

1. Близнюки. Хімік робив прибирання в лабораторії та знайшов 2 склянки без етикеток, які містили гранули сріблястого відтінку, на перший погляд, абсолютно однакові. Він вирішив перевірити, що це за елемент, і почав діяти методом виключення.

Спершу він додав по 0.010 г металів у надлишок хлороводневої кислоти. При реакції першого металу з кислотою виділилося 3.7 мл газу, при реакції другого металу — 13.4 мл газу. Температура в лабораторії +17°C, тиск 100 кПа. Після цього він зробив необхідні розрахунки і зробив перший висновок.

Потім додав до зразків розчин лугу. І знов гранули розчинились із виділенням такої самої кількості газу. Це допомогло зробити йому другий висновок.

Після проведених дослідів і розрахунків хімік мав бажання ідентифікувати ці метали з використанням якісних реакцій. Для цього він пішов пошукати які-небудь хімічні реактиви в лабораторії, які б могли йому допомогти. Розчини кислоти та лугу в нього вже були. Окрім них він знайшов розчин нітрату натрію, сульфід натрію, сульфату міді, нітрату срібла, йодиду калію. За допомогою одного з них йому вдалось ідентифікувати метали та підписати склянки вірно.

1. Запишіть, які два висновки робив хімік. Запишіть рівняння відповідних реакцій.
2. Наведіть розрахунки, які допомогли зробити хіміку перший висновок.
3. Який реактив він використав для ідентифікації? Як саме він ідентифікував метали? Запишіть рівняння реакції. Поясніть різницю в поведінці при взаємодії з обраним реактивом?

2. Алюмінотермія. Це метод відновлення металів з їх оксидів за допомогою алюмінію, який був відкритий професором Харківського університету М. М. Бекетовим в середині XIX ст. Алюмінотермію застосовують для отримання металів, що важко відновлюються: титану, ніобію, цирконію, хрому та інших, для зварювання рейок і деталей сталевого лиття.

1. Визначте кількість тепла реакції спалювання 100 г терміту (суміш алюмінію та залізної окалини Fe_3O_4), якщо ентальпії утворення Fe_3O_4 та Al_2O_3 складають: -1117.0 кДж/моль та -1676.0 кДж/моль відповідно (суміш взята у стехіометричному співвідношенні).

2. Яка маса заліза утвориться, якщо для спалення взято суміш, яка складається з 2.3155 г Fe_3O_4 та 0.1349 г Al?

3. Кислотний дощ. Відомо, що причиною кислотних дощів переважно є викиди в атмосферу оксидів сірки та азоту. Нажаль, стався аварійний викид в атмосферу 600 м^3 діоксиду сірки (газ вважати ідеальним). В момент викиду температура повітря складала 18°C та тиск дорівнював 100 кПа. Грозава хмара, що поглинула забруднювач, містило 500 тонн води.

1. Розрахуйте рН опадів з такої тучі.
2. Запишіть інші можливі варіанти утворення кислотних дощів.
3. Який колір матиме індикатор метиловий оранжевий, якщо його додати до проби дощової води?

Довідкові дані:

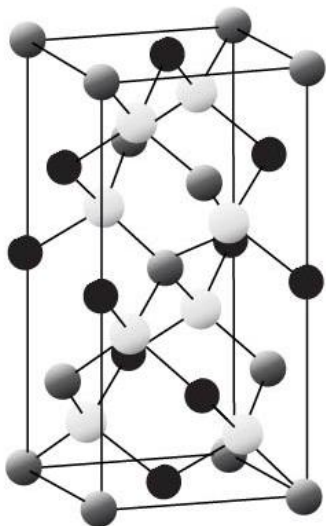
розчинність SO_2 в воді: 115 г/л;

універсальна газова стала: $R = 8.31$ Дж / моль·К;

константи дисоціації сірчистої кислоти: $K_{a1} = 1.6 \cdot 10^{-2}$, $K_{a2} = 6.3 \cdot 10^{-6}$

4. Мінерал. Мінерал **X**, що є одним з основних джерел для одержання металу **A**, складається з трьох хімічних елементів: **A**, **B** та **C**. В його кристалічній структурі, зображеній на рисунку, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$, $a = b = 5.26 \text{ \AA}$, $c = 10.23 \text{ \AA}$, а густина складає 4.31 г/см^3 .

На малюнку сірі атоми відповідають елементу А, чорні – В, білі – С.



Відомо, що розчин, утворений при реакції даного мінералу з розбавленою нітратною кислотою, за рахунок наявності катіонів елемента В дасть фіолетове забарвлення при взаємодії з розчином саліцилової кислоти. Відносна густина газу, до якого входить елемент С, за гелієм дорівнює 8.52 г/моль, а якщо цей газ пропустити крізь розчин манган (II) нітрату, утвориться осад блідо-рожевого кольору.

1. Визначте число формульних одиниць в елементарній комірці даного кристалу.

2. Розшифруйте елементи А, В, С та виведіть хімічну формулу мінералу.

