

# Харківська обласна хімічна олімпіада 2017 р.

## 9 клас

**1. Розділяй та володарюй.** 1. Запропонуйте, як можна відрізнити солі LiCl, NaBr, KF: а) без застосування хімічних реагентів; б) з використанням одного реагенту (напишіть рівняння реакцій).

2. Який реагент потрібно використати, щоб відрізнити а) Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>; б) Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NaNO<sub>2</sub>. Напишіть рівняння реакцій

3. Запропонуйте процес розділення суміші (потрібно виділити речовини у чистому вигляді): Fe, Cu, Zn, SiO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH (спирт), NaCl, CaCl<sub>2</sub>. Якщо потрібно використати хімічні методи розділення (ви можете використати необхідні вам реагенти), наведіть рівняння відповідних реакцій.

**2. Простий електроліз.** При електролізі, що проводився у двох послідовно з'єднаних комірках, були отримані такі дані. В першому, що містив розчин купрум(II) сульфату, на платиновому катоді виділилось 10.00 г міді. В другому, що містив розчин невідомого нітрату, виділилось 33.95 г металу.

1. Визначте кількість електричного заряду, що пройшла через обидві комірки.

2. Визначте, нітрат якого металу містився у другій комірці.

3. Напишіть реакції, що відбувались на аноді та катоді в обох комірках, якщо відомо, що в першій комірці анод мідний, а в другій – платиновий. Вкажіть знаки електродів.

4. Чи змінилась маса аноду в обох випадках? Якщо так, то наскільки?

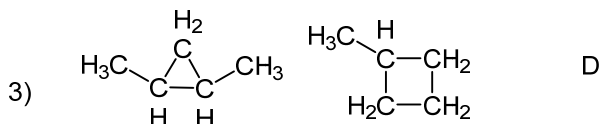
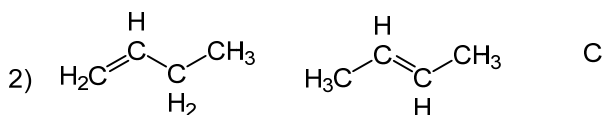
*Інформація:*  $m(\text{Me}) = M(\text{Me}) \times Q / z \times F$ , де  $z$  – кількість електронів, що переноситься,  $F = 96500$  Кл/моль.

**3. Почнемо з простого.** Органічна хімія – хімія сполук карбону. Одним з класів таких сполук є вуглеводні (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>). Атоми в органічних сполуках зв'язані ковалентними зв'язками згідно із валентністю. Валентність карбону завжди 4, водню – 1. Ізмери – це сполуки однакового якісного та кількісного складу, але різної будови (наприклад, сполуки з ряду 2).

1. Як називається газ CH<sub>4</sub>? Наведіть рівняння його згоряння в кисні. Де він використовується?

2. Продовжіть ряди органічних сполук (наведіть для А, В – брутто-формули, для С та D – структурні):

1) CH<sub>4</sub>    C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>    C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>    А    В



3. Зобразіть графічні формули можливих ізомерів загальною формулою C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>. Яку загальну формулу мають сполуки з ряду 1?

При згорянні 1.7 г вуглеводню X (ω(C) = 88.24 %) виділяється 79 Дж тепла. Ентальпія згоряння X дорівнює Δ<sub>c</sub>H<sup>0</sup> = -3.16 кДж/моль.

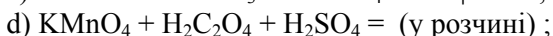
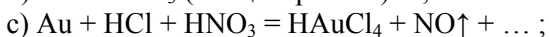
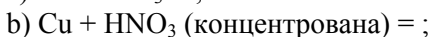
4. Визначте брутто-формулу X. Запропонуйте для X: а) 4 структури з кратними зв'язками між атомами карбону; б) 2 структури без кратних зв'язків.

