

Харківська обласна хімічна олімпіада 2023 р.

10 клас

1. Дезинфекція. Антисептичний розчин, яким обробляють вулики, повинен містити мурашину та пропіонову кислоти. Співробітник змішав водні розчини відповідних кислот, що були в нього, та отримав розчин об'ємом 1.5 літри, в якому кількість кожної кислоти дорівнювала 0.3 моль. Цікаво, що обидва вихідні розчини кислот мали однакове значення рН, а після змішування розчинів рН не змінився.

1. Розрахуйте рН суміші кислот. Константи дисоціації кислот дорівнюють $1.77 \cdot 10^{-4}$ (НСООН) та $1.34 \cdot 10^{-5}$ (C₂H₅COOH).

2. Які були концентрації кислот в вихідних розчинах до змішування та які об'єми кислот було змішано?

3. Визначте ступінь дисоціації кислот у вихідних розчинах та в кислотній суміші. Поясніть отриманий результат.

4. Який об'єм води треба додати до цієї суміші, щоб ступінь дисоціації мурашиної кислоти збільшився удвічі?

2. Нейтралізація. При розчиненні забарвленого металу **A**, який використовують для виготовлення електричних дротів, у концентрованій кислоті **B** утворюється зелений розчин та летка сполука **B**, про яку відомо, що вона легко димеризується та є отруйною. Пару речовини **B** зібрали та розчинили в холодній воді. На нейтралізацію отриманого розчину (одразу після отримання) було витрачено 16.2 мл розчину гідроксиду натрію з концентрацією 0.1 моль/л, а на титрування аналогічної проби, яка пройшла термічну обробку без доступу повітря, – 10.8 мл лугу.

1. Визначте речовини **A**, **B**, **B**.

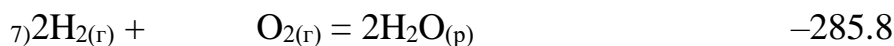
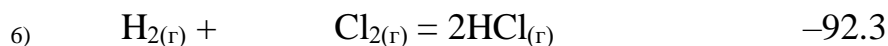
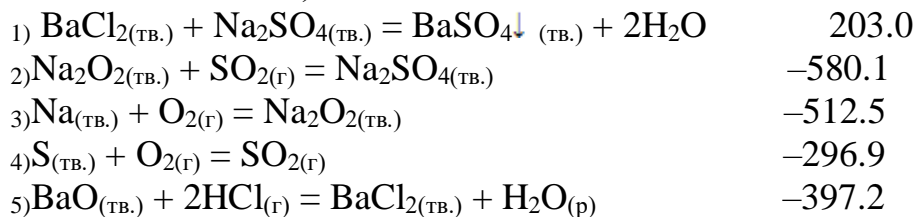
2. Запишіть рівняння реакцій усіх перетворень, про які згадано в завданні, наведіть відповідні розрахунки, що підтверджують різну витрату розчину гідроксиду натрію.

3. Який об'єм газу **B** можна отримати з 1.00 граму металу **A** (н.у.)?

3. Небезпечні солі. Солі барію, такі як бромід, хлорат, бромат, сульфід, а особливо хлорид барію та його кристалогідрати – токсичні для людського організму. Вони викликають ураження судин, травної, нервової та дихальної систем. Проте сульфат барію не є токсичним і знайшов своє застосування як рентгеноконтрастна речовина під час обстеження шлунково-кишкового тракту, через здатність затримувати рентгенівські промені, а в промисловості його використовують як білий пігмент для фарб і білил, наповнювач пластмас, у виробництві паперу тощо.

1. Напишіть формули солей, які згадано в задачі. Чому сульфат барію не є токсичним для людини? Відповідь обґрунтуйте.