3. Запишіть рівняння реакцій, згаданих в умові задачі.

4. Для мінералів, що структурно еквівалентні X,

найбільш поширеним є заміщення атому В на інші атоми. Деякі варіанти таких сполук в чистому вигляді були ідентифіковані лише в мікроскопічних зразках. Два таких мінерали, які отримані шляхом повного заміщення атому В, мають масову частку елемента С $w(C)=32.49\%$ та $w(C)=26.45\%$. Виведіть формули даних мінералів, відповідь підтвердіть розрахунками.

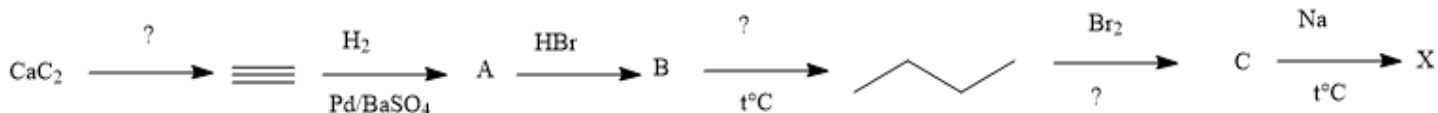
5. Проста схема. На перший погляд

Синтез..., можливо, більшою мірою, ніж діяльність у будь-якій іншій галузі органічної хімії, дає уявлення про стан і силу науки. Адже синтетичні дослідження рідко, якщо взагалі коли-небудь, проводяться випадково, і навіть найретельніші або найвдаліші суто спостережні дослідження не будуть достатніми. Синтез завжди має здійснюватися за планом.

Роберт Бернс Вудворд

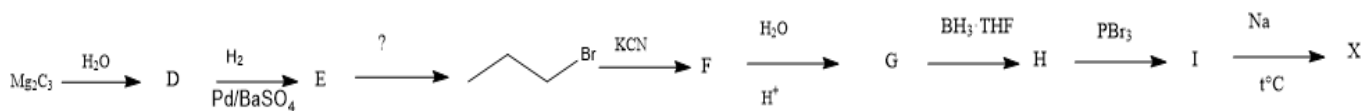
Юний хімік Василь зацікавився, як можна селективно одержати ізомери алканів з неорганічних речовин. Він розпочав з речовини X нормальної будови. Пари цієї речовини мають відносну густину за повітрям 3.93, а при згоранні в надлишку повітря 1 г X утворюється 1.57 л CO_2 та 1.42 г води.

Спершу Василь розробив схему, що наведена нижче. Але плями від кислоти потрапили на лабораторний журнал і частину записів втрачено.



Однак за такою схемою Василь одержав не X, а інший ізомер Y.

Василь звернувся до свого товариша Андрія, щоб він допоміг скласти правильну схему одержання X. Але на частину схеми потрапив концентрований розчин лугу.



Однак залишилися дані про деякі сполуки. За ІЧ-спектроскопією встановлено наявність зв'язку $C\equiv N$ у сполуці **F** та наявність зв'язку $O-H$ у сполуці **H**. Відомо, що **G** реагує з натрій гідрогенкарбонатом з виділенням газу, **H** з $NaHCO_3$ не реагує, однак реагує з натрієм з утворенням іншого газу. Сполука **I** містить 58.4% бромів за масою.

1. Встановіть формулу сполуки **X**.
2. Відновіть схему та назвіть сполуки **A-C** за номенклатурою IUPAC.
3. Встановіть структуру **Y** та дайте цій сполуці назву за IUPAC. Яка стадія виявилася помилковою?
4. Відновіть дану схему, дайте назви сполукам **D-I**. Чи є ця схема правильною? Чому?
5. Розрахуйте кількість Mg_2C_3 , необхідну для одержання 50 г **X**. Врахуйте, що кожна стадія проходить з виходом 80%.

6. Ізмери. Зашифровані у задачі вуглеводні – геометричні ізомери ($^{11.84}\%$ водню). Усі речовини містять або чотиричленний, або п'ятичленний цикл. Речовина **A** не має бічних відгалужень, **B** містить дві метиленові групи, а **C** містить третинний sp^3 -гібридний атом карбону. Про **D** додатково нічого не відомо.

1. Наведіть структурні формули речовин **A-D**.
2. Наведіть назви речовин **A-D** за номенклатурою IUPAC.
3. Як реагуватиме речовина **B** з бромоводнем? Наведіть механізм реакції? Дайте назву продукту реакції.
4. Один із зашифрованих геометричних ізомерів може утворювати енантіомери. Наведіть проєкції обох енантіомерів (клиновидні або Фішера), назвіть їх за R,S-номенклатурою.
5. Що буде результатом реакції сполуки **A** з бромом у розчині (без освітлення та нагрівання)? Наведіть структурні формули продуктів реакції.

