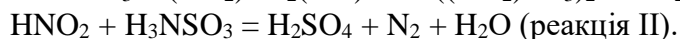
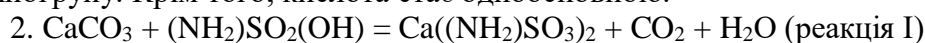


## 9 клас. Розв'язки

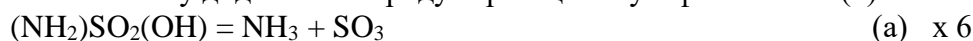
**1. Дивна кислота. 9 б.** 1. Графічна формула проста  $(\text{NH}_2)\text{SO}_2(\text{OH})$ . Корозійна активність знижена через меншу силу кислоти ( $\text{pK} = 1$ ), що є наслідком заміни гідроксогрупи на менш полярну аміногрупу. Крім того, кислота стає одноосновною.



Перша реакція є реакцією обміну: сильна кислота витискує слабку (карбонатну). Друга реакція є ОВР, де окисником є нітритна кислота, а відновником – АСК.

3. Реакція не може відбуватися з утворенням лише вказаних продуктів  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{N}_2$  і  $\text{H}_2\text{O}$  через те, що нітроген зі складу АСК окиснюється за схемою  $2\text{N}^{-3} - 6\text{e} = \text{N}_2$ , а відновлення відповідає схемі  $\text{S}^{+6} + 2\text{e} = \text{S}^{+4}$ . Співвідношення між коефіцієнтами при  $\text{N}_2$  та  $\text{SO}_2$  повинно становити 1 : 3, але у молекулі АСК співвідношення між кількостями атомів N і S становить 1 : 1. Отже сульфур не вистачає навіть на окиснення наявного нітрогену, не те що на виділення додаткової кількості  $\text{SO}_3$ .

4. виправити ситуацію можна наступним шляхом. Уявімо, що на першому етапі відбувається реакція розкладання АСК на амоніак та сульфур (VI) оксид (а). Між цими уявними продуктами може відбуватися окисно-відновна реакція за балансом, вказаним вище (б). Крім того, надлишок амоніаку можна зв'язати у додатковий продукт реакції – сульфат амонію (в)



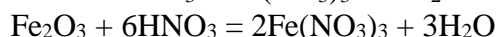
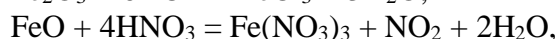
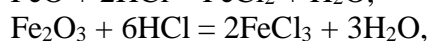
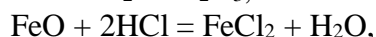
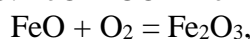
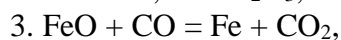
Тепер комбінацією цих трьох рівнянь можна одержати бажаний результат: зліва повинна бути присутньою лише одна сполука - АСК, а праву частину і потрібно знайти. Найпростішим варіантом комбінації рівнянь є вказаний у таблиці (множники). Тоді рівняння реакції III можна записати так:  $6(\text{NH}_2)\text{SO}_2(\text{OH}) = 3\text{SO}_2 + \text{SO}_3 + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

**2. Чи не забагато оксидів? 10 б.** За високої температури чадний газ відновлює А, скоріше за все, до простої речовини. Різниця мас А і продукту є масою кисню у сполуці:  $10.7775 - 8.3775 = 2.4$  г. Кількість кисню становить 0.15 моль. Тоді  $8.3775$  – маса простої речовини елемента. Перебором знаходимо молярну масу невідомого елемента:

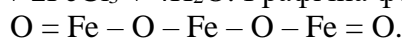
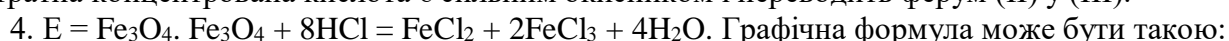
n(E) : n(O)	M(E)
1 : 1 (EO)	55.85 (Fe)
2 : 1 (E <sub>2</sub> O)	27.925 –
1 : 2 (EO <sub>2</sub> )	111.7 –
2 : 3 (E <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	83.775 –

1. Сполука А є оксидом феруму (II).

