

Тема: НІТРОГЕН, ФОСФОР ТА ЇХ СПОЛУКИ

Мета заняття: Вивчити хімічні властивості нітрогену, фосфору та їх сполук, вміти характеризувати їх за допомогою хімічних реакцій. Ознайомитись із біологічним значенням та використанням найважливіших сполук нітрогену та фосфору в народному господарстві та медицині.

Місце проведення: Лабораторія кафедри неорганічної хімії.

Форма заняття: лабораторно-практичне.

Значення матеріалу теми: Нітроген відноситься до групи органогенних елементів. Він входить до складу білків (15-19 %), які є основним структурним компонентом живих тканин, складає основну масу (78 %) атмосферного повітря.

При розкладі нітрогеновмісних органічних речовин нітроген під впливом бактерій окиснюється до нітратів, які засвоюються рослинами і перетворюються в білки.

Неорганічні сполуки нітрогену-селітри (NaNO_3 , KNO_3 , NH_4NO_3) довгий час використовувались як мінеральні добрива. Це привело до значного їх нагромадження в ґрунті, звідки вони попадають в рослини, в продукти харчування, обумовлюючи токсичну дію.

Фосфор відноситься до досить поширених елементів земної кори, його кларк становить 0,1 %. Із природних сполук фосфору найбільше значення має фосфат кальцію $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, що є головною складовою частиною апатитів і фосфоритів. Як органогенний елемент фосфор входить до складу білків кісткової та мозкової речовини, середня кількість його в організмі людини близько 1,5 кг. Він є необхідний для життя рослин, в яких він скупчується в плодах та насінні. З ґрунту фосфор потрапляє до рослин, а від останніх до людини і тварин у вигляді рослинних продуктів.

Велике значення для народного господарства мають фосфорні добрива, які підвищують врожайність і покращують якість сільськогосподарської продукції.

Фосфор входить до складу великої кількості органічних речовин так званих фосфорорганічних сполук, що вживаються як інсектициди, а деякі з них використовуються як лікарські препарати, що проявляють протиглаукомну та протипухлинну дію.

Завдання для самопідготовки

I. Засвоїти матеріал учбової програми.

Загальна характеристика V A групи. Нітроген. Загальна характеристика. Сполуки з різним ступенем окиснення нітрогену. Причини малої хімічної активності нітрогену. Молекула нітрогену як ліганд.

Сполуки з від'ємним ступенем окиснення. Нітриди. Аміак, кислотно-основна і окисно-відновна характеристика, реакції заміщення. Аміди. Аміакати. Властивості амінокислот як похідних аміаку. Іон амонію і його солі, кислотні властивості, термічний розклад. Гідразин і гідроксиламін. К-О і ОВ характеристики. Азотистоводнева кислота і азида.

Сполуки нітрогену з позитивним ступенем окиснення. Оксиди. Стереохімія і природа зв'язку. Способи одержання. К-О і ОВ властивості. Азотиста кислота і нітрити, К-О і ОВ властивості. Нітратна кислота і нітрати, К-О і ОВ характеристика. "Царська водка".

Фосфор. Загальна характеристика. Алотропні видозміни фосфору, їх хімічна активність. Фосфіди, фосфін, порівняння їх з відповідними сполуками нітрогену.

Сполуки фосфору з позитивним ступенем окиснення. Галогеніди, їх гідроліз. Оксиди, стереохімія і природа зв'язку, взаємодія з водою і спиртами. Фосфорна кислота, будова молекул, К-О і ОВ властивості. Ортофосфорна кислота і її іони. Дигідрофосфати, гідрофосфати і фосфати. К-О і ОВ властивості. Дифосфорна кислота (пірофосфорна кислота). Ізополі- і гетерополіфосфорні кислоти. Метафосфорні кислоти, порівняння з нітратною кислотою. Похідні фосфорної кислоти в живих організмах.

