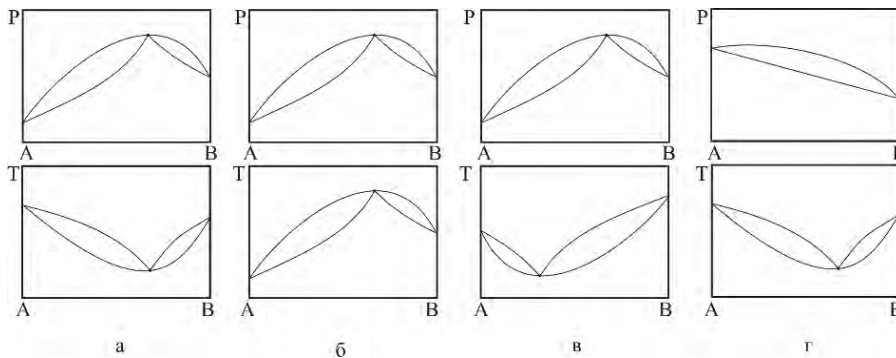
Діаграма плавкості системи з евтектикою при $P = \text{const}$

- а) 80% А; б) 80% В; в) 65% А; г) 65% В.

8. Вилучення з багатокомпонентного розчину одного або декількох компонентів за допомогою іншого розчинника, що має вибірково їх розчиняти, називається

- а) ректифікація; б) фракційна перегонка;
в) екстракція; г) висоління.

9. Графічна інтерпретація 2-го закону Коновалова має вигляд:



- а) а; б) б; в) в; г) г.

10. Якими властивостями розчинника або розчиненої речовини визначається ебуліоскопічна константа?

- а) властивостями розчиненої речовини ($M, T_{\text{кип}}, \Delta H$);
б) властивостями розчинника ($M, T_{\text{кип}}, \Delta H$);
в) властивостями і розчинника, і розчиненої речовини;
г) вона не залежить від властивостей ні розчинника, ні розчиненої речовини.

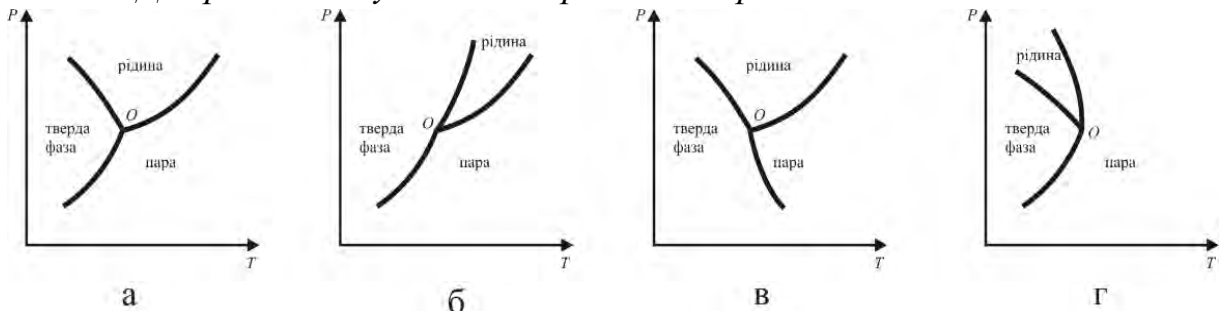
Варіант 33.

1. *Визначити, скільки фаз буде у системі, якщо змішали:*

1) 2 тверді солі (NaCl і KCl); 2) 2 водні розчини солей (NaCl і KCl).

- а) одна фаза і в першому, і в другому випадку;
- б) одна фаза при змішуванні двох твердих солей і дві фази при змішуванні розчинів;
- в) дві фази і при змішуванні і твердих солей, і розчинів;
- г) одна фаза при змішуванні розчинів та дві фази при змішуванні двох твердих солей.

2. *Діаграма стану води в координатах $p - T$ має вигляд:*



- а) а; б) б; в) в; г) г.

3. *Кількість термодинамічних ступенів свободи на діаграмі стану визначаються*

- а) за правилом буравчика; а) за правилом ле Шательє;
- а) за правилом важеля; г) за правилом фаз Гіббса.