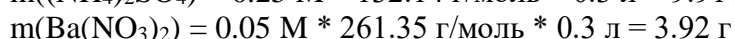
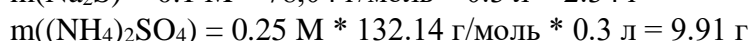
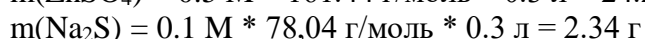
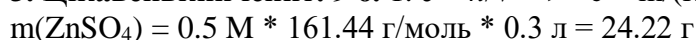
2. А – FeO, Б – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, В – FeCl<sub>2</sub>, Г – FeCl<sub>3</sub>, Д – Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>.



Хлоридна кислота не є окиснюючою, тому ступінь окиснення феруму з оксиду не змінюється. Нітратна концентрована кислота є сильним окисником і переводить ферум (II) у (III).



**3. Цікавенький іспит. 9 б.** 1.  $c = n/V \Rightarrow c = m/(M * V) \Rightarrow m = c * M * V; n = m/M$



2. З таблиці очевидно, що найближче до проходження були лише Софія та Дмитро. Але точний розрахунок показує, що перший етап не пройшов ніхто. Використання замість відносної похибки абсолютної не знижує бал.

3. Максим: оскільки два розчини ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> та Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) приготовані вірно, то припустимо, що учасник правильно отримав формулу для необхідної маси солі. Оскільки він припустився лише однієї помилки (умова), то скоріш за все він переплутав концентрації чи молярні маси ZnSO<sub>4</sub> та Na<sub>2</sub>S. Визначимо маси, які він взяв для приготування цих розчинів:

$$m = C \cdot M \cdot V, m(\text{ZnSO}_4) = 0.24 \text{ М} \cdot 161.44 \text{ г/моль} \cdot 0.3 \text{ л} = 11.6 \text{ г};$$

$$m(\text{Na}_2\text{S}) = 0.21 \text{ М} \cdot 78.04 \text{ г/моль} \cdot 0.3 \text{ л} = 4.92 \text{ г}$$

Помінявши місцями молярні маси ZnSO<sub>4</sub> та Na<sub>2</sub>S в розрахунку мас (п.1) отримаємо:

$$m(\text{ZnSO}_4) = 0.5 \text{ М} \cdot 78.04 \text{ г/моль} \cdot 0.3 \text{ л} = 11.7 \text{ г (вірна маса була 24.22 г)}$$

$$m(\text{Na}_2\text{S}) = 0.1 \text{ М} \cdot 161.44 \text{ г/моль} \cdot 0.3 \text{ л} = 4.84 \text{ г (вірна маса була 2.34 г)}$$

*Тобто помилка Максима полягає в тому, що він переплутав молярні маси ZnSO<sub>4</sub> та Na<sub>2</sub>S.*

Петро: аналогічно попередньому випадку:

$$m(\text{ZnSO}_4) = 0.0002 \text{ М} \cdot 161.44 \text{ г/моль} \cdot 0.3 \text{ л} = 0.0097 \text{ г}$$

$$m(\text{Na}_2\text{S}) = 0.0002 \text{ М} \cdot 78.04 \text{ г/моль} \cdot 0.3 \text{ л} = 0.0047 \text{ г}$$

$$m((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = 0.00016 \text{ М} \cdot 132.14 \text{ г/моль} \cdot 0.3 \text{ л} = 0.0063 \text{ г}$$

$$m(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) = 8 \cdot 10^{-6} \text{ М} \cdot 261.35 \text{ г/моль} \cdot 0.3 \text{ л} = 0.00063 \text{ г}$$

Оскільки всі розчини приготовані невірно, а розраховані маси замалі, то, скоріш за все, проблема з'явилась при виводі формули.

$$m(\text{ZnSO}_4) = 0.5 \text{ М} / (161.44 \text{ г/моль} \cdot 0.3 \text{ л}) = 0.010 \text{ г}$$

$$m(\text{Na}_2\text{S}) = 0.1 \text{ М} / (78.04 \text{ г/моль} \cdot 0.3 \text{ л}) = 0.0043 \text{ г}$$

$$m((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = 0.25 \text{ М} / (132.14 \text{ г/моль} \cdot 0.3 \text{ л}) = 0.0063 \text{ г}$$

$$m(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2) = 0.05 \text{ М} / (261.35 \text{ г/моль} \cdot 0.3 \text{ л}) = 0.00064 \text{ г}$$

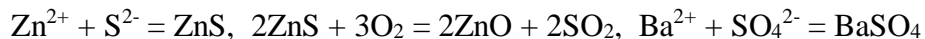
*Отже, при виводі формули, Петро замість того щоб домножувати масу на добуток об'єму та молярної маси, ділив масу на цей добуток.*

Діана: оскільки маса завелика, то, скоріш за все, вона не перевела об'єм у літри.