II. Дати письмові відповіді на контрольні запитання.

1. Дати порівняльну характеристику атомів елементів підгрупи нітрогену, вказати: а) електронні конфігурації; б) валентні можливості; в) ступені окиснення.
2. Охарактеризувати хімічні властивості нітрогену. З якими металами і неметалами він реагує. Привести відповідні реакції.
3. Описати електронну будову молекул N_2 і NO по методу ВЗ і МО. Охарактеризувати зв'язки в цих сполуках і пояснити відносну хімічну інертність молекулярного азоту.
4. Написати всі відомі реакції одержання азоту і аміаку в лабораторії та промисловості. Навести схему утворення катіону амонію.
5. Навести приклади реакцій приєднання, заміщення, окиснення і комплексоутворення, характерних для аміаку.

6. Скласти молекулярні і графічні формули всіх оксидів азоту. Які з них реагують з розчином $\text{Ca}(\text{OH})_2$? Написати рівняння реакцій.
7. Привести приклади реакцій, що характеризують кислотно-основні і окисно-відновні властивості нітритної кислоти.
8. Як взаємодіє нітратна кислота з металами і неметалами? Навести конкретні приклади. Які закономірності спостерігаються при взаємодії HNO_3 з різними металами?
9. Які особливості термічного розкладу: а) нітритної та нітратної кислот; б) фосфату та дихромату амонію; в) нітратів калію, міді і ртуті.
10. Яка реакція використовується для одержання фосфору? До якого типу відноситься ця реакція і яка роль SiO_2 в процесі?
11. Навести приклад реакцій окиснення, відновлення, диспропорціонування та поліморфних перетворень фосфору.
12. Які сполуки утворює фосфор з воднем, активними металами? Як вони одержуються і гідролізують?
13. Скласти молекулярні та графічні формули оксидів, галогенідів і оксигалогенідів фосфору та відповідних гідратних сполук.
14. Скласти рівняння гідролізу фосфату, гідрофосфату та дигідрофосфату натрію. Яке рН в розчинах цих солей? Які фосфати краще розчинні у воді.
15. Які фосфати входять до складу мінералів? Як одержуються простий, подвійний суперфосфат і преципітат? Який процентний вміст фосфору в цих сполуках?
16. Закінчити рівняння реакцій і підібрати коефіцієнти:
 $\text{PH}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 +$
 $\text{P}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
 $\text{H}_3\text{PO}_2 + \text{FeCl}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_3 +$
 $\text{H}_3\text{PO}_3 + \text{AgNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ag} +$
 $\text{H}_3\text{PO}_3 + \text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{PH}_3 +$

III. Розв'язати задачі.

1. В скільки разів необхідно збільшити концентрацію водню в системі $3\text{H}_2 + \text{N}_2 \leftrightarrow 2\text{NH}_3$, щоб швидкість реакції зросла в 125 разів?
Відповідь: в 5 разів
2. Скільки кг 60 %-ного розчину HNO_3 можна одержати із 1 м³ аміаку, якщо виробничі витрати становлять 5 %.
Відповідь: 4,5 кг
3. Обчислити рН 0,02 М розчину NH_4OH та 0,05 Н розчину HNO_3 .

4. При температурі 800°C густина парів фосфору за повітрям становить 4,27, а при 1500°C вона зменшується в 2 рази. З якої кількості атомів складається молекула в цих випадках?

Відповідь: з 4-х і 2-х

5. Через 49 кг безводної фосфорної кислоти пропустили $13,44\text{ м}^3$ (н.у.) аміаку. Визначити склад одержаного амофосу.

Відповідь: 46 кг $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ і
13,2 кг $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$

Методика експерименту і порядок виконання роботи:
Властивості нітрогену і фосфору та їх сполук.

Дослід 1. Зміщення рівноваги в розчині аміаку.

До розчину аміаку додати кілька краплин фенолфталеїну. Забарвлений розчин розлити в 4 пробірки. В першу додати трохи кристалічного амоній ацетату, у другу - розбавленого розчину HCl , третю пробірку нагріти до кипіння, а четверту залишити для порівняння. Спостерігати як вплине добавлення $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, HCl і нагрівання на зміщення рівноваги і скласти рівняння рівноваги в системі аміак-вода.