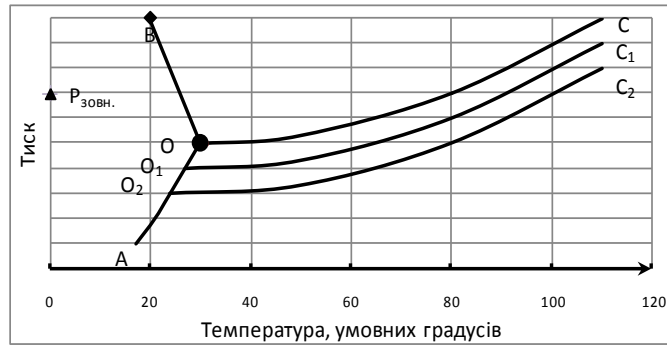
4. *Маси фаз, які знаходяться в рівновазі, на діаграмі стану визначаються*

- а) за допомогою перпендикулярів, які опущені на вісь складу;
- б) за правилом важеля;
- в) за правилом Ле Шательє;
- г) за правилом фаз Гіббса.

5. *Рідина закипає*

- а) коли температура досягне 100 °С;
- б) коли тиск насиченої пари над рідиною буде такий, як і над парою;
- в) коли тиск насиченої пари над рідиною дорівнює зовнішньому тиску;
- г) це залежить від речовини

6. При зовнішньому тиску, що позначений на вісі трикутником,



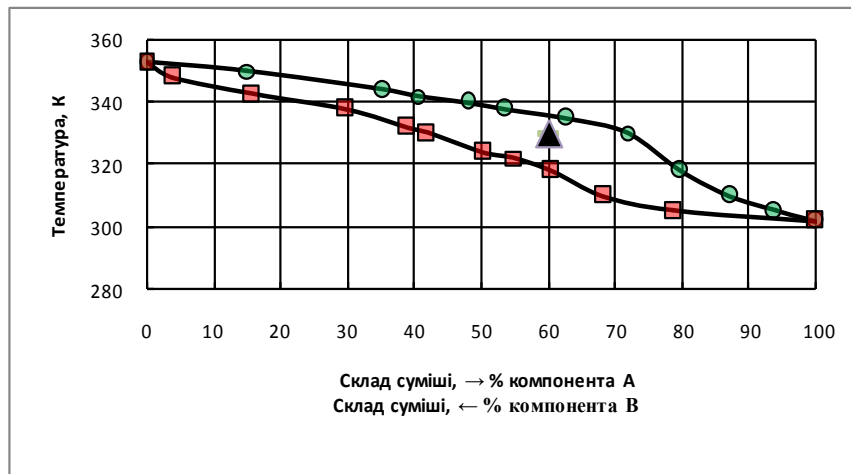
Стилізована діаграма стану води і її нелетких розчинів

- а) чиста вода закипить при T 100 умовних градусів;
- б) розчин з меншою концентрацією закипить при T 100 умовних градусів;
- в) розчин з більшою концентрацією закипить при T 100 умовних градусів;
- г) при цьому тиску розчин не може кипіти.

7. Скільки фігуративних точок може бути на діаграмі стану системи?

- а) 1; б) 5; в) 3;
- г) нескінченно велика кількість.

8. В точці, що позначена трикутником, склад рідини відповідає вмісту компонентів



Діаграма перегонки леткої суміші при $P = \text{const}$

- а) 72% компонента В і 28% компонента А;
- б) 60% компонента А і 40% компонента В;
- в) 40% компонента А і 60% компонента В;
- г) 72% компонента А і 28% компонента В.

9. Які розчини не можуть бути розділені шляхом перегонки на чисті компоненти?

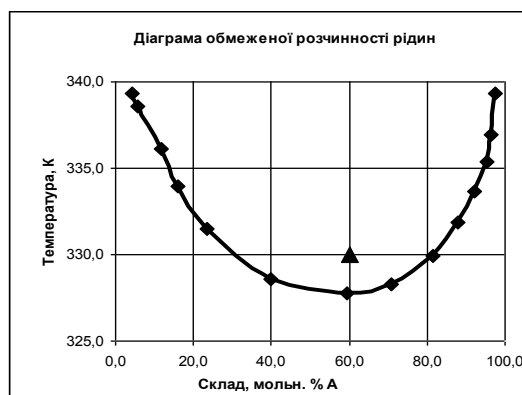
а) які мають досить велику різницю у температурах кипіння компонентів;

б) розчини, що містять компоненти, які відрізняються за природою та полярністю зав'язків у молекулах;

в) розчини, що мають точки екстремуму на діаграмах температура кипіння – склад;

г) не мають екстремумів на діаграмах температура кипіння – склад.