7. Завдання експериментального туру

Відомо, що до складу сплаву жовтого кольору, окрім інших елементів, входять два метали (**A**, **B**). Сплав повністю розчинили в концентрованій азотній кислоті з утворенням розчину блакитного кольору. При розчиненні спостерігали виділення бурого газу **B**, при пропусканні якого крізь розчин йодиду калію, останній набував жовтого кольору. Це пов'язано з утворенням сполуки **G**, наявність якої хімік підтвердив додавши розчин крохмалю та зафіксувавши фіолетове забарвлення розчину (поясніть, з чим пов'язана зміна кольору розчину).

До порції розчину, що утворився після розчинення сплаву, додали дистильованої води та аміачно-амонійний буферний розчин. При цьому колір змінився з блакитного на синій - утворилась сполука **D**.

До другої порції розчину, що утворився після розчинення сплаву, додали дистильованої води та надлишок розчину KI . Спостерігали за утворенням білого осаду **E**, до складу якого входить елемент **A**, та речовини **G** бурого кольору. Після додавання розчину тіосульфату натрію, буре забарвлення зникло (запишіть рівняння хімічної реакції, яке лежить в основі знебарвлення розчину).

Для другої частини експерименту замінили кислоту на 1M розчин хлороводневої кислоти. Відмітили, що сплав розчинився не повністю, а при його розчиненні виділявся безбарвний газ **E**, який при підпалюванні видав характерний хлопок. Також відомо, що при розчиненні 1,000 г сплаву що містить 36,22% елементу **B**, в хлороводневій кислоті виділяється 0,124 літри газу **E**.

1. Назвіть, з яких металів (**A**, **B**) утворений сплав: наведіть відповідні розрахунки та пояснення.
2. Перелічіть сполуки **B**, **G**, **D**, **E** та запишіть хімічні реакції, в яких вони приймають участь протягом експерименту.

Періодична система елементів Д.І. Менделєєва

1																	18							
1 H 1.008	2																							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

Ионы	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.

1. Близнюки. Хімік робив прибирання в лабораторії та знайшов 2 склянки без етикеток, які містили гранули сріблястого відтінку, на перший погляд, абсолютно однакові. Він вирішив перевірити, що це за елемент, і почав діяти методом виключення.

Спершу він додав по 0.010 г металів у надлишок хлороводневої кислоти. При реакції першого металу з кислотою виділилося 3.7 мл газу, при реакції другого металу — 13.4 мл газу. Температура в лабораторії +17°C, тиск 100 кПа. Після цього він зробив необхідні розрахунки і зробив перший висновок.

Потім додав до зразків розчин лугу. І знов гранули розчинились із виділенням такої самої кількості газу. Це допомогло зробити йому другий висновок.

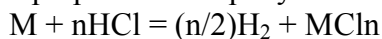
Після проведених дослідів і розрахунків хімік мав бажання ідентифікувати ці метали з використанням якісних реакцій. Для цього він пішов пошукати які-небудь хімічні реактиви в лабораторії, які б могли йому допомогти. Розчини кислоти та лугу в нього вже були. Окрім них він знайшов розчин нітрату натрію, сульфиду натрію, сульфату міді, нітрату срібла, йодиду калію. За допомогою одного з них йому вдалось ідентифікувати метали та підписати склянки вірно.

1. Запишіть, які два висновки робив хімік. Запишіть рівняння відповідних реакцій.
2. Наведіть розрахунки, які допомогли зробити хіміку перший висновок.
3. Який реактив він використав для ідентифікації? Як саме він ідентифікував метали? Запишіть рівняння реакції. Поясніть різницю в поведінці при взаємодії з обраним реактивом?

Розв'язання

1. Запишіть, які два висновки робив хімік. Запишіть рівняння відповідних реакцій.

При розчиненні гранул в хлороводневій кислоті виділявся газ – водень:

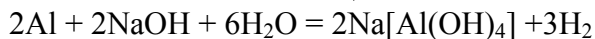


Висновок: гранули – це метали, що стоять в ряду напруг лівіше від водню.

ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ РЯД НАПРУГ МЕТАЛІВ

Li	K	Ba	Ca	Na	Mg	Al	Mn	Zn	Fe	Ni	Sn	Pb	H	Cu	Hg	Ag	Pt	Au
----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	----	----	----	----	----

Так як при взаємодії з лугом гранули теж розчинились, то метал амфотерний, наприклад, алюміній або/ та цинк:



2. За об'ємом водню, що виділився, знаходять молярну масу еквіваленту металу:

$$n(H_2) = pV / (RT) = 1 \cdot 10^5 \cdot (V \cdot 10^{-6}) / (8.314 \cdot 290.15) = 4.145 \cdot 10^{-5} \text{ V} \quad (V - \text{в мл, } n - \text{в моль)}$$

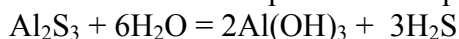
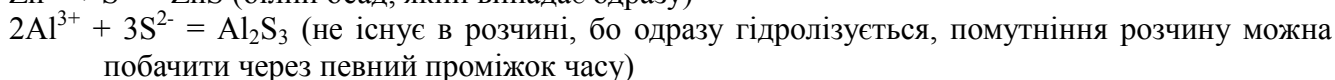
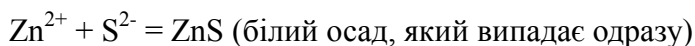
У першому випадку $n(H_2) = 1.534 \cdot 10^{-4}$ моль, у другому $n(H_2) = 5.554 \cdot 10^{-4}$ моль

$$M_{\text{екв}} = m / (2 \cdot n(H_2))$$

Молярна маса еквіваленту першого металу дорівнює 32.59 г/моль, молярна маса еквіваленту другого металу дорівнює 9.00 г/моль.