Дмитро і Софія могли втратити точність розрахунків через округлення.

4. Розглядаємо лише Софію та Дмитра, оскільки лише вони умовно пройшли 1-й етап.

Рівняння реакцій:



Твердий залишок складається з барій сульфату й цинк оксиду.

Софія:  $n(\text{Zn}^{2+}) = 0.5 \cdot 0.1 = 0.05$  моль,  $n(\text{S}^{2-}) = 0.1 \cdot 0.1 = 0.01$  моль

$n(\text{Ba}^{2+}) = 0.05 \cdot 0.1 = 0.005$  моль,  $n(\text{SO}_4^{2-}) = 0.5 \cdot 0.1 + 0.25 \cdot 0.2 = 0.1$  моль

$n(\text{ZnO}) = 0.01$  моль,  $m(\text{ZnO}) = 0.01 \cdot 81.38 = 0.814$  г

$n(\text{BaSO}_4) = 0.005$  моль,  $m(\text{BaSO}_4) = 0.005 \cdot 233.39 = 1.167$  г

$m(\text{залишку}) = 0.814 + 1.167 = 1.98$  г.

Дмитро:  $n(\text{Zn}^{2+}) = 0.5 \cdot 0.1 = 0.05$  моль,  $n(\text{S}^{2-}) = 0.1 \cdot 0.1 = 0.01$  моль

$n(\text{Ba}^{2+}) = 0.05 \cdot 0.2 = 0.01$  моль,  $n(\text{SO}_4^{2-}) = 0.5 \cdot 0.1 + 0.25 \cdot 0.1 = 0.075$  моль

$n(\text{ZnO}) = 0.01$  моль,  $m(\text{ZnO}) = 0.01 \cdot 81.38 = 0.814$  г

$n(\text{BaSO}_4) = 0.01$  моль,  $m(\text{BaSO}_4) = 0.01 \cdot 233.39 = 2.334$  г

$m(\text{залишку}) = 0.814 + 2.334 = 3.15$  г.

Виходячи з результатів п.2 переможця немає, але найкращий результат за розрахунком п.4 показав Дмитро.

**4. Небезпечна олія. 9 б.** 1. Основний компонент свинцевої руди є бінарною сполукою, тому матиме формулу Pb<sub>a</sub>X<sub>b</sub>. Знаючи, що масова частка елементу X в цьому компоненті 13.4 %, застосуємо закон еквівалентів для визначення молярної маси елементу X:

$$M(\text{Pb}_a\text{S}_b) = a \cdot M(\text{Pb}) + b \cdot M(\text{X})$$

$$w(\text{X}) = \frac{b \cdot M(\text{X})}{M(\text{Pb}_a\text{X}_b)} = \frac{b \cdot M(\text{X})}{a \cdot M(\text{Pb}) + b \cdot M(\text{X})}$$

$$b \cdot M(\text{X}) = w(\text{X}) \cdot (a \cdot M(\text{Pb}) + b \cdot M(\text{X})) = a \cdot w(\text{X}) \cdot M(\text{Pb}) + b \cdot w(\text{X}) \cdot M(\text{X})$$

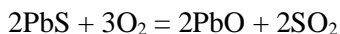
$$b \cdot M(X) - b \cdot w(X) \cdot M(X) = a \cdot w(X) \cdot M(Pb)$$

$$M(X) = \frac{a \cdot w(X) \cdot M(Pb)}{b \cdot (1 - w(X))} = \frac{a \cdot 0.134 \cdot 207.2}{b \cdot (1 - 0.134)} = \frac{27.8a}{0.866b} = 32.1 \frac{a}{b}$$

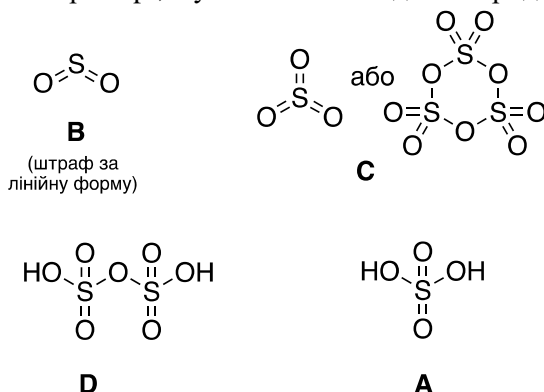
Випробуючи валентності свинцю, знаходимо, що при  $a = b = 2$   $X = S$  (сірка).