10. В точці, що позначена трикутником, система містить



а) насичений розчин А в В з вмістом А 60%;

б) насичений розчин А в В з вмістом В 60%;

в) два насичених розчина: А в В з вмістом А 30% і В в А з вмістом А 18%;

г) два окремих компоненти у співвідношенні 60 до 40.

Варіант 34.

1. Виходячи з рівняння Клапейрона–Клаузіуса, поясніть, яка з кривих: сублімації або випаровування йде найбільш круто?

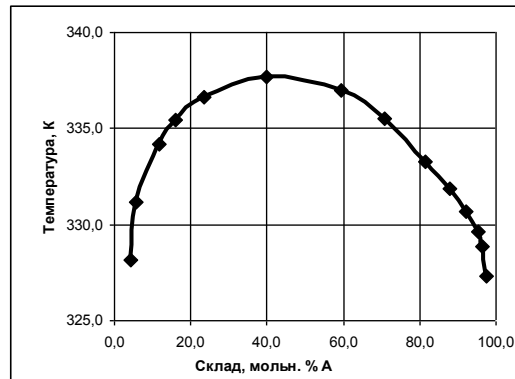
а) крива випаровування, тому що теплота випаровування більша за теплоту сублімації;

б) між ними немає різниці;

в) крива сублімації, тому що теплота сублімації більша за теплоту випаровування;

г) для кожної речовини по-різному.

2. Вказати склад рівноважних фаз на діаграмі розширення, $T = 330 \text{ K}$.



- а) 40% компонента А;
- б) 5% компонента А; 95% компонента А;
- а) 5% комп. В; 95% комп. А;
- г) 5% комп. А; 95% комп. В.

3. При охолодженні евтектичної суміші нижче лінії солідуса фігура-тивна точка системи складається

- а) з рідкого низькоплавкого компонента та твердих кристалів евтектичної суміші;
- б) з найдрібніших зрощених кристалів компонентів;
- в) з великих кристалів більш високоплавкого компонента та рідкої евтектичної суміші;
- г) з великих кристалів низькоплавкого компонента та рідкої евтектичної суміші.

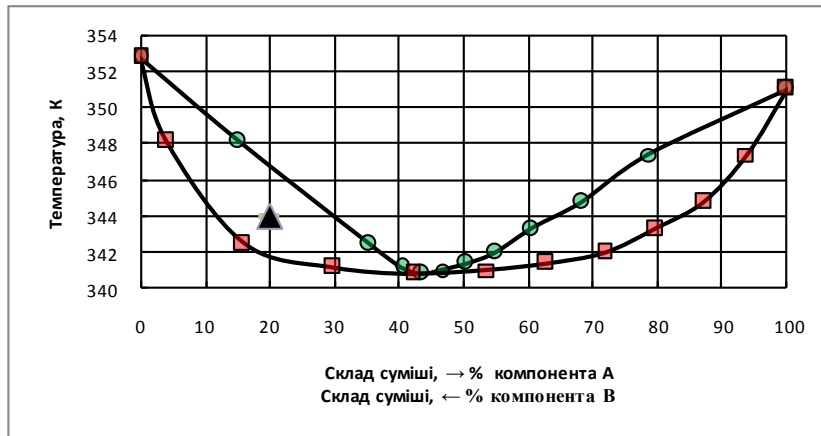
4. Температуру і склад речовини, що утворилась на діаграмі плавкості, можна визначити:

- а) за температурою плавлення одного з компонентів системи;
- б) за координатами дистектичного максимуму;
- в) за температурою плавлення та складом евтектики;
- г) за будь-якою точкою на кривій ліквідуса з'єднання.

5. Визначити відсоткову концентрацію водного розчину глюкози $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, якщо цей розчин кипить при $101,04 \text{ }^\circ\text{C}$. Ебуліоскопічна константа води $0,52 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{кг}/\text{моль}$.

- а) 24,5%; б) 2,45%; в) 0,245%; г) 2%.

6. В точці, що позначена трикутником, склад пари відповідає вмісту компонентів



Діаграма перегонки легкої суміші при $P=\text{const}$

- а) 12% А і 88% В; а) 20% А і 80% В ;
 а) 30% А і 70% В ; г) 30% В 70% А.