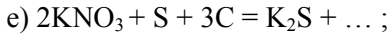
**4. Ще раз про техніку безпеки.** Відповідно до правил техніки безпеки, окисники та відновники мають зберігатись окремо. Однак Юний Хімік не знав про це. Тож, у його лабораторії на одній полиці опинились KMnO<sub>4</sub>, гліцерин (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>), концентровані кислоти, бертолетова сіль, червоний фосфор та інші сполуки. Через те, що деякі з них просипались та розлились, полиця зайнялася, і Юний Хімік на силу зміг її загасити. Щоб допомогти Юному Хіміку розібратися, що ж сталося, виконайте наступні завдання:

1. Закінчіть рівняння реакції, що призвела до пожежі. Розставте коефіцієнти:



2. Закінчіть рівняння реакцій, розставте коефіцієнти. Вкажіть, який з реагентів є окисником, а який – відновником:





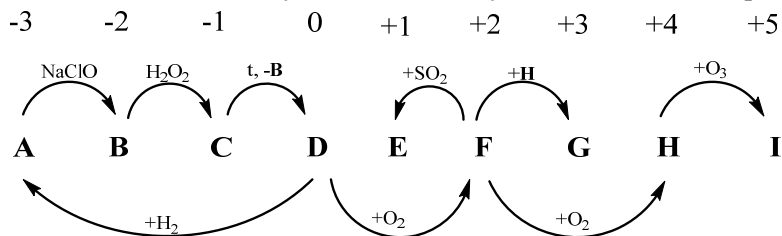
3. Співвіднесить формули наступних сполук з їх назвами:  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{KClO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ,  $\text{CaO}$ ; гашене вапно, нашатир, поташ, червона кров'яна сіль, бертолетова сіль, негашене вапно.

**5. Експерименти на дні океану.** В один чудовий осінній вечір Губка Боб вирішив завітати до своєї подруги – білки Сенді. Але замість ігор та веселощів йому довелося займатися титруванням, яке ніяк не вдавалося провести білочці.

Губка Боб за допомогою мірної піпетки відібрав 1.00 мл розчину хлоридної кислоти, що знаходився у пляшці з написом «20%  $\text{HCl}$ », та розвів у мірній колбі до 100 мл. Цим розчином Губка Боб заповнив бюретку для титрування. Провівши необхідні розрахунки, він узяв наважку  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  масою 0.06395 г та розчинив її у воді, отримавши приблизно 50 мл розчину. Після додавання декількох крапель індикатора Губка Боб відтитрував розчин натрій карбонату заздалегідь приготованим розчином  $\text{HCl}$  (у ході титрування виділявся газ). На титрування пішло 23.75 мл кислоти.

1. Напишіть рівняння реакції, яка проходить при взаємодії  $\text{HCl}$  з  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .
2. Що таке індикатор? Навіщо Губка Боб додав його до розчину  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  перед титруванням?
3. Яка концентрація  $\text{HCl}$  (у моль/л) у розчині, що знаходився у бюретці?
4. Розрахуйте концентрацію розчину  $\text{HCl}$  (у моль/л та масових %), що знаходився у пляшці з написом «20%  $\text{HCl}$ ». Густина цього розчину вважайте рівною 1.10 г/мл.

**6. Бінарний ряд.** Нітроген може проявляти 9 різних цілих ступенів окиснення. Далі наведені перетворення сполук цього елемента. Над сполуками вказані ступені окиснення Нітрогену.



1. Розшифруйте речовини А–І. Зважте на те, що усі сполуки, крім одної, бінарні.
2. Напишіть всі наведені реакції; вкажіть умови їх проведення (температура, тиск, каталізатор).
3. Наведіть структурні формули сполук А, С, Е, Н та І. Вкажіть у кожній структурі тип гібридизації для некінцевого атому Нітрогену.

### 7. Завдання експериментального туру.

**Дослід 1.** В шести пробірках знаходяться розчини  $\text{NaOH}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  та чиста вода. Пробірки з розчинами  $\text{NaOH}$ ,  $\text{HCl}$  та водою підписані, решта – пронумеровані «1», «2», «3» в довільному порядку. В усі пробірки додали кілька крапель універсального індикатора.

Розчин  $\text{NaOH}$  забарвився в темно синій колір.

Вода забарвилась в жовтий колір.