Інший шлях – у рудах плумбум знаходиться у вигляді  $Pb(II)$ , тому  $M_{екв}(Pb) = 207.2/2 = 103.6$ , а кількість еквівалента у 100 г сполуки буде  $86.6/103.6 = 0.8359$  моль. Таку ж кількість еквівалента має елемент  $X$ , тоді його молярна маса еквівалента становить  $13.4/0.8359 = 16.03$ . Перебор дає сульфур.

Тоді  $B$  та  $C$  – оксиди сульфуру  $SO_2$  і  $SO_3$ , відповідно. При розчиненні останнього в сірчаній кислоті утворюється дисульфатна кислота  $H_2S_2O_7$  ( $D$ ), яка потім із водою дає  $H_2SO_4$  ( $A$ ).



2. В  $SO_2$  та  $SO_3$  гібридизація атома сірки  $sp^2$ , в усіх інших випадках гібридизація  $sp^3$



3. При розчиненні  $SO_3$  у воді утворюється невелика кількість шару сірчаної кислоти, який заважає надлишку  $SO_3$  реагувати з водою. Також реакція  $SO_3$  з водою набагато бурхливіша. Інша причина: газоподібний  $SO_3$  реагує вже з паром над поверхнею води, утворює туман з крапель кислоти, який погано скраплюється потім.

4.  $Mg + H_2SO_{4(p)} = MgSO_4 + H_2$ ,  $4Mg + 5H_2SO_{4(k)} = 4MgSO_4 + H_2S + 4H_2O$ . Замість  $H_2S$  в останній реакції можна вказати  $SO_2$  або  $S$ .

**5. Повітря, яким дихав Менделєєв. 9 б.** Зробимо наступне припущення: нехай молекули що видихаються розподіляються рівномірно в атмосфері, та не витрачаються в різноманітних процесах (природних і промислових).

1. Нормальний атмосферний тиск дорівнює 101.3 кПа, що еквівалентно  $101300 \text{ Н/м}^2$ , тоді на кожний  $1 \text{ м}^2$  поверхні Землі діє сила  $F = 101300 \text{ Н}$ . Сила дорівнює  $F = m \cdot g$ , Тоді  $m$  повітря, що тисне на  $1 \text{ м}^2$  дорівнює  $101300 / 9.8 = 10336.7 \text{ кг}$ , а кількість молей у цій масі становить  $n = 10336.7/0.029 = 3.56 \cdot 10^5$  моль. Площа поверхні Землі дорівнює  $S = 4\pi R^2 = 4 \cdot 3.14 \cdot (6371000)^2 = 5.1 \cdot 10^{14} \text{ м}^2$ . Відповідно загальна кількість молекул у повітрі атмосфери Землі становить  $N = n \cdot N_A \cdot S = 1.1 \cdot 10^{44}$  (Коментар: у Вікіпедії маса атмосфери оцінюється як  $5.1\text{--}5.3 \cdot 10^{18} \text{ кг}$  і тоді кількість молекул буде  $(5.2 \cdot 10^{18}/0.029) \cdot 6.02 \cdot 10^{23}$  або  $1.079 \cdot 10^{44}$  – те саме значення). Кількість молекул кисню буде у 5 разів менша:  $N_1 = 1.1 \cdot 10^{44} / 5 = 2.2 \cdot 10^{43}$

2. Кількість молекул кисню в одному вдиху дорівнює

$$N_2 = (0.2p \cdot V \cdot N_A) / (RT) = (0.2 \cdot 101.3 \cdot 10^3 \cdot 0.5 \cdot 10^{-3} \cdot 6.02 \cdot 10^{23}) / (8.31 \cdot 310) = 2.36 \cdot 10^{21}$$

3. Кількість молекул кисню, що видихнув Менделєєв протягом всього життя

$$N_3 = N_2 \cdot 73 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 15 = 1.36 \cdot 10^{30}$$

4. Кількість молекул, які побували в легенях Менделєєва, у кожному нашому вдиху

$$N_4 = N_2 \cdot N_3 / N_1 = 1.46 \cdot 10^8$$

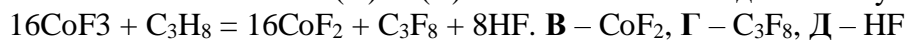
Очевидно, що розрахунки є приблизними, важливо бачити самі формули. У 3. було зроблене припущення, що Менделєєв прожив 73 роки, а кожен рік мав 365 днів.

**6. Фторування без фтору. 10 б.** 1, 2, 3. Рівняння реакції фторування:  $M + x/2F_2 = MF_x$ . Нехай молярна маса метала буде  $y$ , тоді  $(y + 19x)/y = 1.9672$ . Молярна маса метала буде більше 19, крім того

фторид повинен бути вищим і у нестійкому ступені окиснення (сильний окисник), тому NaF, CaF<sub>2</sub>, AlF<sub>3</sub> і т.п. відкидаємо. Перебором знаходимо CoF<sub>3</sub>, тоді як для NiF<sub>3</sub> відношення мас становить 1.971 – близько, але не те. Можна і через еквівалент:  $(x+19)/x = 1.9672$ ,  $x = 19.6443$ . Перебір дає  $3x = 58.93$  – кобальт

Отже X і A – Co і CoF<sub>3</sub>. Окрім CoF<sub>3</sub> у реакції може утворитись CoF<sub>2</sub>.

Кількість карбону у 100 г сполуки буде  $81.71/12.01 = 6,803$  моль, а кількість гідрогену становить  $18.29/1.008 = 18.145$  моль.  $n(H) / n(C) = 2.667 = 8 / 3$ . Невідома сполука – пропан C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>.

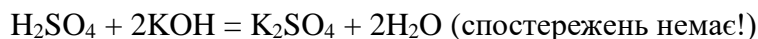
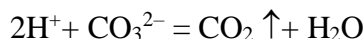
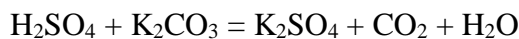
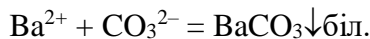
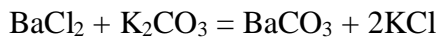
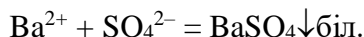
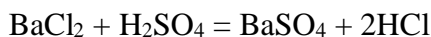


**7. Завдання експериментального туру. 10 б.** 1. Таблиця спостережень (за умовами задачі)

виглядає так:

	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
№ 1		–	–	–	–	–
№ 2	–		білий осад	–	білий осад	–
№ 3	–	білий осад		–	газ	–
№ 4	–	–	–		малиновий	малиновий
№ 5	–	білий осад	газ	малиновий		–
№ 6	–	–		малиновий		

2. Реакцій буде більше, ніж спостережень!



Співставлення експериментальних спостережень (умова задачі) зі спостереженнями, які впливають з рівнянь реакцій робимо висновки:

	KOH	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	BaCl <sub>2</sub>	NaNO <sub>3</sub>	фенолфтал	Висновки (3 бали)
KOH		–	–	–	–	Малин.	№ 6 - KOH
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	–		↑	↓біл.	–	Малин.	№ 5- K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	–	↑		↓біл.	–	–	№ 3- H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
BaCl <sub>2</sub>	–		↓біл.		–	–	№ 2 - BaCl <sub>2</sub>
NaNO <sub>3</sub>	–	–	–	–		–	№ 1- NaNO <sub>3</sub>
фенолфтал	Малин.	Малин.	–	–	–		№ 4 - фенолфтал

3. У розчині 5 відбувається гідроліз карбонат-іону, внаслідок чого середовище стає лужним і фенолфталеїн змінює забарвлення:  $K_2CO_3 + H_2O = KHCO_3 + KOH$ . У розчині 6 відбувається дисоціація сильної основи (лугу):  $KOH = K^+ + OH^-$ .

4. Кількість лугу становить  $0.014/56.108 = 2.5 \cdot 10^{-4}$  моль. Концентрація лугу і рН розчину становлять

$$c = n/V = 2.5 \cdot 10^{-4} / 0.5 = 5.0 \cdot 10^{-4}$$

$$pH = -\lg c(H^+) = 14 - pOH = 14 - \lg (5.0 \cdot 10^{-4}) = 10.7$$

Загальна таблиця спостереження:

		NaNO <sub>3</sub>	BaCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	фенолфтал.	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	KOH
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
NaNO <sub>3</sub>	№ 1		–	–	–	–	–
BaCl <sub>2</sub>	№ 2	–		білий осад	–	білий осад	–
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	№ 3	–	білий осад		–	газ	–
фенолфтал.	№ 4	–	–	–		малиновий	малиновий
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	№ 5	–	білий осад	газ	малиновий		–
KOH	№ 6	–	–	–	малиновий	–	