Дослід 2. Окислювальні властивості нітратної кислоти (виконується у витяжній шафі).

а) у дві пробірки покласти кілька мідних стружок, в одну з них додати розбавленої HNO_3 ($\rho=1,12\text{ г/см}^3$), у другу - концентрованої кислоти ($\rho=1,4\text{ г/см}^3$). Що спостерігається? Скласти рівняння реакцій.

б) У пробірку внести 0,2 г цинкового порошку, додати 2-3 краплі 0,1 Н розчину HNO_3 і перемішати. Чи спостерігаються які-небудь зміни? Злити розчин над осадом в іншу пробірку і за допомогою реактиву Неслера перевірити, чи наявні в розчині іони амонію. Скласти рівняння реакцій.

в) До свіжо приготовленого розчину солі заліза (II) додати концентрованої азотної кислоти, перемішати розчин і за допомогою амоній роданіду виявити в розчині іони заліза (III). Скласти рівняння реакції.

Дослід 3. Окисно-відновні властивості HNO_2 .

а) До підкисленого сірчаною кислотою розчину KMnO_4 додати 2-3 краплі натрій нітриту. Що спостерігається? Яка реакція проходить?

б) До розчину KI , підкисленого сульфатною кислотою, додати розчину натрій нітриту. Як знебарвлюється розчин? Чим це пояснюється? Скласти рівняння реакції.

Дослід 4. Окиснення фосфору киснем (виконувати під тягою).

У фарфоровій чаші запалити трохи червоного фосфору і накрити його скляною лійкою. Продукт залишити для наступного дослід. Скласти рівняння реакції горіння фосфору.

Дослід 5. Гідратація фосфорного ангідриду.

Зверніть увагу на зміну зовнішнього виду продукту, одержаного в досліді 1. Пояснити це явище. Одержаний продукт помістити у чисту пробірку, додати воду і розділити на 2 частини: доказати по реакції з розчином AgNO_3 наявність в розчині метафосфат (V) - іону (утворення білого осаду аргентум метафосфату в нейтральному середовищі). До другої частини розчину додати кілька краплин HNO_3 і прокип'ятити. Нейтралізувати розчин аміачною водою і доказати наявність в ньому ортофосфат (V) - іону (утворення жовтого осаду AgPO_4). Скласти рівняння гідратації і електролітичної дисоціації одержаних кислот, привести значення констант іонізації.

Дослід 6. Окислення фосфору нітратною кислотою (виконується під тягою).

Внести у пробірку на кінчику шпателя трохи червоного фосфору і додати 2 мл 30 % азотної кислоти. Закріпити пробірку в штатив і обережно прокип'ятити до розчинення фосфору. Написати рівняння реакції. В якій ще кислоті можна розчинити фосфор?

Дослід 7. Реакція ідентифікації ортофосфат (V) - іону.

До розчину ортофосфорної кислоти додати 2 мл молібдат амонію $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ і нагріти його на полум'ї газового пальника. Що спостерігається? Який колір осаду? Скласти рівняння реакції, вказати назву одержаної солі.

Дослід 8. Гідроліз солей фосфорної кислоти.

До розчинів солей Na_3PO_4 , Na_2HPO_4 , NaH_2PO_4 додати кілька краплин індикатора (нейтрального лакмусу) або використати універсальні індикаторні папірці. Визначити рН середовища і скласти рівняння реакції гідролізу досліджуваних солей. Пояснити, чому так відрізняються значення рН середовища в розчині цих солей.

IV. Обговорення результатів та зарахування теми.

Рекомендована література:

1. Глінка Н.Л. Загальна хімія. К.: Вища школа, 1982, С. 335-356.
2. Оганесян Э.Г. Неорганическая химия, М.: Высшая школа, 1984, гл. 17. С 243-256, 260-264.
3. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия, 1988, гл. 4, С. 344-365, 407-420.
4. Голуб А.М. Загальна та неорганічна хімія, К: Вища школа, 1971, С. 9-34.