Розчин  $\text{HCl}$  забарвився в жовто-помаранчевий колір.

Розчин №1 забарвився в жовто-помаранчевий колір.

Розчин №2 забарвився в зелений колір.

Розчин №3 забарвився в синій колір.

1. Встановіть, розчини яких речовин знаходяться в пробірках «1», «2», «3».
2. Запишіть рівняння хімічних процесів, які зумовлюють таку зміну забарвлення розчинів.

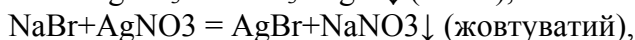
**Дослід 2.** В двох пробірках знаходиться розчин  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , а в двох інших – розчин  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . В пробірку з розчином  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  додали кілька крапель універсального індикатора: розчин в одній пробірці забарвився в жовто-помаранчевий колір, а в іншій – в синій колір. Розчини  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  та  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , що залишились, злили разом. При цьому виділився газ А та випав білий осад речовини В. При додаванні універсального індикатора до цієї суміші розчин забарвився в жовтий колір.

3. Запишіть рівняння хімічного процесу, що перебігає при зливанні розчинів. Визначте склад речовин А та В. Поясніть забарвлення розчинів при додаванні універсального індикатора.
4. Охарактеризуйте кислотно-основні властивості речовини В.

## Розв'язки-9

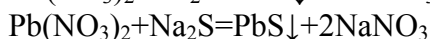
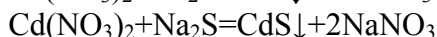
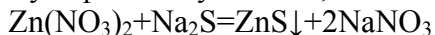
**1. Розділяй та володарюй.** 1. а) за кольором, в який забарвлюють полум'я катіони металів. Літій – червоний, натрій – жовтий, калій – фіолетовий.

б) Реакція з нітратом срібла:

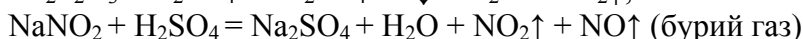
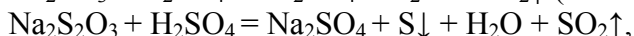
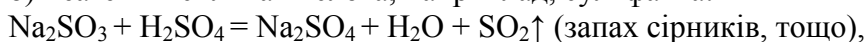


2. а) Реагент – сульфід натрію (або будь-який розчинний).

Сульфід цинку – білий, кадмію – жовтий, плюмбуму – чорний.



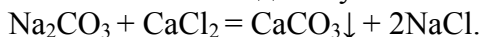
б) Реагент – сильна кислота, наприклад, сульфатна:



3. Перший етап – відфільтрувати тверду частину суміші (залізо, цинк, мідь, пісок).

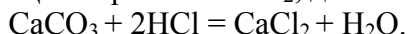
Другий етап – відігнати спирт з водного розчину. **Виділили спирт.**

Третій етап – до розчину  $\text{NaCl}$  та  $\text{CaCl}_2$  додати карбонат натрію до повного осадження білого карбонату кальцію. Випаде  $\text{CaCO}_3$ , який відфільтруємо та в розчині залишиться лише  $\text{NaCl}$  (частина його – з вихідної суміші та частина, що утворилась за реакцією).



Випарюємо розчин солі – **виділяємо хлорид натрію.**

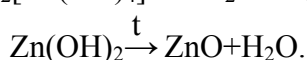
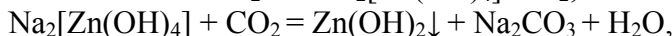
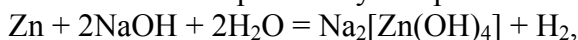
Щоб отримати  $\text{CaCl}_2$ , діємо на карбонат хлоридною кислотою:



Отримали **хлорид кальцію.**

Четвертий етап – магнітом **відділити залізо** з твердою суміші.

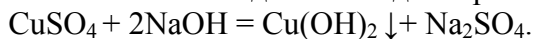
П'ятий етап – обробити суміш розбавленим лугом – цинк розчиниться.