При валентності першого металу 2, а другого — 3, знаходять молярні маси металів, які складають 65.18 та 27.00 г/моль, відповідно. Таким чином, перший метал — цинк, другий — алюміній. Інші варіанти неправильні.

3. Із запропонованих реактивів: розчин нітрату натрію, сульфід натрію, сульфату міді, нітрату срібла, йодиду калію доцільно обрати розчин сульфід натрію:



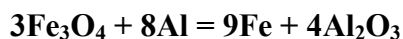
2. Алюмінотермія. Це метод відновлення металів з їх оксидів за допомогою алюмінію, який був відкритий професором Харківського університету М. М. Бекетовим в середині XIX ст. Алюмінотермію застосовують для отримання металів, що важко відновлюються: титану, ніобію, цирконію, хрому та інших, для зварювання рейок і деталей сталевого лиття.

1. Визначте кількість тепла реакції спалювання 100 г терміту (суміш алюмінію та залізної окалини Fe_3O_4), якщо ентальпії утворення Fe_3O_4 та Al_2O_3 складають: -1117.0 кДж/моль та -1676.0 кДж/моль відповідно (суміш взята у стехіометричному співвідношенні).

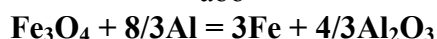
2. Яка маса заліза утвориться, якщо для спалення взято суміш, яка складається з 2.3155 г Fe_3O_4 та 0.1349 г Al?

Розв'язання

1. Рівняння реакції:



або



Визначимо тепловий ефект реакції при спалюванні 1 моль окалини:

$$\Delta H = 4/3\Delta H_f^\circ(\text{Al}_2\text{O}_3) - \Delta H_f^\circ(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 4/3 \cdot (-1676,0) - (-1117,0) = -1117,67 \text{ кДж/моль}$$

Знайдемо кількість речовини Fe_3O_4 , що приймала участь у реакції згідно умови:

В суміші $n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = x$ моль; тоді $n(\text{Al}) = 8/3 x$,

$$231,55 \cdot x + 26,98 \cdot 8/3 \cdot x = 100$$

звідки $x = 0,329$ моль $= n(\text{Fe}_3\text{O}_4)$;

Визначаємо тепловий ефект реакції з урахуванням реагенту:

$$-1117,67 \text{ кДж/моль} \cdot 0,329 \text{ моль} = 367,71 \text{ кДж.}$$

2. Знайдемо кількості речовин Fe_3O_4 та Al у суміші:

$$n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 2.3155 \text{ г} / 231.55 \text{ г/моль} = 0.01 \text{ моль}$$

$$n(\text{Al}) = 0.1349 \text{ г} / 26.98 \text{ г/моль} = 0.005 \text{ моль}$$

Алюміній у суміші взято у недостатчі, тому саме його кількість визначатиме кількість утвореного заліза:

$$n(\text{Fe}) = n(\text{Al}) \cdot 3 : 8/3 = 0.00563 \text{ моль}$$

$$m(\text{Fe}) = 0.00563 \text{ моль} \cdot 55.85 \text{ г/моль} = 0.3144 \text{ г.}$$

3. Кислотний дощ. Відомо, що причиною кислотних дощів переважно є викиди в атмосферу оксидів сірки та азоту. Нажаль, стався аварійний викид в атмосферу 600 м^3 діоксиду сірки (газ вважати ідеальним). В момент викиду температура повітря складала 18°C та тиск дорівнював 100 кПа. Гроза хмара, що поглинула забруднювач, містило 500 тонн води.

1. Розрахуйте рН опадів з такої тучі.

2. Запишіть інші можливі варіанти утворення кислотних дощів.

3. Який колір матиме індикатор метиловий оранжевий, якщо його додати до проби дощової води?