2. Розрахуйте стандартну ентальпію утворення ($\Delta_f H^\circ$, кДж·моль⁻¹) для $BaSO_4$ використовуючи наведений ряд термохімічних рівнянь ($\Delta_r H^\circ$, кДж·моль⁻¹, де $r = 1, 2, \dots, 8$)



3. Розрахуйте теплоту гідратації хлориду барію з утворенням двоводного кристалогідрату, якщо відомо, що при розчиненні 26 г хлориду барію виділилось 1.39 кДж теплоти, а при розчиненні 26 г двоводного кристалогідрату хлориду барію поглинулось 2 кДж теплоти.

4. Ізомери. А і В є структурними ізомерами, за нормальних умов вони є безбарвними рідинами з характерним запахом. Одного разу хімік проводив досліди і окиснив **А** і **В** хромовою сумішшю. Окисненням **А** він отримав речовину **С**, яка реагує з магнієм з виділенням газу. А окисненням **В** – речовину **Д**, яка широко застосовується в промисловості та лабораторній практиці.

1. Дайте назви сполукам **А** і **В** за номенклатурою ІЮПАК та наведіть їх структурні формули, якщо відомо що **А** і **В** – представники одного класу сполук та одну з них можна отримати гідратацією відповідного алкену, 3.006 г якого можуть приєднати 2.607 г хлороводню.

Чи існують інші ізомери для **А** і **В**? Якщо так, дайте назву, наведіть структурну формулу та назвіть клас сполук, до яких вони належать.

2. Визначте речовини **С** і **Д**, до якого класу сполук вони належать? Дайте назви, наведіть структурні формули. Який газ виділяється під час взаємодії **С** з магнієм? Наведіть рівняння реакції.

Наведіть декілька конкретних прикладів застосування сполуки **Д**.

3. Після експериментів хімік залишив в невідписаних колбах наступні речовини: **А**, **С**, **Д** та пропаналь. Як він може розпізнати ці речовини? За потреби наведіть рівняння відповідних реакцій.

5. Незламний метал. Один з найтвердіших металів **Х**, добувають з природного мінералу, що містить речовину **А**, наступним чином: мінерал сплавають з Na_2CO_3 на повітрі, отриману масу розчиняють у воді. При цьому утворюється жовтий розчин сполуки **В** та нерозчинний оксид

$M(\omega(O) = 30.06\%)$). Розчин підкислюють сірчаною кислотою, при цьому його колір змінюється внаслідок утворення сполуки **C**. Дану сполуку виділяють з розчину, відновлюють вугіллям при високій температурі до оксиду **D**. Оксид **D** відновлюють порошком алюмінію до металу **X**.

Зі 100 кг сировини, що містить 65.0% **A** за масою, можна отримати 44.14 кг **D** та 23.19 кг **M**. З даної маси **D** можна одержати 30.20 кг **X** (виходи слід вважати кількісними).

Водорозчинну сіль **E** отримують сплавленням оксиду **D** з сіллю **N** ($\omega(O) = 44.04\%$). Сіль **N** отримують прожарюванням гідросульфатом калію. При додаванні розчину NH_3 до розчину **E** утворюється осад **F**, розчинний у розчинах сірчаної кислоти та гідроксиду натрію, з утворенням **E** та **G**, відповідно.

Сполука **A** містить у своєму складі три елементи, один з яких є Оксиген. **X** входить до **A** і **D** в однакових ступенях окиснення.

1. Наведіть формули зашифрованих сполук **A-G**, **M**, **N**, **X** та рівняння реакцій згаданих перетворень, відповідь підтвердіть розрахунками.

2. Оксид **D** також утворюється при реакції “хімічного вулкану”. Яким чином її проводять і які процеси при цьому відбуваються? Наведіть рівняння даної реакції.

3. Цікаво, що оксид **D** не розчиняється ні у кислотах, ні у лугах. Чим можна пояснити відмінність властивостей **D** та **F**?

6. Гомологи. Усі учні які тільки починають вивчати органічну хімію, знають про терміни “гомолог” та “гомологічна різниця” по відношенню до алканів, алкенів та алкінів. Однак органічна хімія настільки непередбачувана, що гомологами можуть бути сполуки з винятковими та абсолютно різними властивостями.

Для визначення **другого** представника гомологічного ряду **A2** було проведено наступний аналіз. 1 г сполуки **A2** було спалено в тоці кисню. Отримана газова суміш двох компонентів (**X** та **Y**) була охолоджена до 20 градусів за Цельсієм. Рідину **X** відділили та зважили, її вага склала **0.5625 г**. Газ **Y**, що залишився було поглинуто розчином гідроксиду барію. Осад що утворився було відфільтровано та висушено до постійної маси, яка склала **15.4165 г**.

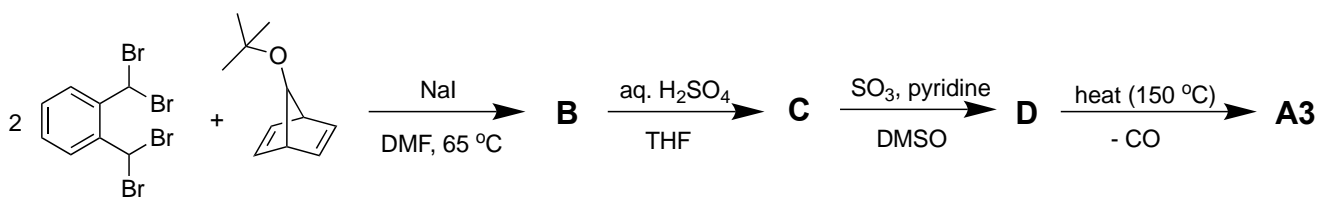
1. Визначте речовини **X** та **Y**, а також сполуку **A2**, якщо відомо, що сполука **A2** має повністю циклічну структуру, а молекулярна маса більша за **115 г/моль** та менша за **140 г/моль**. Наведіть розрахунки.

2. Гомологами сполуки **A2** є сполуки **A1**, **A3**, **A4**. Визначте формули сполук **A1**, **A3**, **A4**, якщо відомо що

$$M(A2) : M(A1) : (A3) : M(A4) = 1 : 0.6094 : 2.1719 : 2.9531.$$

Наведіть структурні формули сполук **A1**, **A3** та **A4**, підтвердіть відповідь розрахунками. Визначте гомологічну різницю та намалюйте формулу n-того гомолога.

3. Для синтезу гомолога **A3** було запропоновано наступну схему перетворень:



Розшифруйте сполуки **B**, **C**, **D**. Наведіть структурні формули, якщо відомо що, молекула **B** містить 4 ароматичних кільця та має брутто-формулу $\text{C}_{27}\text{H}_{24}\text{O}$.

7. Хамелеон. Юний хімік знайшов у лабораторії банку із білими кристалами. На банці залишилась частина назви «...амонію». Він зрозумів, що це сіль. Але яка?

По-перше, він спробував розчинити кристали у воді. Хімік помітив, що сіль розчиняється, але не дуже добре. Потім він відібрав дві порції розчину та додав до першої порції гідроксид натрію, а до другої – розчин хлороводневої кислоти. В пробірці з лугом на перший погляд нічого не відбувалось, тому він її нагрів і почув запах амоніаку. В пробірці з кислотою випав помаранчевий осад, а колір розчину став жовтим.



Розчин невідомої солі після додавання розчину HCl

До кислотного розчину із осадом хімік вирішив додати окисник та відновник. Після додавання окисника (**запропонуйте варіант окисника**) нічого не відбувалось. До іншої порції кислотного розчину хімік додав гранули металічного цинку та помітив зміну кольору на світло-зелений. Поки він занотовував результати у лабораторний журнал, колір розчину змінився на блакитний. «Оце так диво!», - подумав хімік (ойобтворюють, подумал пацан). Гадаючи, що експеримент завершено, він пішов перекусити, а після повернення побачив, що розчин набув фіолетового забарвлення.



1. Назвіть сіль, яку знайшов хімік, якщо відомо, що масові частки елементів її складу становлять: N (11.98%), H (3.42%), X (43.56%), O (41.04%). Запишіть її формулу. Вкажіть ступінь окиснення елементів у складі солі.

2. Запишіть хімічні рівняння для усіх реакцій, що згадано в задачі. Як називається тип реакцій, які перебігали у кислому розчині після додавання гранул металічного цинку?

Періодична система елементів Д. І. Менделєєва

1																18	
1 H 1.008																2 He 4.003	
3 Li 6.94	4 Be 9.01											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.30	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.64	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.96	43 Tc -	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29
55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57-71 -	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po -	85 At -	86 Rn -
87 Fr -	88 Ra -	89-103 -	104 Rf -	105 Db -	106 Sg -	107 Bh -	108 Hs -	109 Mt -	110 Ds -	111 Rg -							

57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm -	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.05	71 Lu 174.97
89 Ac -	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np -	94 Pu -	95 Am -	96 Cm -	97 Bk -	98 Cf -	99 Es -	100 Fm -	101 Md -	102 No -	103 Lr -

Таблиця розчинності неорганічних сполук

Іони	Br ⁻	CH ₃ COO ⁻	CN ⁻	CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	F ⁻	I ⁻	NO ₃ ⁻	OH ⁻	PO ₄ ³⁻	S ²⁻	SO ₄ ²⁻
Ag ⁺	Н	М	Н	Н	Н	Р	Н	Р	-	Н	Н	М
Al ³⁺	Р	+	?	-	Р	М	Р	Р	Н	Н	+	Р
Ba ²⁺	Р	Р	Р	Н	Р	М	Р	Р	Р	Н	Р	Н
Be ²⁺	Р	+	?	+	Р	Р	Р	Р	Н	Н	+	Р
Ca ²⁺	Р	Р	Р	Н	Р	Н	Р	Р	М	Н	М	М
Cd ²⁺	Р	Р	М	+	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Р
Co ²⁺	Р	Р	Н	+	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Р
Cr ³⁺	Р	+	Н	-	Р	М	Н	Р	Н	Н	+	Р
Cs ⁺	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
Cu ²⁺	Р	Р	Н	+	Р	Р	-	Р	Н	Н	Н	Р
Fe ²⁺	Р	Р	Н	+	Р	М	Р	Р	Н	Н	Н	Р
Fe ³⁺	Р	-	-	-	Р	Н	-	Р	Н	Н	-	Р
Hg ²⁺	М	Р	Р	-	Р	+	Н	+	-	Н	Н	+
Hg ₂ ²⁺	Н	М	-	Н	Н	М	Н	+	-	Н	-	Н
K ⁺	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
Li ⁺	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Р	М	Р	Р
Mg ²⁺	Р	Р	Р	М	Р	Н	Р	Р	Н	Н	Н	Р
Mn ²⁺	Р	Р	Н	+	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Р
NH ₄ ⁺	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	-	+	Р
Na ⁺	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
Ni ²⁺	Р	Р	Н	+	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Р
Pb ²⁺	М	Р	Н	+	М	М	М	Р	Н	Н	Н	Н
Rb ⁺	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
Sn ²⁺	+	+	-	-	+	М	М	+	Н	Н	Н	Р
Sr ²⁺	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Р	Р	М	Н	Р	Н
Tl ⁺	М	Р	Р	Р	М	Н	Н	Р	Р	М	Н	М
Zn ²⁺	Р	Р	Н	+	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Р

Позначення: Р – добре розчинний; М – малорозчинний; Н – практично нерозчинний; + – повністю реагує з водою чи не випадає з водного розчину; - – не існує, ? – дані про розчинність відсутні.