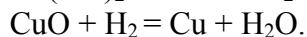
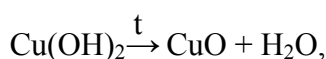
П'ятий етап – обробити суміш концентрованою сульфатною кислотою. Залишиться лише **пісок.**



Шостий етап – виділення міді. Обробляємо розчин лугом. Випадає осад гідроксиду міді.



Далі:



Альтернативно – фізичним способом за різницею густин міді та піску (промивання суміші міді та піску на ситі – міді вниз, пісок змивається).

## 2. Простий електроліз.

1.

$$n = \frac{It}{zF} = \frac{Q}{zF}$$

$$Q = n \cdot z \cdot F = \frac{m(\text{Cu})}{M(\text{Cu})} \cdot 2 \cdot 96500 = \frac{10.00}{63.55} \cdot 2 \cdot 96500 = 30370 \text{ Кл}$$

2.

$$n = \frac{Q}{zF} = \frac{0.3147}{z}$$

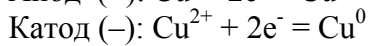
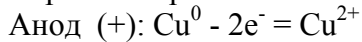
$$M(\text{Me}) = \frac{m(\text{Me})}{n(\text{Me})} = 107.88z$$

z	M(Me)	Me
1	107.88	Ag
2	215.75	–
3	323.63	–

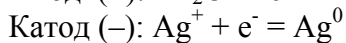
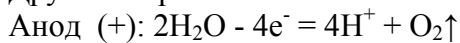
Me = Ag.

3.

Перша комірка:



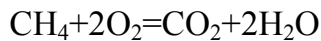
Друга комірка:



4. В першій комірці маса аноду змінилась – матеріал аноду розчинився. Із закону Фарадея  $m(\text{Cu}_{(\text{розч.})}) = 10.00 \text{ г}$ . В другій виділився газ і маса аноду не змінилась.

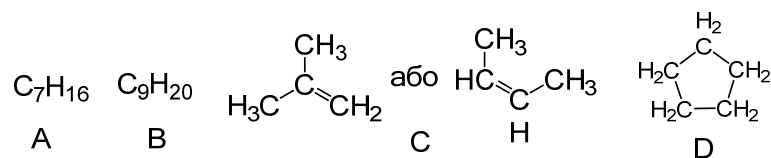
### 3. Почнемо з простого.

1.  $\text{CH}_4$ -метан.

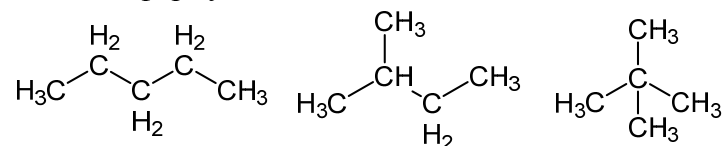


Міститься в природному газі, який використовується як паливо.

2.



3. Загальна формула  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$



4. Визначимо співвідношення x та y:

$$x:y = \frac{68.24}{12} : \frac{11.76}{1} = 7.35 : 11.76 = 1 : 1.6$$

Отже,  $y = 1.6x$

Молярна маса X:

$$n(\text{X}) = 79/3160 = 0.025 \text{ моль.}$$

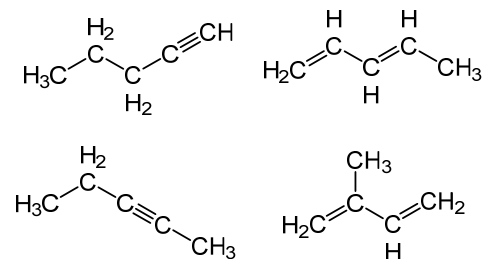
$$M(\text{X}) = 1.7/0.025 = 68 \text{ г/моль}$$

$$12x + 1.6x = 68$$

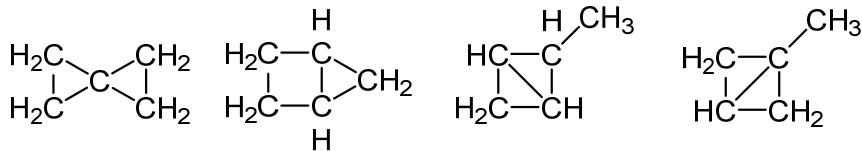
$$x = 5$$

X-  $\text{C}_5\text{H}_8$

А) Можливі і інші варіанти, окрім нижче вказаних (наприклад аллени)