Довідкові дані:

розчинність SO_2 в воді: 115 г/л;

універсальна газова стала: $R = 8.31 \text{ Дж / моль} \cdot \text{К}$;

константи дисоціації сірчистої кислоти: $K_{a1} = 1.6 \cdot 10^{-2}$, $K_{a2} = 6.3 \cdot 10^{-6}$

Розв'язання

1. Знайдемо кількість речовини SO_2 :

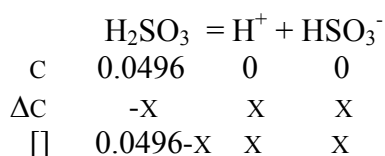
$$n = P \cdot V / R \cdot T = 100000 \text{ [Па]} \cdot 600 \text{ [м}^3\text{]} / 8.31 \text{ [Па} \cdot \text{м}^3\text{/моль} \cdot \text{К]} \cdot 291 \text{ [К]} = 24811.7 \text{ моль}$$

Знайдемо масову концентрацію SO_2 , що був поглинутий 500 тонами води:

$24811.7 \text{ [моль]} \cdot 64.06 \text{ [г/моль]} / 500000 \text{ [л]} = 3.18 \text{ г/л}$, що свідчить про те, що газ, що поглинувся розчиняється у вказаному об'ємі води.

Молярна концентрація утвореного «розчину» кислоти складає 0.0496 моль/л

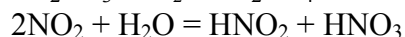
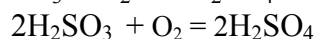
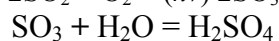
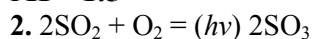
$\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_3$ - це слабка кислота, яка дисоціює ступінчато. Причому різниця констант дисоціації складає 4 порядки, тому дисоціацією за другим ступенем можна знехтувати.



$$K = [\text{H}^+] \cdot [\text{HSO}_3^-] / [\text{H}_2\text{SO}_3] = x \cdot x / 0.0496 - x$$

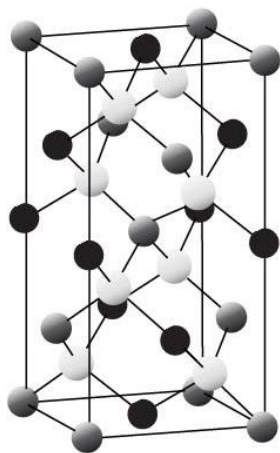
$$x = [\text{H}^+] = 0.0283 \text{ моль/л}$$

pH = 1.5



3. Метилловий оранжевий буде в кислому середовищі мати червоне забарвлення.

4. **Мінерал.** Мінерал X, що є одним з основних джерел для одержання металу А, складається з трьох хімічних елементів: А, В та С. В його кристалічній структурі, зображеній на рисунку, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$, $a = b = 5.26 \text{ \AA}$, $c = 10.23 \text{ \AA}$, а густина складає 4.31 г/см^3 .



На малюнку сірі атоми відповідають елементу А, чорні – В, білі – С.

Відомо, що розчин, утворений при реакції даного мінералу з розбавленою нітратною кислотою, за рахунок наявності катіонів елемента В дасть фіолетове забарвлення при взаємодії з розчином саліцилової кислоти. Відносна густина газу, до якого входить елемент С, за гелієм дорівнює 8.52 г/моль, а якщо цей газ пропустити крізь розчин манган (II) нітрату, утвориться осад блідо-рожевого кольору.

Розв'язання

1. Визначте число формульних одиниць в елементарній комірці даного кристалу.

З огляду на зображення:

$$N(A) = \frac{1}{8} \cdot 8 + \frac{1}{2} \cdot 4 + 1 = 4,$$

$$N(B) = \frac{1}{4} \cdot 4 + \frac{1}{2} \cdot 6 = 4,$$

$N(C) = 8$, маємо $A_4B_4C_8 \Rightarrow (ABC_2)_4$, відповідно число формульних одиниць $N = 4$.

2. Розшифруйте елементи А, В, С та виведіть хімічну формулу мінералу.

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{n \cdot M}{a \cdot b \cdot c} = \frac{N \cdot M}{N_A \cdot a \cdot b \cdot c} \Rightarrow M = \frac{4,31 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 5,26^2 \cdot 10,23 \cdot 10^{-24}}{4} = 183,6 \text{ г/моль}$$

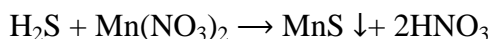
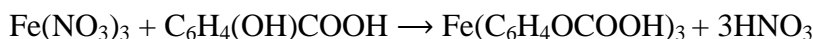
$$M_{\text{газу}} = 8,52 \cdot 4 = 34,08 \text{ г/моль} \Rightarrow \text{невідомий газ} - \text{H}_2\text{S}.$$

Елемент С – S, а реакція з саліциловою кислотою свідчить, що В – Fe, тоді

$$M(A) = 183,6 - 32,07 \cdot 2 - 55,85 = 63,6, \text{ тому А} - \text{Cu}.$$

Отже, формула мінералу – **CuFeS₂**.

3. **Запишіть** рівняння реакцій, згаданих в умові задачі.



Для мінералів, що структурно еквівалентні X, найбільш поширеним є заміщення атому В на інші атоми. Деякі варіанти таких сполук в чистому вигляді були ідентифіковані лише в мікроскопічних зразках.

Два таких мінерали, які отримані шляхом повного заміщення атома В, мають масову частку елемента С $w(C)=32,49\%$ та $w(C)=26,45\%$.

4. Виведіть формули даних мінералів, відповідь підтвердіть розрахунками.

1) Нехай атоми Fe заміщаються на атоми елемента Y, тоді

$$w(C) = 32,49\% \Rightarrow M(Y) = \frac{32,07 \cdot 2}{0,3249} - 32,07 \cdot 2 - 63,55 = 69,72 \text{ г/моль, що відповідає Ga}.$$

Маємо мінерал **CuGaS₂**.

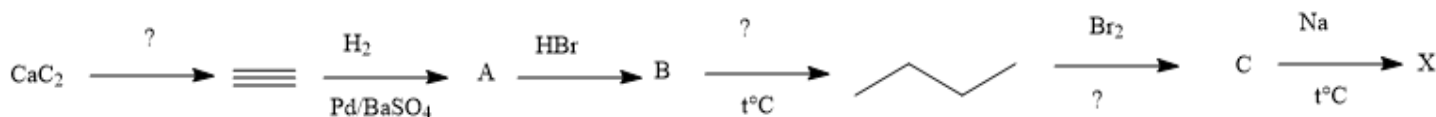
2) Нехай атоми Fe заміщаються на атоми елемента Z, тоді

$$w(C) = 26,45\% \Rightarrow M(Y) = \frac{32,07 \cdot 2}{0,2645} - 32,07 \cdot 2 - 63,55 = 114,81 \text{ г/моль, що відповідає In}.$$

Маємо мінерал **CuInS₂**.

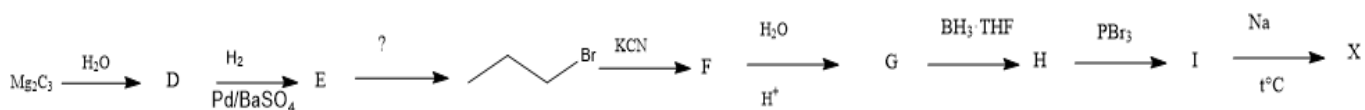
5. **Проста схема. На перший погляд.** Юний хімік Василь зацікавився, як можна селективно одержати ізомери алканів з неорганічних речовин. Він розпочав з речовини X нормальної будови. Пари цієї речовини мають відносну густину за повітрям 3.93, а при згоранні в надлишку повітря 1 г X утворюється 1.57 л CO₂ та 1.42 г води.

Спершу Василь розробив схему, що наведена нижче. Але плями від кислоти потрапили на лабораторний журнал і частину записів втрачено.



Однак за такою схемою Василь одержав не **X**, а інший ізомер **Y**.

Василь звернувся до свого товариша Андрія, щоб він допоміг скласти правильну схему одержання **X**. Але на частину схеми потрапив концентрований розчин лугу.



Однак залишилися дані про деякі сполуки. За ІЧ-спектроскопією встановлено наявність зв'язку $\text{C}\equiv\text{N}$ у сполуці **F** та наявність зв'язку $\text{O}-\text{H}$ у сполуці **H**. Відомо, що **G** реагує з натрій гідрокарбонатом з виділенням газу, **H** з NaHCO_3 не реагує, однак реагує з натрієм з утворенням іншого газу. Сполука **I** містить 58.4% бромів за масою.

1. Встановіть формулу сполуки **X**.
2. Відновіть схему та назвіть сполуки **A-C** за номенклатурою IUPAC.
3. Встановіть структуру **Y** та дайте цій сполуці назву за IUPAC. Яка стадія виявилася помилковою?
4. Відновіть дану схему, дайте назви сполукам **D-I**. Чи є ця схема правильною? Чому?
5. Розрахуйте кількість Mg_2C_3 , необхідну для одержання 50 г **X**. Врахуйте, що кожна стадія проходить з виходом 80%.

Розв'язання

1. Речовина **X** — октан C_8H_{18} .

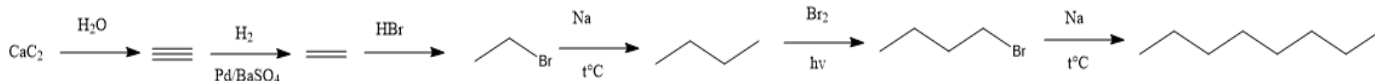
$$M(\text{X}) = 3.93 \cdot 29 = 114$$

$$\text{X} - \text{C}_n\text{H}_{2n+2}$$

$$114 = 12n + 2n + 2 = 14n + 2$$

$$n = 8$$

2. Повна схема синтезу наведена нижче.

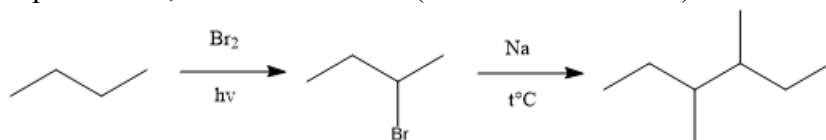


A — етен

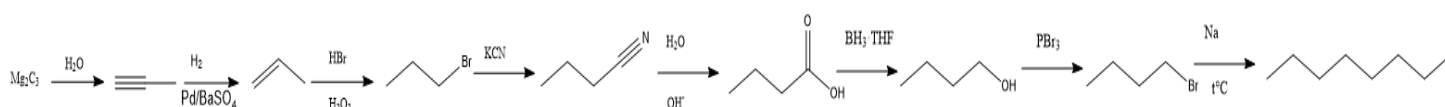
B — брометан

C — 1-бромбутан

3. У молекулі бутану заміщення відбувається з утворенням 2-бромбутану через вищу стабільність вторинного радикалу у порівнянні з первинним. З 2-бромбутану в реакції Вюрца утворюється 2,3-диметилгексан (з низьким виходом).



4. Повна схема синтезу наведена нижче.



D — пропін, **E** — пропен, **F** — бутаннітрил, **G** — бутанова кислота, **H** — бутан-1-ол, **I** — 1-бромбутан.

5.

$$n(\text{C}_8\text{H}_{18}) = \frac{m(\text{C}_8\text{H}_{18})}{M(\text{C}_8\text{H}_{18})} = \frac{50}{114} = 0.439 \text{ моль}$$

$n_{\text{теор}}(\text{Mg}_2\text{C}_3) = 2n(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 0.878 \text{ моль}$ - для реакції Вюрца потрібно 2 еквіваленти вихідної речовини, в інших реакціях - 1 еквівалент.

$$n_{\text{практ}}(\text{Mg}_2\text{C}_3) = \frac{n_{\text{теор}}(\text{Mg}_2\text{C}_3)}{(0.8)^8} = 5.233 \text{ моль}$$

$$m_{\text{практ}}(\text{Mg}_2\text{C}_3) = n_{\text{практ}}(\text{Mg}_2\text{C}_3) * M(\text{Mg}_2\text{C}_3) = 439.572 \text{ г}$$

6. Ізмери. Зашифровані у задачі вуглеводні – геометричні ізомери ($^{11.84\%}$ гідрогену). Усі речовини містять або чотиричленний, або п'ятичленний цикл. Речовина **A** не має бічних відгалужень, **B** містить дві метиленові групи, а **C** містить третинний sp^3 -гібридний атом карбону. Про **D** додатково нічого не відомо.

1. Наведіть структурні формули речовин **A–D**.

2. Наведіть назви речовин **A–D** за номенклатурою IUPAC.

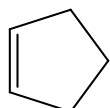
3. Як реагуватиме речовина **B** з бромоводнем? Наведіть механізм реакції? Дайте назву продукту реакції.

4. Один із зашифрованих геометричних ізомерів може утворювати енантіомери. Наведіть проєкції обох енантіомерів (клиновидні або Фішера), назвіть їх за R,S-номенклатурою.

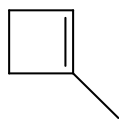
5. Що буде результатом реакції сполуки **A** з бромом у розчині (без освітлення та нагрівання)? Наведіть структурні формули продуктів реакції.

Розв'язання

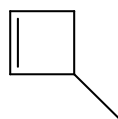
1. Ізмери мають брутто-формулу C_5H_8 . Лише 4 структури можуть містити або чотиричленний, або п'ятичленний цикл та відповідати умові:



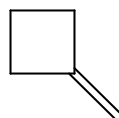
A



B

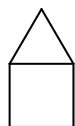


C



D

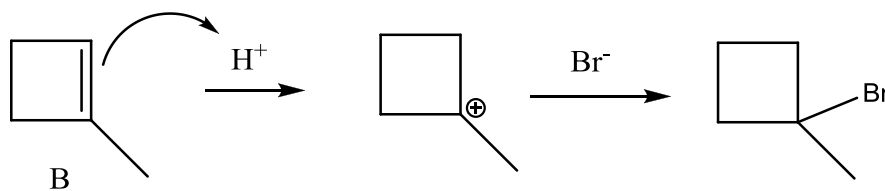
В принципі, виходячи з умови, сполукам **B** та **D** може відповідати така (сполука **X**):



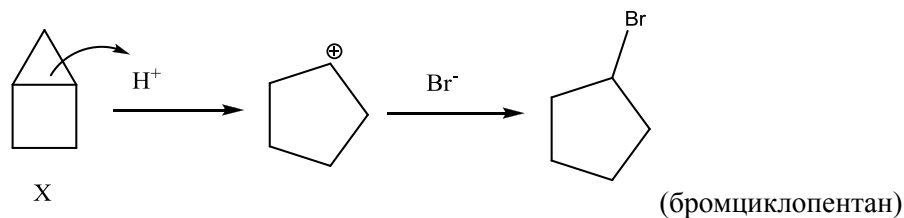
X

2. **A** – циклопентан, **B** – 1-метилциклобутен, **C** – 3-метилциклобутен, **D** – метиленциклобутан, **X** – біцикло[2.1.0]пентан.

3. Це – реакція електрофільного приєднання до алкенів. Після первинного приєднання протону утворюється більш стабільний, третинний карбокатион. Продукт – 1-бром-1-метилциклобутан.



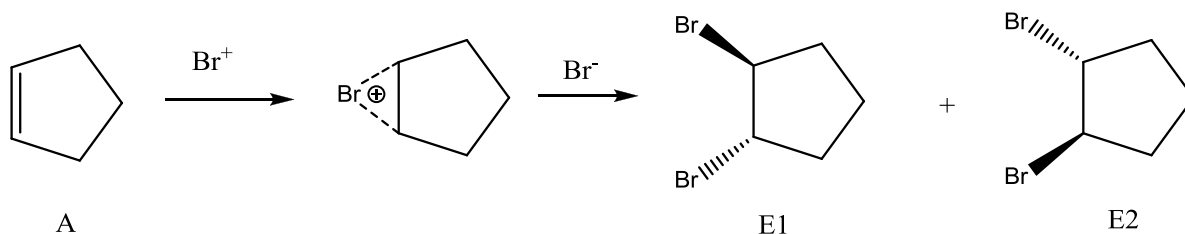
Для речовини **X**:



4.



5. Бром також реагує за механізмом електрофільного приєднання (транс-механізм).



E1 – (1*S*,2*S*)-1,2-дибромциклопентан, E2 – (1*R*,2*R*)-1,2-дибромциклопентан.

7. Завдання експериментального туру

Відомо, що до складу сплаву жовтого кольору, окрім інших елементів, входять два метали (А, Б). Сплав повністю розчинили в концентрованій азотній кислоті з утворенням розчину блакитного кольору. При розчиненні спостерігали виділення бурого газу В, при пропусканні якого крізь розчин йодиду калію, останній набував жовтого кольору. Це пов'язано з утворенням сполуки Г, наявність якої хімік підтвердив додавши розчин крохмалю та зафіксувавши фіолетове забарвлення розчину (пояснить, з чим пов'язана зміна кольору розчину).

До порції розчину, що утворився після розчинення сплаву, додали дистильованої води та аміачно-амонійний буферний розчин. При цьому колір змінився з блакитного на синій - утворилась сполука Д.

До другої порції розчину, що утворився після розчинення сплаву, додали дистильованої води та надлишок розчину KI. Спостерігали за утворенням білого осаду Є, до складу якого входить елемент А, та речовини Г бурого кольору. Після додавання розчину тіосульфату натрію, буре забарвлення зникло (запишіть рівняння хімічної реакції, яке лежить в основі знебарвлення розчину).

Для другої частини експерименту замінили кислоту на 1М розчин хлороводневої кислоти. Відмітили, що сплав розчинився не повністю, а при його розчиненні виділявся безбарвний газ Е, який при підпалюванні видав характерний хлопок. Також відомо, що при розчиненні 1,000 г сплаву що містить 36,22% елементу Б, в хлороводневій кислоті виділяється 0,124 літри газу Е.

1. Назвіть, з яких металів утворений сплав: наведіть відповідні розрахунки та пояснення.
2. Перелічіть сполуки В, Г, Д, Є, Е та запишіть хімічні реакції, в яких вони приймають участь протягом експерименту.

Розв'язання

Метали А та Б, що входять до складу сплаву – Cu та Zn.

Частина 1

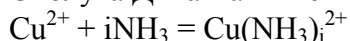
При розчиненні металів в концентрованій азотній кислоті бурий газ (В), що виділяється - NO_2 , по кольору розчину, який утворився після розчинення, можна зробити висновок, що метал А – мідь.



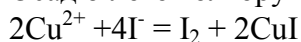
Подальші досліді підтверджують висновки щодо елементів А та В:

$2\text{NO}_2 + 2\text{KI} = \text{I}_2 + 2\text{KNO}_2$ - жовтий колір розчину спричинений розчиненим йодом (Г), після додавання крохмалю розчин набув фіолетового забарвлення обумовленого утворенням клатратної сполуки молекулярного йоду та крохмалю.

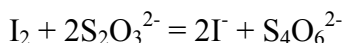
Сполука Д – аміачні комплекси міді:



Осад білого кольору – йодид міді (І)



Бурий колір розчину після додавання розчину тіосульфату натрію зникає:



Частина 2

Те, що частина сплаву залишилась не розчиненою в розчині 1М хлороводневої кислоти, ще раз підтверджує, що метал А – мідь.

Знайдемо атомну масу елемента Б: газ, що виділяється при розчиненні метала Б в хлороводневій кислоті – водень (Е). Знайдемо кількість речовини водню:

$$n(\text{H}_2) = 0.124/22.4 = 0.00554 \text{ моль}$$

Маса метала Б в 1 грамі сплаву – 0.3622 г, відповідно атомна маса:

$$0.3622/0.00554 = 65.38 \text{ г/моль} - \text{цинк.}$$