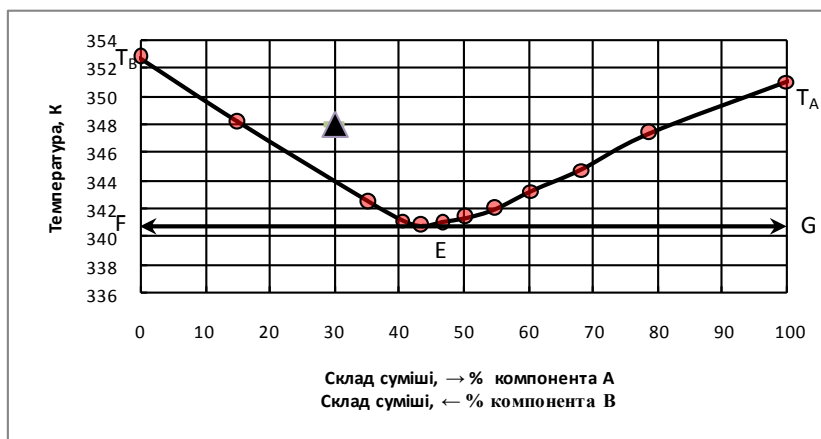
7. Яким умовам відповідає рівновага термодинамічної системи?

- а) однаковий агрегатний стан всіх компонентів системи;
 б) рівність хімічних потенціалів кожного компонента у всіх фазах;
 в) відсутність видимих процесів чи явищ;
 г) мінімальне значення ентропії.

8. Залежність розчинності твєдої речовини від температури при утворенні ідеального розплаву визначається рівнянням

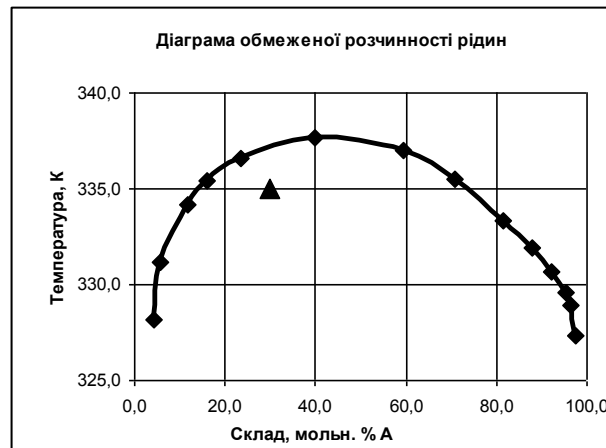
- а) Гіббса; б) Рауля; в) Коновалова; г) Шредера.

9. При нагріванні системи, що містить 10% А, при $T = 348 \text{ K}$ склад першої краплі розплаву



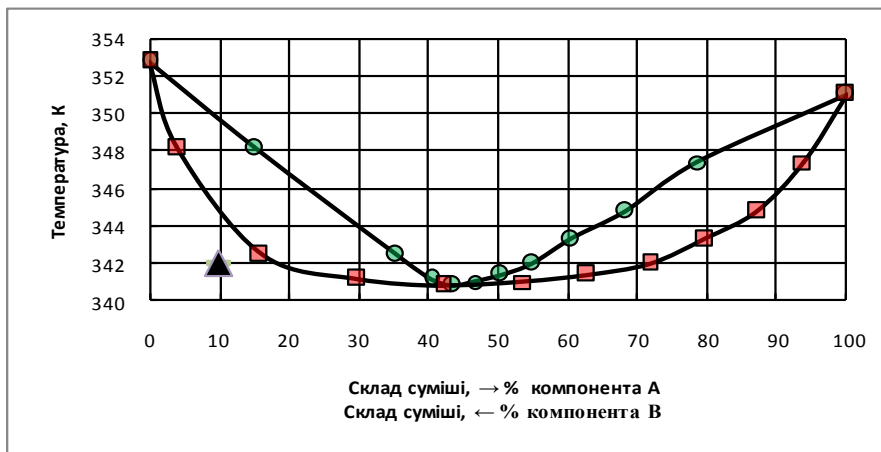
Діаграма плавкості системи з евтектикою при $P=\text{const}$

4. Якого розчину буде більше і приблизно на скільки в точці, позначеною трикутником на діаграмі?



- а) розчину А в Б приблизно в 2 рази;
- б) розчину Б в А приблизно в 2 рази;
- в) маси обох розчинів приблизно однакові;
- г) в даній точці один розчин 30% А.

5. В результаті перегонки системи, позначеної на діаграмі трикутником, перша бульбашка пари має склад:



- а) 10% компонента А;
- а) 17% компонента А;
- а) 3% компонента А;
- г) 30% компонента А.

6. Чому дорівнює кількість гомогенних областей та який їх агрегатний стан на діаграмі плавкості системи з однією евтектикою?

- а) дві області: рідка та тверда;
- б) одна, рідкий розплав;
- в) одна, твердий розчин;
- г) три області: дві рідкі та одна тверда.

7. Що є нодою на фазових діаграмах кипіння бінарних сумішей (розчинів)

- а) лінія сталості складу рідкої суміші;
- б) лінія, яка зв'язує температури кипіння чистих рідин;
- в) вісь складу рідкої суміші;
- г) лінія, що зв'язує рівноважні склади рідини та пари.

8. Умови, при яких кристалізується речовина, наступні:

- а) коли температура досягне $0\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- б) коли тиск насиченої пари над рідиною буде такий, як і над твердою речовиною;
- в) коли тиск насиченої пари над рідиною дорівнює зовнішньому тиску;
- г) це залежить від речовини.

9. Температура кристалізації розчину, що містить 66,3 г неелектроліту в 500 г води, дорівнює $t = -0,558\text{ }^{\circ}\text{C}$. Визначити молярну масу розчиненої речовини ($K_{\text{води}} = 1,86,1\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{кг/моль}$).

- а) 44,2 г/моль; б) 4,42 г/моль;
- в) 442 г/моль; г) 66,3 г/моль.

10. Укажіть, якими властивостями розчинника або розчиненої речовини визначається величина ебуліоскопічної постійної (E)

- а) E залежить тільки від концентрації розчину;
- б) властивостями розчиненої речовини;
- в) властивостями розчинника;
- г) властивостями обох компонентів.

Список літератури

1. Лебідь В. І. Фізична хімія. Харків: Гімназія. 2008.
2. Гомонай В.І., Гомонай О.В. Фізична хімія. Підручник. Ужгород: ВАТ «Патент». 2004.
3. Яцимирський В.К. Фізична хімія. Київ: «Перун». 2007.
4. Руднева С. І. Термодинаміка и хімічні рівноваги. Навчальний посібник. Харків: НТУ «ХП». 2008.
5. Руднева С. І. Фізична хімія. Навчальний посібник. Харків: НТУ «ХП». 2017.
6. Термохімія: задачі з курсу фізичної хімії та методичні вказівки до їх самостійного розв'язання / за заг. ред. Ю. І. Долженка. Харків: НТУ ХП. 2005.
7. Руднева С.І., Дженюк А.В., Сахненко М.Д. Фізична хімія. Навчальний посібник для дистанційної підготовки до лабораторних робіт з курсу фізичної хімії. Харків: ФОП Панов А.М. 2020.
8. Руднева С.І., Сахненко М.Д., Дженюк А.В. Гетерогенні рівноваги в хімічній інженерії. Навчальний посібник для самостійного вивчення розділу фізичної хімії «Фазові рівноваги». Харків: ФОП Панов А.М. 2020.

Навчальне видання

Серія «Фізична хімія ONLINE»

РУДНЄВА Світлана Іванівна
САХНЕНКО Микола Дмитрович
НЕКРАСОВ Олександр Павлович
ДЖЕНЮК Анатолій Володимирович

ФІЗИЧНА ХІМІЯ ONLINE

*Навчальний посібник
для студентів інженерно-хімічних спеціальностей*

Частина II Термодинаміка та рівноваги

Відповідальний за випуск проф. *М. Д. Сахненко*
Роботу до видання рекомендував проф. *Я. М. Пітак*

В авторській редакції

План 2022, поз. 70

Підп. до друку 11.05.2023. Формат 60x84 1/16.
Папір офсетний. Друк цифровий. Гарнітура Times New Roman.
Ум. друк. арк 17,9. Наклад 30 прим. Зам. № 4/04/23.
Ціна договірна

Видавець та виготовлювач: ФОП Панов А.М.
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 4847 від 06.02.2015 р.
м. Харків, вул. Жон Мироносиць, 10, оф.6,
тел.: +38(057)714-06-74, +38(050)976-32-87
copy@vlavkle.com