Б) Можливі структури (або будь-які задовольняючі формулі):



#### 4. Ще раз про техніку безпеки.

- $14\text{KMnO}_4 + 3\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3 \rightarrow 7\text{K}_2\text{CO}_3 + 14\text{MnO}_2 + 12\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2$
- a)  $6\text{P} + 5\text{KClO}_3 = 3\text{P}_2\text{O}_5 + 5\text{KCl}$ ;  
b)  $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3$  (концентрована) =  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ;  
c)  $\text{Au} + 4\text{HCl} + \text{HNO}_3 = \text{HAuCl}_4 + \text{NO}\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ;  
d)  $2\text{KMnO}_4 + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 8\text{H}_2\text{O} + 10\text{CO}_2\uparrow$ ;  
e)  $2\text{KNO}_3 + \text{S} + 3\text{C} = \text{K}_2\text{S} + \text{N}_2\uparrow + 3\text{CO}_2\uparrow$ ;  
f)  $\text{PbO} + \text{NaNO}_3 = \text{PbO}_2 + \text{NaNO}_2$ .
- Поташ –  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , гашене вапно  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , бертолетова сіль  $\text{KClO}_3$ , нашатир  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , червона кров'яна сіль  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , негашене вапно  $\text{CaO}$

#### 5. Експерименти на дні океану.

- $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- Індикатор – це речовина, що змінює свій колір у залежності від концентрації певних йонів у розчині. Наприклад, кислотно-основні індикатори, до яких належить і бромкрезоловий зелений, змінюють свій колір у залежності від кислотності (рН) середовища. При титруванні індикатори додаються до розчину, що титрується, для візуального фіксування кінцевої точки титрування (КТТ). КТТ приблизно відповідає моменту, коли реакція між аналітом та титрантом закінчується, тобто увесь аналіт вичерпано.

3.

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m}{M} = \frac{0.06395}{105.99} = 6.034 \times 10^{-4} \text{ моль}$$

$$n(\text{HCl}) = 2n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1.207 \times 10^{-3} \text{ моль}$$

$$c(\text{HCl}) = \frac{n}{V} = \frac{1.207 \times 10^{-3}}{0.02375} = 0.05082 \text{ моль/л}$$

4.

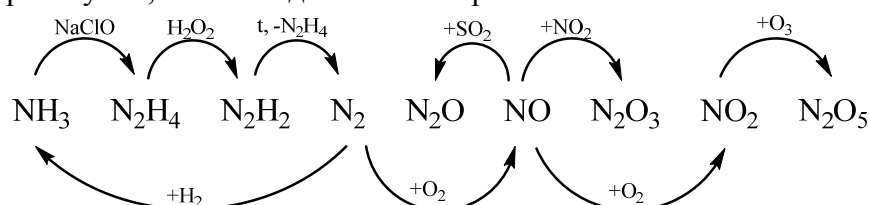
$$n'(\text{HCl}) = c \times V' = 0.05082 \times 0.1 = 5.082 \times 10^{-3} \text{ моль}$$

$$c'(\text{HCl}) = \frac{n}{V} = \frac{5.082 \times 10^{-3}}{1.00 \times 10^{-2}} = 5.082 \text{ моль/л}$$

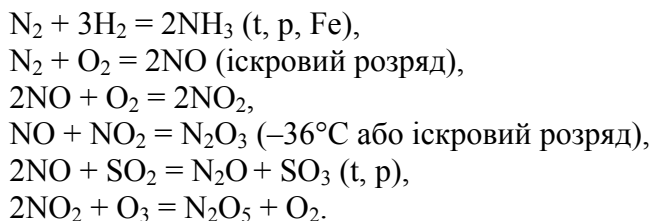
$$m(\text{HCl}) = n \times M = 5.082 \times 10^{-3} \times 36.46 = 0.1853 \text{ г}$$

$$w(\text{HCl}) = \frac{m(\text{HCl})}{m(20\% \text{ розч.})} = \frac{m(\text{HCl})}{\rho \times V} = \frac{0.1853}{1.1 \times 1.00} = 0.168 (16.8\%)$$

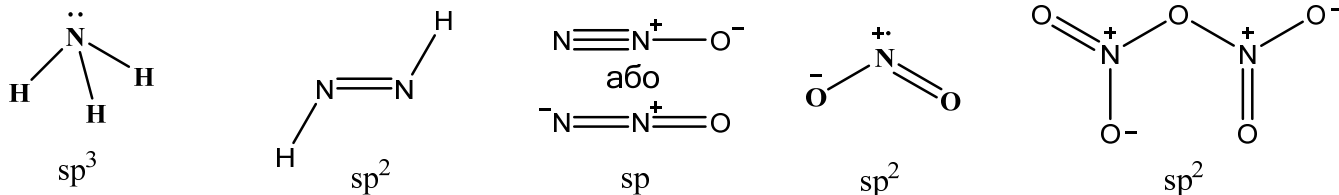
**6. Бінарний ряд.** 1. Сполука D є проста речовина, зі ступенем окиснення 0. Також очевидно, що в сполуках з негативним СО є Нітроген та Гідроген, а в сполуках з позитивним – Нітроген та Оксиген. Отримання гідразину – характерна реакція аміаку. Знаючи, що максимальна валентність Нітрогену – 4, легко вгадати всі інші речовини.



- $2\text{NH}_3 + \text{NaClO} = \text{N}_2\text{H}_4 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ ,  
 $\text{N}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{N}_2\text{H}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  (низька температура),  
 $2\text{N}_2\text{H}_2 = \text{N}_2 + \text{N}_2\text{H}_4$ ,



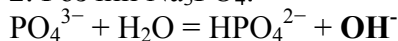
3.



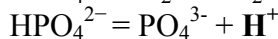
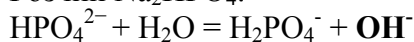
### 7. Завдання експериментального туру.

1. За забарвленням розчинів NaOH, HCl та води можна встановити, що універсальний індикатор має синє забарвлення в лужному середовищі, помаранчево-жовте – в кислому та жовте – нейтральному. Ортофосфору кислоту за першим ступенем дисоціації можна віднести до кислот середньої сили, за другим і третім – до слабких кислот. Отже аніони кислих солей цієї кислоти можуть як дисоціювати далі, так і зазнавати гідролізу. Ортофосфат-аніон як аніон слабкої кислоти ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ) зазнає сильного гідролізу. Отже в пробірці №3, де ми спостерігаємо найбільш лужне середовище, знаходиться ортофосфат натрію ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ). Дигідрофосфат аніон майже не гідролізується (як соль кислоти середньої сили) і тому може тільки дисоціювати далі, даючи кисле середовище. Отже в пробірці №1 – дигідрофосфат натрію ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ). Слабко-лужне середовище ми спостерігаємо в розчині гідрофосфату натрію, де процес гідролізу трохи переважає над процесом дисоціації. Пробірка №2 – гідро фосфат натрію ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ).

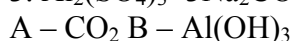
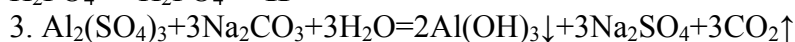
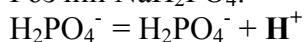
2. Розчин  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ :



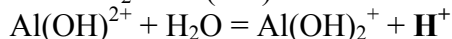
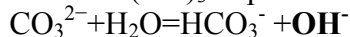
Розчин  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ :



Розчин  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ :



Лужне (синє забарвлення) та кисле (жовто-помаранчеве) середовище розчинів  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  та  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  відповідно зумовлено гідролізом цих солей. Розчин, що утворився містить лише воду, оскільки  $\text{Al}(\text{OH})_3$  нерозчиний, тому його середовище нейтральне.



4.  $\text{Al}(\text{OH})_3$  є амфотерною сполукою, тобто проявляє як кислотні так і основні властивості.

Наприклад:

