

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування
Кафедра хімії та фізики

05-06-164M

METHODICAL GUIDELINES

for performing laboratory works on the educational component
!Physico-Chemical Properties of Rocks! for applicants for higher
education of the first (bachelor's) level of the educational and
professional program «Mining» of specialty G16
Mining and Petroleum Engineering Technologies
full-time and part-time forms of study

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з освітнього компоненту
«Фізико-хімічні властивості гірничих порід» для здобувачів
вищої освіти першого (бакалаврського) рівня освітньо-
професійної програми «Гірництво» за спеціальністю G16
«Гірництво та нафтогазові технології»
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано науково-
методичною радою ННМІ
Протокол № 5 від 18.12.2025 р.

Рівне – 2025

Methodological guidelines to the performance of laboratory works of the academic discipline «Physico-Chemical Properties of Rocks» for students of higher education of the first (bachelor's) level in the educational and professional program «Mining» specialty G16 Mining and Petroleum Engineering Technologies of full- and part-time forms of education [Electronic edition] / Budenkova N. M., Selezen A. O. Rivne : NUWEE, 2025. 64 p.

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Фізико-хімічні властивості гірничих порід» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня освітньо-професійної програми «Гірництво» за спеціальністю G16 «Гірництво та нафтогазові технології» денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Буденкова Н. М., Селезень А. О. Рівне : НУВГП, 2025. 64 с.

Укладачі: Буденкова Н. М., к.х.н., доцентка кафедри хімії та фізики; Селезень А. О., доктор філософії у галузі хімії, ст. викладач кафедри хімії та фізики.

Відповідальний за випуск: Мороз М. В., доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри хімії та фізики.

Керівник групи забезпечення спеціальності G16 Гірництво та нафтогазові технології

Васильчук О. Ю.

© Н. М. Буденкова,
А. О. Селезень, 2025
© НУВГП, 2025

Contents

PREFACE.....	4
Laboratory 1. Copper extraction from copper-containing solutions.....	6
Laboratory 2. Physico-chemical properties of compounds and minerals of IB subgroup	16
Laboratory 3. Physico-chemical properties of stannum and lead compounds and minerals	22
Laboratory 4. Physico-chemical properties of chrome compounds and minerals	27
Laboratory 5. Physico-chemical properties of manganese compounds and minerals	32
Laboratory 6. Physico-chemical properties of iron compounds and minerals.....	37
Laboratory 7. Physico-chemical properties of boron and aluminum compounds and minerals	42
Laboratory 8. Physico-chemical properties of carbon compounds and minerals	47
Laboratory 9. Physico-chemical properties of silicon compounds and minerals	53
Laboratory 10. Iodine extraction from solutions of underground salt dissolution	58
RECOMMENDED SOURCES	63

PREFACE

The goal of geotechnology as a science is to create extraction methods and optimize technology parameters, select working reagents, methods of their delivery to the ore body, control the technological process, move minerals to the surface, and further processing.

Laboratory works in the academic discipline "Physical and chemical properties of mining rocks" are as close as possible to the future specialty of students, cover the main sections of physical and inorganic chemistry, and are aimed at a more in-depth assimilation of knowledge. Theoretical information precedes the experimental content of each laboratory work. The content of the laboratory practical work applies the scientific developments of the department's teachers.

During laboratory work, students must reinforce the theoretical knowledge from this section of the syllabus, learn to handle laboratory glassware and instruments, and understand the theoretical concepts related to the experiments. They need to study the theoretical material provided in the introduction to each lab activity. Additionally, students must be familiar with safety rules for working with equipment and reagents, as these are essential before starting the practical part of the work.

To complete laboratory work, students must answer control questions.

Laboratory work after appropriate formatting in a notebook is submitted as a report for defense in the classroom, or a photo report is attached to Moodle for verification and evaluation by the teacher.

As a result of studying the theoretical material and performing laboratory work, the student must master the chemistry of the processes that occur in the relevant work, competently use measuring vessels, devices, and be able to conduct analysis and perform calculations related to the preparation and standardization of working solutions, calculation, and mathematical processing of research results.

Передмова

Метою геотехнології як науки є створення методів видобутку і оптимізація параметрів технології, вибір робочих реагентів, способів їх доставки до рудного тіла, управління технологічним процесом, переміщення корисних копалин до поверхні та їх подальша переробка.

Лабораторні роботи з навчальної дисципліни "Фізико-хімічні властивості гірничих порід" максимально наближені до майбутньої спеціальності студентів, охоплюють основні розділи фізичної та неорганічної хімії і спрямовані на більш поглиблене засвоєння знань. Теоретичні відомості передують експериментальному змісту кожної лабораторної роботи. В змісті лабораторного практикуму застосовані наукові розробки викладачів кафедри.

В процесі виконання лабораторної роботи студенти повинні закріпити теоретичні знання з даного розділу силабусу, навчитися працювати з лабораторним посудом та приладами. Робота в лабораторії вимагає осмислення теоретичного матеріалу, з якими пов'язані досліді, тому студент повинен вивчити теоретичний матеріал з теми лабораторної роботи, який наведений у теоретичному вступі до кожної роботи. Обов'язкові знання студентів з правил техніки безпеки при роботі з приладами і відповідними реактивами, без чого не можна починати практичну частину роботи.

Студенти при оформленні лабораторних робіт повинні відповісти на контрольні запитання.

Лабораторна робота з відповідним оформленням в зошиті подається у вигляді звіту для захисту в аудиторії або фотозвіт прикріплюється в Moodle для перевірки та оцінювання викладачем.

В результаті вивчення теоретичного матеріалу і виконання лабораторних робіт, студент повинен опанувати хімізм процесів, які відбуваються у відповідній роботі, грамотно користуватися мірним посудом, приладами, вміти провести аналіз і виконувати розрахунки, пов'язані з приготуванням і стандартизацією робочих розчинів, обчисленням і математичною обробкою результатів досліджень.

Laboratory 1. Copper extraction from copper-containing solutions

1. Purpose of the work.

To familiarize yourself with the methods of extracting copper from copper-containing productive solutions obtained by leaching.

2. General information.

This work considers the extraction of copper from copper-containing solutions obtained by leaching. Copper-containing productive solutions are obtained by leaching such minerals as azurite, cuprite, etc.

The most common method of copper extraction is the chemical method of leaching productive solutions with lime milk to the pH of copper(II) hydroxide precipitation ($pH = 8-10$). Then the hydroxide precipitate is separated and dehydrated. The copper content in the solution after separation of the precipitate does not exceed 5 mg/l.

However, this produces a large amount of copper(II) hydroxide precipitate. It is impossible to dispose of such precipitate. In addition, there are a number of difficulties in dewatering and, especially, in removing and disposing of these precipitates.

Copper can be isolated by the method of contact separation (cementation) of copper on iron, zinc. Metalworking wastes are used as cementants - metal shavings. This method is especially convenient for electrolytes containing chloride additives ($NaCl$, HCl), since chlorine ions prevent chip passivation. The main reactions of the process are: dissolution of metal (iron, aluminum), precipitation of copper, and release of hydrogen. The limiting stage is the diffusion of copper ions to the surface of the reagent. Therefore, the process is more effective with stirring (for example, in a drum) or with intensive flow of the solution through the cementant. With a certain excess of metal shavings, the residual concentration of copper does not exceed 2-3 mg/l. After contact separation of copper, the solution contains aluminum or iron sulfates. Aluminum sulfate can be used as an effective coagulant in wastewater treatment.

Metal separation is also possible during electrolysis in a diaphragmless electrolyzer using lead anodes and copper cathodes. In this case, copper is separated in the form of powder and can be recycled as copper scrap at non-ferrous metal smelting plants. The

effect of copper extraction depends on the concentration of the solution and the time of electrolysis, therefore it improves with an increase in these indicators. The maximum purification effect reaches 99%, and the residual copper concentration is 0.7-0.2 g/l. The residual amount of copper can be removed by further purification of the electrolyte by the reagent method by bringing the *pH* of the solution to values at which the formation of cuprum(II) hydroxide occurs, with subsequent separation of the precipitate.

Electrolytic processing of copper-containing productive solutions takes place at a current density on the electrodes of 50-200 A/m² and a current consumption of 25-30 thousand C/l.

The essence of the chemical method

The copper-containing productive solution has a *pH* value of 0.9. To extract copper, a basic reagent (10% sodium hydroxide solution) is added to achieve the *pH* of precipitation of copper(II) hydroxide (*pH* = 8-10). As a result, copper ions are converted into an insoluble precipitate of copper(II) hydroxide. The precipitate is separated from the solution by filtration or settling.

The essence of the method of contact separation of copper on iron filings (cementation)

Copper from copper-containing productive solutions can be extracted by reduction on the surface of a metal that has a more negative electrode potential. Iron filings are most often used.

The essence of the process can be described according to formulas (1-2) by redox half-reactions:



In this case, the reducing agent – iron – donates electrons.

The oxidizing agent – cupric ion – accepts electrons.

Neutralization methods using the “EB-74” ion meter

The ion meter must be connected to the network for 15-20 min. before starting work with it. After warming up, make sure that the temperature compensation key (“t”) is locked, remove the electrodes from the cup with distilled water, dry them with filter paper, and

immerse them in the cup with the solution under study. Press the “anions/cations” key, then press the “*pH*” key. In the right row of range switching keys, the upper key (range – 1-19) must also be locked on. In this case, the device arrow will show the *pH* value of the solution.

To adjust the *pH*, a 10 *ml* sodium hydroxide solution is taken with a pipette and added dropwise to the beaker with the product solution (the magnetic stirrer must be turned on). In this case, the instrument arrow will move to the right. Titration of the electrolyte with sodium hydroxide solution is performed until *pH* = 9 is reached. Then, after pressing the temperature compensation keys, the electrodes are removed from the titrated solution, thoroughly washed with distilled water, dried with filter paper and immersed in a beaker with distilled water. The meter is disconnected from the power supply.

Method of determination of Copper on a Photoelectric Colorimeter

In a volumetric flask with a capacity of 50 *ml*, 1 *ml* of a copper-containing solution is measured with a pipette. The solution is neutralized with NH_3 solution until a slight turbidity appears, and then another 30 cm^3 of the remaining NH_3 solution is added, the volume is brought to the mark with distilled water and mixed. The optical density of the solution is determined on photoelectric concentration colorimeter.

3. Equipment and materials.

1. Technical scale.
2. Magnetic mixer.
3. Ionometer 38-74.
4. Photoelectric colorimeter.
5. NaOH solution (20%).
6. Set of reagents for copper analysis.
7. Copper-containing productive solution.
8. 250 *ml* graduated cylinder.
9. 100 *ml* volumetric flasks.
10. 50 *ml* volumetric flasks.

11. 5 *ml* pipettes.
12. 2 *ml* pipettes.
13. 1 *ml* pipettes.
14. 10 *ml* pipettes.
15. Filter paper.
16. Glass funnels.
17. 100 *ml* glass beakers.
18. Steel shavings.

4. Procedure for performing the work.

Carrying out the process of extracting copper from copper-containing productive solutions

a) Reagent method.

25 *ml* of productive solution is poured into a 100 *ml* beaker. The beaker is placed on a magnetic stirrer. The electrolyte is titrated with *NaOH* solution until the *pH* value reaches *pH*=9. After the titration, it is necessary to record the volume of sodium hydroxide solution used for the titration. The solution is filtered through filter paper. The filtrate is analyzed for the content of copper in it.

b) Contact substitution method on steel shavings.

A portion of steel shavings (1.5 *g*) is prepared on a technical scale. These shavings are poured into a 100 *ml* beaker 25 *ml* of productive solution is poured into this same beaker. From time to time, the shavings in the beaker are stirred with a glass rod. After 15 *min.* of cementation, the solution is drained and filtered through filter paper. The copper content in the filtrate is determined. Then the beaker with the filtrate is placed on a magnetic mixer. The electrolyte is titrated with a *NaOH* solution. After the titration is complete, the solution is filtered. The copper content in the filtrate is determined photocolrimetrically.

c) Photocolrimetric determination of Cu^{2+} in solution

A standard Cu^{2+} solution is prepared by dissolving an accurate weight of 1.9647 *g* of $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ in a 1000 *ml* volumetric flask with the addition of 5 *ml* of conc. H_2SO_4 . The work begins with the construction of a calibration graph. 1.0; 2.0; 3.0; 4.0; 5.0 *ml* of a standard CuSO_4 solution are poured into a series of 100 *ml* volumetric

flasks. The solutions in each flask are neutralized with NH_3 solution until a slight turbidity appears, and then 30 ml of the remaining NH_3 solution is added, made up to the mark with distilled water, and mixed. Measure the optical absorption of the obtained solutions in a cuvette with a diameter of 1-5 cm. According to the measurement results, a graph of the dependence of the optical absorption on the concentration of Cu^{2+} (in mg/100 ml) is constructed. The solution to be determined is poured into a 100 ml volumetric flask, 30 ml of NH_3 solution is added, distilled water is added to the mark. The contents of the flask are thoroughly mixed and the optical absorption of the solution is measured on the photoelectric colorimeter. According to the calibration graph, the concentration of Cu^{2+} in the solution to be determined is found. The results are entered in the table:

Methods	$C_{first,}$ g/l	C_{after} cementation, g/l	$C_{final,}$ g/l	NaOH consumption, ml	Sediment volume, ml
Reagent					
Contact displacement					

Control questions

1. Methods of converting minerals into a mobile state.
2. Copper-containing minerals.
3. Write the redox half-reactions that occur during the electrolysis of a $CuSO_4$ solution with: a) inert electrodes; b) a copper anode.
4. Faraday's laws of electrolysis.
5. Cementation, application.
6. Write the ionic-molecular equation of the reaction:

$$CuSO_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow$$
7. Photocolorimetric determination of Cu^{2+} .
8. The solution contains Fe^{2+} , Ag^+ , Bi^{3+} and Pb^{2+} ions in the same concentration. In what sequence will these ions be released during electrolysis if the voltage is sufficient to release any metal.

9. During the electrolysis of a CuCl_2 solution, 560 ml of gas (*n.u.*) was released at the anode. Find the mass of copper that was released at the cathode.

Vocabulary

extraction	виділення
leaching	вилуговування
dewatering	зневоднення
separation	розділення
purification	очищення
residual	залишковий
density	густина
essence	суть (зміст)

Лабораторна робота №1.

Вилучення міді з купрумвмісних продуктивних розчинів

1. Мета роботи.

Ознайомитися з методиками вилучення міді з мідьвмісних продуктивних розчинів, одержаних вилуговуванням.

2. Загальні відомості.

В даній роботі розглядається вилучення міді з купрумвмісних розчинів, одержаних вилуговуванням таких корисних копалин, як азурит, куприт та ін.

Найбільш поширеним є хімічний метод вилучення міді шляхом вилуговування продуктивних розчинів вапняним молоком до *pH* осадження купрум(II) гідроксиду (*pH* = 8-10). Потім відокремлюють осад гідроксиду і обезводнюють його. Вміст міді в розчині після відокремлення осаду не перевищує 5 мг/л.

Однак, при цьому утворюються велика кількість осаду купрум(II) гідроксиду. Утилізувати такий осад неможливо. Крім того, виникає ряд труднощів при обезводненні і, особливо, при вивезенні та захороненні даних осадів.

Виділення міді, може проводитися методом контактного виділення (**цементації**) міді на залізі, цинку. В якості цементаторів використовують відходи, металообробки –

металічну стружку. Особливо зручний даний метод для електролітів, що містять добавки хлоридів ($NaCl$, HCl), оскільки іони хлору попереджають пасивацію стружки. Основними реакціями процесу є: розчинення металу (заліза, алюмінію), осадження міді, виділення водню. Лімітуючі стадія – дифузія іонів купруму до поверхні реагенту. Тому більш ефективно процес проходить при перемішуванні (наприклад, в барабані) або при інтенсивному протіканні розчину через цементатор. При деякому надлишку металічної стружки залишкова концентрація міді не перевищує 2-3 мг/л. Після контактного виділення міді розчин містить алюміній або ферум сульфати. Алюміній сульфат може бути використаний як ефективний коагулянт при очищенні стічних вод.

Виділення металу можливе також при проведенні електролізу у бездіафрагмовому електролізері із застосуванням свинцевих анодів і мідних катодів. При цьому мідь виділяється у вигляді порошку і може бути утилізована як мідний брухт на підприємствах, що переплавляють кольорові метали. Ефект вилучення міді залежить від концентрації розчину і часу проходження електролізу, тому покращується зі збільшенням цих показників. Максимальний ефект очищення досягає 99%, залишкова концентрація міді складає 0,7-0,2 г/л. Залишкова кількість міді може бути вилучена проведенням доочищення електроліту реагентним методом доведенням pH розчину до значень, за яких відбувається утворення купрум(II) гідроксиду з наступним відокремленням осаду.

Електролізна обробка мідьвмісних продуктивних розчинів проходить при густині струму на електродах 50-200 А/м² і витраті струму 25-30 тисяч Кл/л.

Суть хімічного методу

Купрумвмісний продуктивний розчин має значення $pH = 0,9$. Для вилучення міді додається основний реагент (10%-ний розчин натрій гідроксиду) для досягнення pH осадження купрум(II) гідроксиду ($pH = 8-10$). В результаті іони купруму переходять в нерозчинний осад купрум(II) гідроксиду. Осад відокремлюється від розчину фільтруванням або відстоюванням.

Суть методу контактного виділення міді на залізних стружках (цементация)

Мідь з курпрумвмісних продуктивних розчинів може бути вилучена шляхом відновлення на поверхні металу, що має більш від'ємний електродний потенціал. Найчастіше використовують залізну стружку.

Суть процесу можна охарактеризувати наступними окисно-відновними напівреакціями:



У даному випадку відновник – залізо – віддає електрони.

Окиснювач – йон купруму – приймає електрони.

Методи нейтралізації з використанням йономіра “ЕВ-74”

Йономір повинен бути ввімкнений у мережу за 15-20 хв. до початку робіт з ним. Після прогріву потрібно переконавшись, що клавіша термокомпенсації („t”) зафіксована, вийняти електроди зі стаканчика з дистильованою водою, висушити їх фільтрувальним папером і занурити у стаканчик з досліджуванним розчином. Натиснути клавішу „аніони/катиони”, потім натиснути клавішу „pH”. У правому ряду клавіш перемикач діпазонів, зафіксованою повинна бути також верхня клавіша (діпазон 1-19). У такому випадку стрілка приладу покаже значення pH розчину.

Для регулювання pH піпеткою на 10 мл відбирається розчин натрій гідроксиду і краплями додається в стаканчик з продуктів - ним розчином (магнітний змішувач при цьому повинен бути ввімкнений). Стрілка приладу у цьому випадку буде змішуватися вправо. Титрування електроліту розчином натрій гідроксиду виконується до досягнення значення pH = 9. Потім, після натиснення клавіш термокомпенсації, електроди виймаються з від титрованого розчину, ретельно промиваються дистильованою водою, висушуються фільтрувальним папером й занурюються у стаканчик з дистильованою водою. ономір вимикається з електромережі.

Методика визначення Купруму на фотоелектроколориметрі

В мірну колбу місткістю 50 мл піпеткою відмірюють 1 мл купумовмісного розчину. Розчин нейтралізують розчином NH_3 до з'явлення слабкої каламуті і потім ще 30 $см^3$ залишку розчину NH_3 . Доводять об'єм дистильованою водою до риски і перемішують. Визначають оптичну густину розчину на фотоелектроколориметрі.

1. Обладнання і матеріали.

1. Вага технічна.
2. Магнітний змішувач.
3. Іономір 38-74.
4. Фотоелектроколориметр КФК-2.
5. Розчин $NaOH$ (20%).
6. Набір реактивів для проведення аналізу наявності міді.
7. Мідьвмісний продуктивний розчин.
8. Мірний циліндр на 250 мл.
9. Мірні колби на 100 мл.
10. Мірні колби на 50 мл.
11. Піпетки на 5 мл.
12. Піпетки на 2 мл.
13. Піпетки на 1 мл.
14. Піпетки на 10 мл.
15. Фільтрувальний папір.
16. Скляні лійки.
17. Скляні стаканчики на 100 мл.
18. Стальна стружка.

2. Порядок виконання роботи.

Проведення процесу вилучення міді з купрумвмісних продуктивних розчинів

а) Реагентний метод.

У стаканчик місткістю 100 мл наливають 25 мл продуктивного розчину. Стаканчик встановлюють на магнітний змішувач. Проводять титрування електроліту розчином $NaOH$ до

досягнення значення $pH = 9$. По закінченні титрування необхідно записати об'єм розчину натрій гідроксиду, використаного на титрування. Розчин відфільтровують через фільтрувальний папір. Фільтрат аналізують на вміст в ньому міді.

б) Метод контактного заміщення на сталій стружці.

На технічних терезах готується наважка сталій стружки масою 1,5 г. Дана стружка насипається в стаканчик місткістю 100 мл. В цей самий стаканчик заливається 25 мл продуктивного розчину. Час від часу стружка в стаканчику перемішується скляною паличкою. Після 15 хв. цементації розчин зливається і фільтрується через фільтрувальний папір. У фільтраті визначається вміст міді. Потім стаканчик з фільтратом встановлюється на магнітний змішувач. Проводиться титрування електроліту розчином $NaOH$. По закінченні титрування розчин фільтрується. У фільтраті визначається вміст міді фотоколориметрично.

в) Фотоколориметричне визначення Cu^{2+} в розчині

Стандартний розчин Cu^{2+} готують розчиненням точної наважки 1,9647 г $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$ в мірній колбі ємністю 1000 мл з додаванням 5 мл конц. H_2SO_4 . Роботу починають з побудови калібрувального графіка. В ряд мірних колб на 100 мл наливають 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 мл стандартного розчину $CuSO_4$. Розчини в кожній колбі нейтралізують розчином NH_3 до з'явлення слабкої каламуті і потім додають по 30 мл залишку розчину NH_3 , доводять дистильованою водою до риски і перемішують. Замірюють оптичне поглинання одержаних розчинів в кюветі з 1-5 см. По результатах вимірювання будують графік залежності оптичного поглинання від концентрації Cu^{2+} (в мг/100 мл). Визначуваний розчин наливають в мірну колбу на 100 мл, додають 30 мл розчину NH_3 , додають дистильовану воду до риски. Ретельно перемішують вміст колби та вимірюють оптичне поглинання розчину на фотоелектроколориметрі. За калібрувальним графіком знаходять концентрацію Cu^{2+} в визначуваному розчині. Результати вносять в таблицю:

Методи	$C_{вих},$ г/л	C після цементації, г/л	$C_{кин},$ г/л	Витрата $NaOH,$ мл	Об'єм осаду, мл
Реагентний					
Контактного витіснення					

Контрольні запитання

1. Способи переведення корисних копалин в рухомий стан.
2. Купрумовмісні мінерали.
3. Написати окисно-відновні напівреакції, які відбуваються при електролізі розчину $CuSO_4$ з: а) інертними електродами; б) мідним анодом.
4. Закони електролізу Фарадея.
5. Цементация, застосування.
6. Написати іонно-молекулярне рівняння реакції:

$$CuSO_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow$$
7. Фотоколориметричне визначення Cu^{2+} .
8. Розчин містить іони Fe^{2+} , Ag^+ , Bi^{3+} і Pb^{2+} в однаковій концентрації. В якій послідовності ці йони будуть виділятися при електролізі, якщо напруга достатня для виділення будь-якого металу.
9. При електролізі розчину $CuCl_2$ на аноді виділилося 560 мл газу (н.у.). Знайти масу міді, яка виділилась на катоді.

Laboratory 2. Physico-chemical properties of compounds and minerals of IB subgroup

The atomic radii of the elements of the *IB* subgroup are smaller than those of the alkali metals, so these metals have different physical properties: higher densities, higher melting points, and higher ionization energies than the alkali metals. This leads to differences in chemical properties.

The elements of the *IB* subgroup are low-reactivity metals. They are difficult to oxidize, and their ions are easily reduced. The reducing properties of neutral atoms decrease from *Cu* to *Au*, and the

oxidizing properties of ions increase in the same direction. The standard electrode potentials of these metals have positive values.

Properties of metals of the *IB* subgroup and simple substances

Properties	<i>Cu</i>	<i>Ag</i>	<i>Au</i>
Atomic number	29	47	79
Relative atomic mass	63,62	107,87	196,97
Valence electrons	3d ¹⁰ 4s ¹	4d ¹⁰ 5s ¹	5d ¹⁰ 6s ¹
Metallic atomic radius, <i>nm</i>	0,128	0,144	0,144
Ionization energy, <i>eV</i>	7,726	7,576	9,226
Relative electronegativity	1,75	1,42	1,42
Density, <i>g/cm³</i>	8,96	10,52	19,30
Melting point, ^o <i>C</i>	1083	960,5	1063,4
Boiling point, ^o <i>C</i>	2543	2167	2880

The content of *Cu*, *Ag*, and *Au* in the earth's crust is $5.5 \cdot 10^{-3}$ and $1 \cdot 10^{-5}$, $5 \cdot 10^{-7}$ *mas%*. Copper and silver occur mainly in the form of sulfides, but sometimes occur as free metals. Gold is found almost exclusively in the native state.

The main minerals that contain copper and silver are **chalcocite**, or **copper luster** *Cu₂S*; **chalcopyrite**, or **copper pyrite** *CuFeS₂*; **malachite** (*CuOH*)₂*CO₃*; and **argentite**, or **silver luster** *Ag₂S*.

Experimental part

1. Oxidizing properties of the *Cu²⁺* ion.

Pour 1-2 *ml* of copper (II) sulfate solution into a test tube and add 2 *ml* of potassium iodide solution. A precipitate is formed - copper (II) iodide, and the solution turns brown from the iodine that is released. Write the reaction equation in molecular and ionic form.

2. Hydrolysis of divalent cuprum salts.

On a blue litmus paper, place 2 drops of copper(II) sulfate and chloride (or nitrate) solutions at some distance from each other. Why does the color of the litmus paper change? Write the reaction equation in molecular and ionic form.

3. Copper ammonium.

a) Pour 2-3 *ml* of a solution of divalent cupric salt into a test tube and add ammonia solution until the precipitate that formed initially

dissolves. Write the equations of two successive reactions of the formation and dissolution of the precipitate in ammonia solution. Which ion colors the solution blue-violet?

b) Add sodium sulfide solution to the solution of the resulting copper ammonium salt in small portions until a black precipitate of copper(II) sulfide is formed that does not disappear when the liquid is stirred. How can we explain the formation of the precipitate? Write the reaction equation.

4. Argentum oxide.

Pour 2-3 *ml* of the solution into a test tube and add a few drops of silver nitrate solution. Write down the reaction equation. Leave the precipitate for experiment No. 6.

5. Silver halides.

Pour 1-2 *ml* of sodium chloride, sodium bromide, and potassium iodide solutions into three test tubes. Then add a few drops of silver nitrate to these solutions. What is observed? Write down the reaction equation. Leave the resulting precipitate for experiment No. 6.

6. Complex silver compounds.

a) Add ammonia solution to the test tube with silver oxide (experiment 4) until the precipitate dissolves. Write the reaction equation.

b) Add ammonia solution to each of the 5 silver halide precipitates obtained in the experiment. What is observed? Write the reaction equation.

7. The interaction of zinc and cadmium salts with an alkali solution.

Pour 1-2 *ml* of zinc and cadmium salt solutions into two test tubes and add (dropwise) sodium hydroxide solution to each test tube until a precipitate forms. Write down the reaction equation. Then add an excess of alkali solution to the precipitate. In which case is the dissolution of the precipitate observed? Write down the reaction equation. Conclude the chemical nature of the precipitate that is formed.

8. Joint hydrolysis of salts.

In a test tube, add approximately the same volume of sodium carbonate solution to 1-2 *ml* of zinc sulfate solution. Write the reaction equation, taking into account that zinc hydroxide carbonate will precipitate.

9. Formation of cadmium sulfide (qualitative reaction for cadmium ion).

To 1-2 *ml* of cadmium sulfate solution, add about 1 *ml* of sodium sulfide solution. What is observed? Write the reaction equation.

10. Complex compounds of zinc and cadmium (ammoniates).

Pour 1-2 *ml* of solutions of zinc and cadmium salts into a test tube and add the same amount of ammonia solution to each until a precipitate forms and then dissolves. Explain the experiment. Write the reaction equation.

Control questions

1. Why does copper(II) hydroxide dissolve in ammonium hydroxide solution?
2. How are complex compounds of silver and gold used to extract metals from ores?

Vocabulary

alkali metals	лужні метали
decrease	спадати
increase	зростати
oxidizing properties	окисні властивості
test tube	пробірка

Лабораторна робота №2.

Фізико-хімічні властивості сполук та мінералів *IB* підгрупи

Радіуси атомів елементів *IB*-підгрупи є менші за радіуси атомів лужних металів, тому ці метали мають інші фізичні властивості: більшу густину, високі температури плавлення, а також вищі значення енергії іонізації, ніж у лужних металів. Це призводить до відмінностей у хімічних властивостях.

Елементи *IB*-підгрупи – малоактивні метали. Вони важко окиснюються, а їх йони легко відновлюються. Відновні властивості нейтральних атомів спадають від *Cu* до *Au*, а окисні

властивості йонів зростають в цьому ж напрямку. Стандартні електродні потенціали цих металів мають додатні значення.

Властивості металів *IB*-підгрупи і простих речовин

Властивості	<i>Cu</i>	<i>Ag</i>	<i>Au</i>
Порядковий номер	29	47	79
Відносна атомна маса	63,62	107,87	196,97
Валентні електрони	3d ¹⁰ 4s ¹	4d ¹⁰ 5s ¹	5d ¹⁰ 6s ¹
Металічний радіус атома, нм	0,128	0,144	0,144
Енергія іонізації, eВ	7,726	7,576	9,226
Відносна електронегативність	1,75	1,42	1,42
Густина, г/см ³	8,96	10,52	19,30
Температура плавлення, °С	1083	960,5	1063,4
Температура кипіння, °С	2543	2167	2880

Вміст *Cu*, *Ag* та *Au* в земній корі дорівнює відповідно $5,5 \cdot 10^{-3}$ і $1 \cdot 10^{-5}$, $5 \cdot 10^{-7}$ мас%. Мідь та срібло зустрічаються переважно у вигляді сульфідів, але трапляються іноді у вигляді вільних металів. Золото знаходиться майже виключно в самородному стані.

Головні мінерали, які містять мідь та срібло, – це **халькозин**, або **мідний блиск** *Cu₂S*; **халькопірит**, або **мідний колчедан** *CuFeS₂*; **малахіт** (*CuOH*)₂*CO₃*; **аргентит**, або **срібний блиск** *Ag₂S*.

Експериментальна частина

1. Окиснювальні властивості іону *Cu²⁺*.

Налити в пробірку 1-2 мл розчину купрум (II) сульфату і додати 2 мл розчину калію йодиду. Утворюється осад – купрум(II) йодид, а розчин стає коричневого кольору від йоду, який виділяється. Скласти рівняння реакції в молекулярній і іонній формі.

2. Гідроліз солей двовалентного купрум.

На синій лакмусовий папірець нанести на деякій відстані одна від одної по 2 краплі розчинів купрум(II) сульфату і хлориду (або нітрату). Чому змінюється колір лакмусового папірця? Скласти рівняння реакції в молекулярній і іонній формі.

3. Аміакат купрум.

а) В пробірку налити 2-3 мл розчину солі двовалентного купрум і додати розчину аміаку до розчинення осаду, який випав спочатку. Написати рівняння двох послідовних реакцій утворення і розчинення осаду в розчині аміаку. Який іон забарвлює розчин в синьо-фіолетовий колір?

б) Додати до розчину отриманого аміакату міді невеликими порціями розчин натрію сульфід до утворення незникаючого при перемішуванні рідини чорного осаду купрум(II) сульфід. Як пояснити утворення осаду? Написати рівняння реакції.

4. Аргентум оксид.

Налити в пробірку 2-3 мл розчину NaOH і додати декілька крапель розчину аргентум нітрату. Скласти рівняння реакції. Осад залишити для досліді №6.

5. Галогеніди срібла.

В три пробірки налити по 1-2 мл розчину натрію хлориду, натрію бромід і калію йодид. Потім до цих розчинів додати по декілька крапель аргентум нітрату. Що спостерігається? Скласти рівняння реакції. Отриманий осад залишити для досліді №6.

6. Комплексні сполуки срібла.

а) До пробірки з оксидом аргентуму (дослід 4) додати розчин аміаку до розчинення осаду. Скласти рівняння реакції.

б) До кожного із отриманих в досліді 5 осадів галогенідів аргентуму додати розчин аміаку. Що спостерігається? Скласти рівняння реакції.

7. Взаємодія солей цинку і кадмію з розчином лугу.

Налити в дві пробірки по 1-2 мл розчинів солей цинку і кадмію і додати (по краплях) в кожен пробірку розчин натрію гідроксиду до утворення осаду. Скласти рівняння реакції. Потім до осаду додати надлишок розчину лугу. В якому випадку спостерігається розчинення осаду? Скласти рівняння реакції.

Зробити висновок про хімічний характер осаду, який утворюється.

8. Спільний гідроліз солей.

В пробірку до 1-2 мл розчину цинку сульфату додати приблизно такий самий об'єм розчину натрію карбонату. Написати рівняння реакції, враховуючи, що в осад випаде цинк гідроксид карбонат.

9. Утворення кадмію сульфід (якісна реакція на йон кадмію).

До 1-2 мл розчину кадмію сульфату додати біля 1 мл розчину натрію сульфід. Що спостерігається? Скласти рівняння реакції.

10. Комплексні сполуки цинку і кадмію (аміакати).

Налити в пробірку по 1-2 мл розчинів солей цинку і кадмію і додати в кожен стільки ж розчину аміаку до утворення і наступного розчинення осаду. Пояснити дослід. Скласти рівняння реакції.

Контрольні запитання

1. Чому купрум(II) гідроксид розчиняється в розчині амоній гідроксиду?

2. Як застосовують комплексні сполуки срібла і золота для вилучення металів із руд?

Laboratory 3. Physico-chemical properties of stannum and lead compounds and minerals

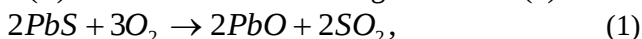
Tin and lead have small mass fractions: $4 \cdot 10^{-3} \%$ and $1.6 \cdot 10^{-3} \%$, respectively. Tin occurs mainly in the form of **cassiterite (tinstone)** SnO_2 , lead forms the sulfide ore **galena** PbS . The lead mineral **cerussite** PbCO_3 is of lesser importance.

Properties of elements of the IVA subgroup and simple substances

Element	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Ge</i>	<i>Sn</i>	<i>Pb</i>
Atomic number	6	14	32	50	82
Relative atomic mass	12,011	28,086	72,59	118,69	207,19
Valence electrons	2s ² 2p ²	3s ² 3p ²	4s ² 4p ²	5s ² 5p ²	6s ² 6p ²
Metallic atomic radius, <i>nm</i>	0,077	0,134	0,139	0,158	0,175
Ionization energy, <i>eV</i>	11,26	8,15	7,90	7,34	7,42
Relative electronegativity	2,50	1,8	1,8	1,8	1,9
Density, <i>g/cm³</i>	3,52 (Diamond) 2,26 (graphite)	2,42	5,32	7,30	11,34
Melting point, ^o <i>C</i>	3750 (graphite)	1415	937	232	327
Boiling point, ^o <i>C</i>	-	3250	2850	2620	1745

Raw tin (92-95%) is obtained by reducing cassiterite: $SnO_2 + 2C \rightarrow Sn + 2CO$, from which pure tin is obtained by electrolysis (anodic dissolution of tin) of an aqueous solution $SnSO_4$ or $Na_2[Sn(OH)_4(H_2O)_2]$.

Lead is extracted from galena by roasting of *PbS* by formula (1) and reducing lead(II) oxide with coke according to formula (2):



The lead is then purified by electrolysis: the anode is the raw lead plates, and the electrolyte is the $PbSiF_6$ solution.

Experimental part

1. Properties of stannous(II) hydroxide.

To 2-3 *ml* of stannous(II) chloride solution, add the same amount of ammonia solution. Divide the precipitate that forms into two parts.

To one, add excess sodium hydroxide solution; to the second, hydrochloric acid. What is the chemical nature of stannous(II) hydroxide? Write the reaction equation.

2. Hydrolysis of tin(II) chloride.

Put a few crystals of $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ in a dry test tube and, adding water dropwise, dissolve it. If the solution is cloudy (why?), add concentrated nitric acid dropwise to it until a clear solution is formed. Add water to the resulting clear solution. Why did a precipitate form? Write the reaction equation.

3. Properties of lead(II) hydroxide.

Obtain lead(II) hydroxide by adding ammonia solution to 1-2 ml of lead(II) acetate solution. Prove that the precipitate of lead(II) hydroxide has amphoteric properties. Write down the equations of the corresponding reactions.

4. Extraction of sparingly soluble lead salts.

In separate test tubes, add the same volume of potassium chloride, potassium iodide, and sodium sulfide solutions to 1-2 ml of lead(II) salt solution. What is the color of the precipitate? Write the reaction equation.

5. Oxidative properties of tetravalent lead compounds.

Pour 1-2 ml of concentrated hydrochloric acid into a test tube with a small amount of lead (IV) oxide. Heat the mixture, identify by smell which gas is released. Write down the reaction equation.

Control questions

1. Why are *C* and *Si* nonmetals, and *Sn* and *Pb* metals? Explain based on the structure of the atoms of the elements.
2. Write the processes that occur at the electrodes during the electrolysis of the solution of SnSO_4 .

Vocabulary

tin	олово
lead	свинець
melting point	температура плавлення
boiling point	температура кипіння
solution	розчин
precipitate	осад

Лабораторна робота №3.

Фізико-хімічні властивості сполук і мінералів стануму і плюмбуму

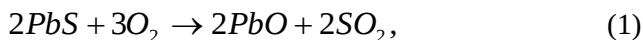
Олово і свинець мають невеликі масові кларки: відповідно $4 \cdot 10^{-3}\%$ і $1,6 \cdot 10^{-3}\%$. Олово трапляється переважно у вигляді **каситериту (олов'яний камінь)** SnO_2 , свинець утворює сульфідну руду **галеніт** PbS . Менше значення має мінерал свинцю церусит $PbCO_3$.

Властивості елементів *IVA*-підгрупи і простих речовин

Властивості	C	Si	Ge	Sn	Pb
Порядковий номер	6	14	32	50	82
Відносна атомна маса	12,011	28,086	72,59	118,69	207,19
Валентні електрони	$2s^2 2p^2$	$3s^2 3p^2$	$4s^2 4p^2$	$5s^2 5p^2$	$6s^2 6p^2$
Радіус атома, <i>нм</i>	0,077	0,134	0,139	0,158	0,175
Енергія іонізації, <i>еВ</i>	11,26	8,15	7,90	7,34	7,42
Відносна електронегативність	2,50	1,8	1,8	1,8	1,9
Густина, <i>г/см³</i>	3,52 (Алмаз) 2,26 (графіт)	2,42	5,32	7,30	11,34
Температура плавлення, <i>°C</i>	3750 (графіт)	1415	937	232	327
Температура кипіння, <i>°C</i>	-	3250	2850	2620	1745

Сире олово (92-95%) добувають відновленням каситериту: $SnO_2 + 2C \rightarrow Sn + 2CO$, з якого чисте олово отримують унаслідок електролізу (анодного розчинення олова) водного розчину $SnSO_4$ або $Na_2[Sn(OH)_4(H_2O)_2]$.

Свинець добувають із галеніту, випалюючи PbS згідно з посиленням (1) та, відновлюючи плюмбум(II) оксид коксом за рівнянням (2):



Потім свинець очищають електролізом: анодом є пластини сирого свинцю, а електролітом – розчин $PbSiF_6$.

Експериментальна частина

1. Властивості станум(II) гідроксиду.

До 2-3 мл розчину станум(II) хлориду додати таку ж кількість розчину аміаку. Осад, який утворився, розділити на дві частини. До однієї – додати надлишок розчину натрію гідроксиду, до другої – хлоридної кислоти. Який хімічний характер станум(II) гідроксиду. Скласти рівняння реакції.

2. Гідроліз станум(II) хлориду.

Покласти в суху пробірку декілька кристалів $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ і, добавляючи по краплях воду, розчинити його. Якщо розчин буде каламутний (чому?), додати до нього по краплях концентровану нітратну кислоту до утворення прозорого розчину. До утвореного прозорого розчину долити води. Чому утворився осад? Скласти рівняння реакції.

3. Властивості плюмбум(II) гідроксиду.

Добути плюмбум(II), гідроксид додавши до 1-2 мл розчину плюмбум(II) ацетату розчин аміаку. Довести, що осад плюмбум(II) гідроксиду має амфотерні властивості. Скласти рівняння відповідних реакцій.

4. Добування малорозчинних солей плюмбуму.

В окремі пробірки до 1-2 мл розчину солі плюмбуму(II) додати такий самий об'єм розчину калію хлориду, калію йодиду, натрію сульфід. Який колір осадів? Скласти рівняння реакції.

5. Окисні властивості сполук чотиривалентного плюмбуму.

Налити в пробірку з невеликою кількістю оксиду свинцю (IV) 1-2 мл концентрованої хлоридної кислоти. Суміш нагріти, розпізнати за запахом, який газ виділяється. Скласти рівняння реакції.

Контрольні запитання

1. Чому *C* і *Si* – неметали, а *Sn* і *Pb* – метали? Пояснити, виходячи із будови атомів елементів.
2. Написати процеси, які відбуваються на електродах при електролізі розчину $SnSO_4$.

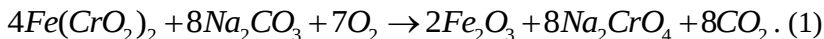
Laboratory 4. Physico-chemical properties of chrome compounds and minerals

The main application of these metals is in ferrous metallurgy, where they are used as alloying components in the corresponding types of steel. In addition, chromium is used as a protective galvanic coating.

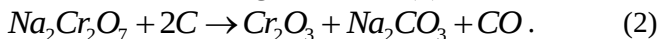
Properties of metals of the *VIB* subgroup and simple substances

Element	<i>Cr</i>	<i>Mo</i>	<i>W</i>
Atomic number	24	42	74
Relative atomic mass	52,1	95,95	183,92
Valence electrons	$3d^5 4s^1$	$4d^5 5s^1$	$5d^4 6s^2$
Metallic atomic radius, <i>nm</i>	0,127	0,137	0,140
Ionization energy, <i>eV</i>	6,77	7,10	7,98
Relative electronegativity	1,56	1,30	1,40
Density, <i>g/cm³</i>	7,2	10,2	19,3
Melting point, <i>°C</i>	1890	2620	3380
Boiling point, <i>°C</i>	3390	4800	5900

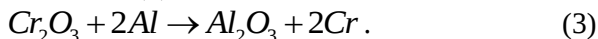
The most important minerals containing chromium are **chromite** $Fe(CrO_2)_2$, **magnochromite** $(Mg, Fe)(CrO_2)_2$, and **aluminochromite** $Fe(Cr, Al)_2O_4$. To obtain metallic chromium, chromite is heated in a mixture with soda in special furnaces in the presence of air. In this case, chromium(III) is oxidized to chromate according to formula (1):



Then, the sodium chromate is washed with water to remove the poorly soluble residue, acidified with sulfuric acid, and converted into dichromate of $Na_2Cr_2O_7$, which is crystallized from the solution and reduced with charcoal according to formula (2):



To extract chromium from oxide, the aluminothermic method is used, i.e. the oxide is heated with metallic aluminum in special furnaces according to formula (3):



This method produces chromium, the purity of which is about 98 mas%. In addition, pure chromium is obtained by electrolytic method, using acidified aqueous solutions of chromium(III) sulfate or chromium alum. $KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$.

Experimental part

1. Chromium(III) hydroxide.

To 2-3 *ml* of a solution of trivalent chromium salt, add a diluted alkali solution dropwise with stirring until a precipitate forms. Describe its physical properties and write down the reaction equation.

Divide the precipitate together with the solution into two parts and investigate its relationship to acid and alkali. Write down the reaction equation, bearing in mind that chromium(III) hydroxide with alkali forms **metachromite**.

2. Hydrolysis of trivalent chromium salts.

a) Use universal indicator paper to examine the trivalent chromium salt solution. What is the reaction of the solution? Write down the reaction equation for the hydrolysis of the salt.

b) Add an equal volume of sodium carbonate solution to 2-3 *ml* of trivalent chromium salt solution. Write down the reaction equation.

c) Add an equal volume of ammonium sulfide solution to 2-3 *ml* of trivalent chromium salt solution. Write down the reaction equation.

3. Chromates and dichromates.

a) Add an equal volume of sulfuric acid to 2-3 *ml* of sodium chromate Na_2CrO_4 solution. Explain the reason for the color change. Write the reaction equation.

b) Add an equal volume of alkali solution to 2-3 *ml* of dichromate $K_2Cr_2O_7$ solution. Write the reaction equation.

4. Oxidation of trivalent chromium to hexavalent.

To 1-2 *ml* of a solution of trivalent chromium salt, add such an amount of alkali that the precipitate that has formed is completely dissolved. Add a little bromine water to the metachromite solution that has formed (see experiment 1) and heat the mixture. What explains the change in color of the solution? Balance the reaction using electron balance schemes.

5. Oxidizing properties of hexavalent chromium compounds.

To 2-3 *ml* of dichromate solution, add an equal volume of diluted sulfuric acid, mix the mixture, and add sodium sulfite solution to it until a green color appears. Balance the reaction using electronic balance schemes.

Control questions

1. Write the equations of the reactions that confirm the amphoteric nature of Cr_2O_3 .

2. Is the coating of iron with chromium anodic or cathodic? Explain this.

Vocabulary

galvanic coating	гальванічне покриття
stirring	перемішування
precipitate	осад
electronic balance (for Red/Ox reactions)	електронний баланс (для окисно-відновних реакцій)

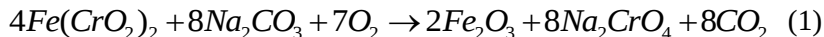
Лабораторна робота №4. Фізико-хімічні властивості сполук і мінералів хрому

Основна галузь застосування цих металів є чорна металургія, де вони використовуються як легуючі компоненти відповідних видів сталі. Окрім того, хром використовують як захисне гальванічне покриття.

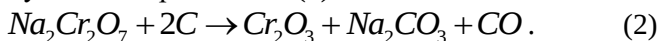
Властивості металів *VIB*-підгрупи і простих речовин

Властивості	<i>Cr</i>	<i>Mo</i>	<i>W</i>
Порядковий номер	24	42	74
Відносна атомна маса	52,1	95,95	183,92
Валентні електрони	3d ⁵ 4s ¹	4d ⁵ 5s ¹	5d ⁴ 6s ²
Радіус атома, <i>нм</i>	0,127	0,137	0,140
Енергія іонізації, <i>еВ</i>	6,77	7,10	7,98
Відносна електронегативність	1,56	1,30	1,40
Густина, <i>г/см³</i>	7,2	10,2	19,3
Температура плавлення, ⁰ <i>С</i>	1890	2620	3380
Температура кипіння, ⁰ <i>С</i>	3390	4800	5900

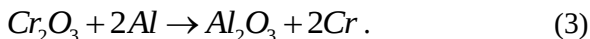
Найважливіші мінерали, що містять Хром – це хроміт $Fe(CrO_2)_2$, магнохроміт $(Mg, Fe)(CrO_2)_2$, алюмохроміт $Fe(Cr, Al)_2O_4$. Для добування металічного хрому хроміт у суміші із содою нагрівають у спеціальних печах за наявності повітря. При цьому хром(III) окиснюється до хромату згідно з формулою (1):



Потім натрій хромат відмивають водою від погано розчинного залишку, підкислюють сульфатною кислотою і переводять у дихромат $Na_2Cr_2O_7$, який викристалізують із розчину та відновлюють вугіллям за рівнянням (2):



Для добування хрому з оксиду використовують алюмотермічний метод, тобто нагрівають оксид з металічним алюмінієм у спеціальних печах за рівнянням (3):



Цим методом добувають хром, чистота якого становить близько 98%. Крім того, чистий хром добувають електролітичним методом, використовуючи для цього підкислені водні розчини хром(III) сульфату або хромового галуна $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$.

Експериментальна частина

1. Гідроксид хрому(III).

До 2-3 мл розчину солі тривалентного хрому по краплях при перемішуванні додати розведений розчин лугу до утворення осаду. Описати його фізичні властивості і скласти рівняння реакції.

Осад разом з розчином розділити на дві частини і дослідити його відношення до кислоти і лугу. Скласти рівняння реакції, маючи на увазі, що хрому(III) гідроксид з лугом утворює метакроміт.

2. Гідроліз солей тривалентного хрому.

а) Дослідити універсальним індикаторним папірцем розчин солі тривалентного хрому. Яка реакція розчину? Скласти рівняння реакції гідролізу солі.

б) До 2-3 мл розчину солі тривалентного хрому додати рівний об'єм розчину натрію карбонату. Скласти рівняння реакції.

в) До 2-3 мл розчину солі тривалентного хрому додати рівний об'єм розчину амонію сульфіді. Скласти рівняння реакції.

3. Хромати і дихромати.

а) До 2-3 мл розчину хромату натрію хромату Na_2CrO_4 прилити рівний об'єм сульфатної кислоти. Пояснити причину зміни кольору. Скласти рівняння реакції.

б) До 2-3 мл розчину дихромату $K_2Cr_2O_7$ прилити рівний об'єм розчину лугу. Скласти рівняння реакції.

4. Окиснення тривалентного хрому в шестивалентний.

До 1-2 мл розчину солі тривалентного хрому додати таку кількість лугу, щоб осад, який випав, повністю розчинився. В розчин метакрому, який утворився (див. дослід 1), додати трохи бромної води і суміш нагріти. Чим пояснюється зміна кольору розчину? Урівняти реакцію за допомогою схем електронного балансу

5. Окиснювальні властивості сполук шестивалентного хрому.

До 2-3 мл розчину дихромату прилити рівний об'єм розведеної сульфатної кислоти, суміш перемішати і додати до неї розчин натрію сульфіту до появи зеленого кольору. Урівняти реакцію за допомогою схем електронного балансу.

Контрольні запитання

1. Написати рівняння реакцій, які підтверджують амфотерний характер Cr_2O_3 .
2. Анодним чи катодним є покриття заліза хромом? Пояснити.

Laboratory 5. Physico-chemical properties of manganese compounds and minerals

Of all the elements in the subgroup, only manganese is a common element (0.1 mas%, rhenium is a rare element ($5 \cdot 10^{-6}$ mas%, and technetium was obtained artificially in 1937. It is the first element to be obtained "technically", hence its name.

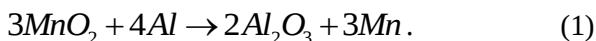
Small amounts of technetium have been found in the earth's crust.

Properties of metals of the *VIIB* subgroup and simple substances

Element	<i>Mn</i>	<i>Tc</i>	<i>Re</i>
Atomic number	25	43	75
Relative atomic mass	54,980	[99]	186,20
Valence electrons	3d ⁵ 4s ²	4d ⁵ 5s ²	5d ⁵ 6s ²
Metallic atomic radius, <i>nm</i>	0,130	0,136	0,137
Ionization energy, <i>eV</i>	7,44	7,28	7,88
Relative electronegativity	1,60	1,36	1,46
Density, <i>g/cm³</i>	7,44	11,49	21,04
Melting point, ⁰ <i>C</i>	1245	2200	3190
Boiling point, ⁰ <i>C</i>	≈2080	≈4600	≈5600

Manganese is a component of various ores, the most important of which are pyrolusite MnO_2 , brownite $Mn_2O_3 \cdot MnSiO_3$, and hausmanite Mn_3O_4 . It is sometimes found in iron ores.

Manganese is extracted from pyrolusite by reduction with carbon, silicon, or aluminum according to formula (1):



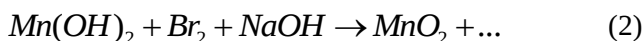
Experimental part

1. Extraction of manganese(II) hydroxide.

Add alkali solution to a solution of divalent manganese salt until a precipitate forms. Investigate the ratio of the precipitate obtained to the excess of alkali and acid. In air, the precipitate transferred to a paper filter quickly darkens, oxidizing into brown manganese(IV) hydroxide. Write the reaction equation.

2. Oxidation of divalent manganese compounds.

Add a solution of alkali and bromine water to a solution of divalent manganese salt. The reaction proceeds with the formation of manganese(IV) dioxide according to the following scheme according to formula (2):



Complete the reaction equation. Balance using electronic balance diagrams.

3. Production of potassium manganate.

Melt a grain of manganese dioxide with a small amount of nitrate, KNO_3 , in a test tube. Dissolve the alloy in water after cooling. The potassium manganate formed turns the solution green. Write the reaction equation. Leave the solution for the next experiment.

4. Oxidation of potassium manganate to permanganate.

Add concentrated nitric acid or chlorine water to the manganate solution obtained in experiment 3. Observe the transition of the green color of the solution to purple-red.

5. Oxidizing properties of potassium permanganate depending on the acidity of the solution.

Pour the same amount of potassium permanganate solution into three test tubes. In the first test tube, acidify the solution with diluted sulfuric acid; in the second, leave the solution neutral, add a concentrated alkali solution to the solution in the third test tube.

Add the same amount of sodium sulfite Na_2SO_3 solution to each of the three test tubes. Potassium permanganate is reduced in an acidic medium to compounds of divalent manganese, in a neutral medium to manganese(IV) oxide MnO_2 , and in an alkaline medium to manganates. Write down the equations of the corresponding redox reactions using electron balance schemes.

Control questions

1. Why does a green solution of potassium manganate K_2MnO_4 turn brown when stored for a long time?
2. Write the equations of reactions that confirm the amphoteric properties of MnO_2 .

Vocabulary

earth's crust	земна кора
ore	руда
oxidation	окислення
solution	розчин
dissolve	розчинити

Лабораторна робота №5.

Фізико-хімічні властивості сполук і мінералів мангану

З усіх елементів підгрупи тільки Манган є поширеним елементом (0,1% мас. %), Рений – це рідкісний елемент ($5 \cdot 10^{-6}$ мас. %), а Технецій добутий в 1937 році штучно. Це перший елемент, що одержаний „технічним способом”, звідси і його назва.

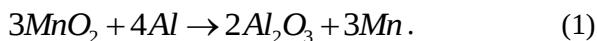
Незначні кількості технецію виявлені в земній корі.

Властивості металів *VІІВ*-підгрупи і простих речовин

Елемент	<i>Mn</i>	<i>Tc</i>	<i>Re</i>
Порядковий номер	25	43	75
Відносна атомна маса	54,980	[99]	186,20
Валентні електрони	3d ⁵ 4s ²	4d ⁵ 5s ²	5d ⁵ 6s ²
Металічний радіус атома, <i>нм</i>	0,130	0,136	0,137
Енергія іонізації, <i>еВ</i>	7,44	7,28	7,88
Відносна електронегативність	1,60	1,36	1,46
Густина, <i>г/см³</i>	7,44	11,49	21,04
Температура плавлення, ⁰ <i>С</i>	1245	2200	3190
Температура кипіння, ⁰ <i>С</i>	≈2080	≈4600	≈5600

Манган входить до складу різних руд, найважливіші з яких піролюзит MnO_2 , брауніт $Mn_2O_3 \cdot MnSiO_3$, гаусманіт Mn_3O_4 . Іноді міститься в залізних рудах.

З піролюзиту манган добувають відновленням вуглецем, силіцієм або алюмінієм за рівнянням (1):



Експериментальна частина

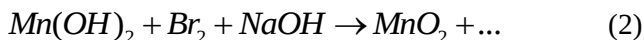
1. Добування манган(ІІ) гідроксиду.

До розчину солі двовалентного мангану додати до утворення осаду розчин луку. Дослідити відношення добутого осаду до надлишку луку і кислоти. На повітрі осад, перенесений на

паперовий фільтр, швидко темніє, окислюючись в бурий гідроксид мангану(IV). Скласти рівняння реакції.

2. Окиснення сполук двовалентного мангану.

До розчину солі двовалентного мангану прилити розчин лугу і бромної води. Реакція йде з утворенням діоксиду мангану(IV) за схемою (2):



Закінчити рівняння реакції. Урівняти за допомогою схем електронного балансу.

3. Добування калію манганату.

Сплавити в пробірці крупинку діоксиду мангану з невеликою кількістю селітри KNO_3 . Сплав по охолодженні розчинити у воді. Манганат калію, що утворився, забарвлює розчин в зелений колір. Скласти рівняння реакції. Розчин залишити для наступного досліджу.

4. Окиснення калію манганату в перманганат.

До добутого в досліді 3 розчину манганату долити концентрованої нітратної кислоти або хлорної води. Спостерігати перехід зеленого кольору розчину у фіолетово-червоний.

5. Окиснювальні властивості калію перманганату в залежності від кислотності розчину.

Налити в три пробірки однакову кількість розчину калію перманганату. В першій пробірці розчин підкислити розведеною сульфатною кислотою, в другій – розчин залишити нейтральним, до розчину у третій пробірці додати концентрований розчин лугу.

В кожен з трьох пробірок долити однакову кількість розчину натрію сульфату Na_2SO_3 . Перманганат калію відновлюється в кислому середовищі – до сполук двовалентного мангану, в нейтральному – до оксиду мангану(IV) MnO_2 , а в лужному – до манганатів. Скласти рівняння відповідних окисно-відновних реакцій за допомогою схем електронного балансу.

Контрольні запитання

1. Чому зелений розчин калій манганату K_2MnO_4 при тривалому зберіганні стає бурим?
2. Написати рівняння реакцій, які підтверджують амфотерні властивості MnO_2 .

Laboratory 6. Physico-chemical properties of iron compounds and minerals

Iron is the most common element after aluminum, and its content in the Earth's crust is 4 mas%. The most important ores of iron are **magnetic ironstone** Fe_3O_4 , red **ironstone** Fe_2O_3 , and **brown ironstone** $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$, **spar ironstone** $FeCO_3$, and **pyrite** FeS_2 . Native iron of cosmic and terrestrial origin is sometimes found; iron compounds are found in natural waters.

Properties of metals of the Ferrum subgroup

Element	<i>Fe</i>	<i>Co</i>	<i>Ni</i>
Atomic number	26	27	28
Relative atomic mass	55,847	58,9332	58,71
Valence electrons	$3d^6 4s^2$	$3d^7 4s^2$	$3d^8 4s^2$
Metallic atomic radius, <i>nm</i>	0,1260	0,1257	0,245
Ionization energy, <i>eV</i>	7,81	7,86	7,63
Relative electronegativity	1,64	1,70	1,75
Density, <i>g/cm³</i>	7,87	8,84	8,90
Melting point, <i>°C</i>	1535	1493	1452
Boiling point, <i>°C</i>	2870	2960	2900

Iron is obtained from ores by reduction with carbon(II) oxide. The molten iron dissolves the carbon, and the resulting alloy is cast iron, which contains about 93 mas% iron and 4 mas% carbon, as well as impurities of silicon, manganese, phosphorus, and sulfur.

Some cast iron is processed into steel by oxidizing the carbon with oxygen in converters, open-hearth, and electric furnaces. Hard

steel contains 0.3-2 mas% carbon, and soft steel contains less than 0.3 mas%.

Experimental part

1. Production of iron(II) hydroxide.

In a test tube, add 1-2 *ml* of iron(II) sulfate solution to an alkali solution until a precipitate of iron(II) hydroxide is formed. Pour the precipitate with the solution onto filter paper and leave it in the air for some time. The precipitate of iron(II) hydroxide in the presence of alkali is easily oxidized by oxygen in the air and gradually becomes dark green, black, and, finally, red-brown. Write down the reaction equation.

2. Production of iron(III) hydroxide.

In a test tube, add alkali solution to 1-2 *ml* of trivalent iron solution until a brown precipitate of iron(III) hydroxide is formed. Write down the reaction equation.

3. Hydrolysis of ferric salts.

In aqueous solutions, ferric salts are easily hydrolyzed. Examine the ferric(III) salt solution with universal indicator paper. Write the reaction equation.

Add soda Na_2CO_3 or potash K_2CO_3 solution to 1-2 *ml* of ferric salt.

A red-brown precipitate of ferric(III) hydroxide is formed, and carbon dioxide is released. Write the ionic-molecular equation for the joint hydrolysis of salts.

4. Reaction to Fe^{3+} ion.

To 1-2 *ml* of a solution of trivalent ferric salt, add a few drops of potassium thiocyanate solution, $KSCN$. The solution turns blood-red due to the formation of ferric(III) thiocyanate.

The reaction of formation of ferric(III) thiocyanate is quite sensitive and serves to detect the Fe^{3+} ion. Write the reaction equation in molecular and ionic form.

5. Complex salts of divalent and trivalent iron.

a) In a test tube, add a few drops of a solution of red blood salt - hexacyano(III) potassium ferrate, $K_3[Fe(CN)_6]$, to 1 ml of a solution of iron(II) sulfate. The solution is colored in a dark blue color by the formed blue hexacyano(III) ferrate, $Fe_3[Fe(CN)_6]_2$. Write the reaction equation.

b) In a test tube, add a few drops of a solution of yellow blood salt - hexacyano(II) potassium ferrate, $K_4[Fe(CN)_6]$, to 1 ml of a solution of iron(III) chloride salt. The solution is colored in an intense blue color by the formed Prussian blue hexacyano(II) ferrate $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$. Write the reaction equation.

Control questions

1. Write the equation of the reactions of reduction of iron from red iron ore with coke and carbon monoxide.
2. Write the electronic formula of the iron atom.

Vocabulary

native	природний
ore	руда
electric furnaces	електрична піч
precipitate	осад
Prussian blue	берлінська лазур

Лабораторна робота №6 Фізико-хімічні властивості сполук і мінералів феруму

Ферум найбільш поширений після алюмінію елемент, в земній корі його міститься 4% (мас.). Найважливішими рудами феруму є **магнітний залізняк** Fe_3O_4 , **червоний залізняк** Fe_2O_3 , **бурий залізняк** $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$, **шпатовий залізняк** $FeCO_3$, **пірит** FeS_2 . Іноді зустрічається самородне залізо космічного і земного походження; сполуки феруму містяться в природних водах.

Властивості металів підгрупи Феруму

Елемент	<i>Fe</i>	<i>Co</i>	<i>Ni</i>
Порядковий номер	26	27	28
Відносна атомна маса	55,847	58,9332	58,71
Валентні електрони	3d ⁶ 4s ²	3d ⁷ 4s ²	3d ⁸ 4s ²
Металічний радіус атома, нм	0,1260	0,1257	0,245
Енергія іонізації, eV	7,81	7,86	7,63
Відносна електронегативність	1,64	1,70	1,75
Густина, г/см ³	7,87	8,84	8,90
Температура плавлення, °C	1535	1493	1452
Температура кипіння, °C	2870	2960	2900

Залізо одержують з руд шляхом відновлення карбон(II) оксидом. Розплавлене залізо розчиняє вуглець і одержують сплав чавун, який містить близько 93 мас. % заліза та 4 мас. % вуглецю, а також домішки силіцію, мангану, фосфору та сірки.

Частину чавуну переробляють на сталь шляхом окиснення вуглецю киснем повітря в конверторах, мартенівських та електропечах. Тверда сталь містить вуглецю 0,3-2 мас. %, а м'яка – менше 0,3 мас. %.

Експериментальна частина

1. Добування ферум(II) гідроксиду.

В пробірку до 1-2 мл розчину ферум(II) сульфату прилити розчин лугу до утворення осаду ферум(II) гідроксиду. Осад з розчином вилити на фільтрувальний папір, залишити на деякий час на повітрі. Осад гідроксиду ферум(II) в присутності лугу легко окиснюється киснем повітря і стає поступово темно-зеленим, чорним і, нарешті, червоно-бурим. Скласти рівняння реакції.

2. Добування гідроксиду ферум(III) гідроксиду.

В пробірку до 1-2 мл розчину тривалентного феруму додати розчин лугу до утворення бурого осаду гідроксиду феруму(III). Скласти рівняння реакції.

3. Гідроліз солей тривалентного феруму.

В водних розчинах солі тривалентного феруму легко піддаються гідролізу. Дослідити розчин солі феруму(III) універсальним індикаторним папером. Скласти рівняння реакції.

До 1-2 мл солі тривалентного феруму додати розчин соди Na_2CO_3 або поташу K_2CO_3 .

Випадає червоно-бурий осад гідроксиду феруму(III) і виділяється вуглекислий газ. Написати іонно-молекулярне рівняння спільного гідролізу солей.

4. Реакція на йон Fe^{3+} .

До 1-2 мл розчину солі тривалентного феруму додати декілька крапель розчину калію тіоціанату KSCN . Розчин забарвлюється в криваво-червоний колір за рахунок утворення тіоціанату феруму(III).

Реакція утворення ферум(III) тіоціанату досить чутлива і слугує для виявлення іону Fe^{3+} . Рівняння реакції написати в молекулярному та іонному вигляді.

5. Комплексні солі двовалентного і тривалентного феруму.

а) В пробірку до 1 мл розчину сульфату феруму(II) додати декілька крапель розчину червоної кров'яної солі – гексаціано(III) ферату калію $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Розчин забарвлюється утвореною синню в темно-синій колір гексаціано(III) фератом феруму(II) $\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$. Скласти рівняння реакції.

б) В пробірку до 1 мл розчину солі хлориду феруму(III) додати декілька крапель розчину жовтої кров'яної солі – гексаціано(II) ферату калію $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Розчин забарвлюється утвореною берлінською лазуррю гексаціано(II) фератом феруму(III) $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ в інтенсивно синій колір. Скласти рівняння реакції.

Контрольні запитання

1. Написати рівняння реакцій відновлення заліза з червоного залізняка коксом, чадним газом.
2. Написати електронну формулу атома Феруму.

Laboratory 7. Physico-chemical properties of boron and aluminum compounds and minerals

Aluminum is one of the most common elements. Its content in the earth's crust reaches 8.8 mas%. The bulk of the earth's crust consists of various aluminosilicates - clays, feldspars, micas, etc. Due to its high chemical activity, aluminum is not found in a free state.

Properties of elements of the *IIIA* subgroup

Element	<i>B</i>	<i>Al</i>	<i>Ga</i>	<i>In</i>	<i>Tl</i>
Atomic number	5	13	31	49	81
Relative atomic mass	10,81	26,98	69,72	114,82	204,37
Valence electrons	$2s^2 2p^1$	$3s^2 3p^1$	$4s^2 4p^1$	$5s^2 5p^1$	$6s^2 6p^1$
Metallic atomic radius, <i>nm</i>	0,091	0,143	0,139	0,166	0,171
Ionization energy, <i>eV</i>	8,30	5,99	6,00	5,79	6,11
Relative electronegativity	2,01	1,47	1,82	1,49	1,44
Density, <i>g/cm³</i>	2,34	2,70	5,90	7,31	11,85
Melting point, <i>°C</i>	2075	660	29,8	156,4	304
Boiling point, <i>°C</i>	3700	2500	2205	2000	1475

The most important aluminum ores are **bauxite** $Al_2O_3 \cdot nH_2O$ (containing 32-60 mas% Al_2O_3), **corundum** Al_2O_3 , **cryolite** Na_3AlF_6 , **alunite** $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 2Al_2O_3 \cdot 6H_2O$, **kaolin** $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$, **nepheline** – $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$.

Other elements of this subgroup are much less common. The content of boron in the earth's crust is $3 \cdot 10^{-4}$, gallium – $1,5 \cdot 10^{-3}$, indium – $1 \cdot 10^{-5}$ and thallium – $4 \cdot 10^{-6}$ mas%. They are not found in the free state.

The most important natural compounds of boron are: **borax** $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$, **kernite** $Na_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$, **boric acid - sassolin** (or sassolite), H_3BO_3 (in the water of some hot mineral springs), and boron silicates.

Experimental part

1. Boric acid.

Prepare a concentrated solution of borax, $Na_2B_4O_7$, by heating it in a small amount of water. After cooling, add 2-3 ml of dissolved sulfuric acid to the resulting solution. The reaction is accompanied by the release of a large amount of heat. Cool the solution with water. Observe the precipitation of a white crystalline precipitate of boric acid. Write the reaction equation.

2. Hydrolysis of boric acid salts.

Dissolve several borax crystals in water. Add a drop of phenolphthalein to the resulting solution. What is the reaction of the solution? Write the equation for the hydrolysis reaction.

3. The interaction of aluminum with acids.

Pour 1-2 ml of 2N. acid solutions into three test tubes: in the first - chloride, in the second – sulfate, and in the third - nitrate. Add a small amount of aluminum shavings to each of the test tubes. Does the reaction proceed without heating in all cases?. Heat the test tube in which the reaction does not proceed. Write the reaction equation.

4. The interaction of aluminum with alkali.

Pour 1-2 ml of a concentrated alkali solution into a test tube with several pieces of aluminum metal. Observe the release of gas bubbles, which accelerates over time. Explain why the reaction rate increases. What is the role of alkali? Write the reaction equation.

5. Properties of aluminum hydroxide.

Add the same amount of ammonia solution to 1-2 ml of aluminum salt solution. Divide the resulting aluminum hydroxide precipitate into two parts: add excess sodium hydroxide solution to one part of the precipitate while stirring, and hydrochloric acid to the second. Conclude the chemical nature of aluminum hydroxide.

6. Hydrolysis of aluminum salts.

a) Wet the universal indicator paper with a solution of aluminum sulfate. Write the equation for the reaction of hydrolysis of the salt, which explains the change in the color of the indicator.

b) Add the same amount of sodium carbonate solution to 1-2 ml of the aluminum salt solution. Explain the appearance of gas bubbles and turbidity. Write the equation for the reaction of joint hydrolysis

of salts, knowing that aluminum hydroxide is formed as a result of hydrolysis.

Control questions

1. Explain the reasons for the similarities and differences in the chemical properties of boron and aluminum.
2. Describe the processes at the electrodes when producing aluminum by electrolysis of Al_2O_3 .

Vocabulary

content	вміст
prepare	приготувати
Dissolve	розчинити
precipitate	осад
pour	доливати

Лабораторна робота №7. Фізико-хімічні властивості сполук і мінералів бору і алюмінію

Алюміній належить до найбільш поширених елементів. Його вміст в земній корі досягає 8,8 мас. %. Основну масу земної кори складають різні алюмосилікати – глини, польові шпати, слюди тощо. Через велику хімічну активність алюміній не зустрічається у вільному стані.

Найважливіші руди алюмінію – **боксити** $Al_2O_3 \cdot nH_2O$ (містять 32-60 мас. % Al_2O_3), **корунд** Al_2O_3 , **кріоліт** Na_3AlF_6 , **алуніт** $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 2Al_2O_3 \cdot 6H_2O$, **каолін** $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$, **нефелін** – $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$.

Інші елементи цієї підгрупи поширені значно менше. Вміст Бору в земній корі складає $3 \cdot 10^{-4}$, Галію – $1,5 \cdot 10^{-3}$, Індію – $1 \cdot 10^{-5}$ і Талію – $4 \cdot 10^{-6}$ мас. %. У вільному стані вони не зустрічаються.

Властивості елементів IIIA-підгрупи

Елемент	<i>B</i>	<i>Al</i>	<i>Ga</i>	<i>In</i>	<i>Tl</i>
Порядковий номер	5	13	31	49	81
Відносна атомна маса	10,81	26,98	69,72	114,82	204,37
Валентні електрони	2s ² 2p ¹	3s ² 3p ¹	4s ² 4p ¹	5s ² 5p ¹	6s ² 6p ¹
Радіус атома, нм	0,091	0,143	0,139	0,166	0,171
Енергія іонізації, eV	8,30	5,99	6,00	5,79	6,11
Відносна електронегативність	2,01	1,47	1,82	1,49	1,44
Густина, г/см ³	2,34	2,70	5,90	7,31	11,85
Температура плавлення, °C	2075	660	29,8	156,4	304
Температура кипіння, °C	3700	2500	2205	2000	1475

Найважливіші природні сполуки бору: **бура** $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, **керніт** $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, боратна кислота - **сасолін** (або сасоліт) H_3BO_3 (у воді деяких гарячих мінеральних джерел) і силікати бору.

Експериментальна частина

1. Борна кислота.

Приготувати концентрований розчин бури $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ при нагріванні її в невеликій кількості води. До отриманого розчину після охолодження додати 2-3 мл розчиненої сульфатної кислоти. Реакція супроводжується виділенням великої кількості теплоти. Охолодити розчин водою. Спостерігати випадання білого кристалічного осаду борної кислоти. Скласти рівняння реакції.

2. Гідроліз солей борної кислоти.

Розчинити у воді декілька кристалів бури. До отриманого розчину додати краплю фенолфталеїну. Яка реакція розчину? Скласти рівняння реакції гідролізу.

3. Взаємодія алюмінію з кислотами.

Налити в три пробірки 1-2 мл 2н. розчинів кислот: в першу – хлоридної, в другу – сульфатної і в третю – нітратної. В кожен з пробірок внести невелику кількість алюмінієвих стружок. Чи у всіх випадках реакція йде без нагрівання?. Нагріти ту з пробірок, в якій реакція не проходить. Скласти рівняння реакції.

4. Взаємодія алюмінію з лугом.

В пробірку з декількома шматочками металевого алюмінію прилити 1-2 мл концентрованого розчину лугу. Спостерігати виділення бульбашок газу, яке прискорюється з часом. Пояснити, чому збільшується швидкість реакції. Яка роль лугу? Скласти рівняння реакції.

5. Властивості алюмінію гідроксиду.

До 1-2 мл розчину солі алюмінію додати таку ж кількість розчину амоніаку. Отриманий осад гідроксиду алюмінію розділити на дві частини: до однієї частини осаду прилити при перемішуванні надлишок розчину натрій гідроксиду, до другої – хлоридної кислоти. Зробити висновок про хімічний характер гідроксиду алюмінію.

6. Гідроліз солей алюмінію.

а) Змочити універсальний індикаторний папірець розчином алюмінію сульфату. Записати рівняння реакції гідролізу солі, яке пояснює зміну забарвлення індикатору.

б) До 1-2 мл розчину солі алюмінію додати таку ж кількість розчину натрію карбонату. Пояснити появу бульбашок газу та каламуті. Записати рівняння реакції спільного гідролізу солей, знаючи, що внаслідок гідролізу утворюється гідроксид алюмінію.

Контрольні запитання

1. Пояснити причину подібності і різниці в хімічних властивостях бору і алюмінію.

2. Описати процеси на електродах при одержанні алюмінію електролізом Al_2O_3 .

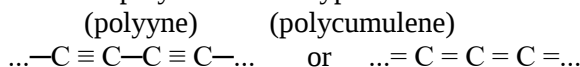
Laboratory 8. Physico-chemical properties of carbon compounds and minerals

The content of carbon in the Earth's crust consist 0.032 mas%. There are two form of stable isotopes of its element: ^{12}C (98.992 mas%) and ^{13}C (1.108 mas%). Under the influence of cosmic radiation in the Earth's atmosphere, a small amount of the isotope ^{14}C is also formed.

Properties of elements of the *IVA* subgroup

Element	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Ge</i>	<i>Sn</i>	<i>Pb</i>
Atomic number	6	14	32	50	82
Relative atomic mass	12,011	28,086	72,59	118,69	207,19
Valence electrons	$2s^2 2p^2$	$3s^2 3p^2$	$4s^2 4p^2$	$5s^2 5p^2$	$6s^2 6p^2$
Metallic atomic radius, <i>nm</i>	0,077	0,134	0,139	0,158	0,175
Ionization energy, <i>eV</i>	11,26	8,15	7,90	7,34	7,42
Relative electronegativity	2,50	1,8	1,8	1,8	1,9
Density, <i>g/cm³</i>	3,52 (Diamond) 2,26 (Graphite)	2,42	5,32	7,30	11,34
Melting point, $^{\circ}\text{C}$	3750 (Graphite)	1415	937	232	327
Boiling point, $^{\circ}\text{C}$	-	3250	2850	2620	1745

The content of ^{14}C in plant remains is used to determine their age. Carbon in nature is found in a free state and in the form of numerous compounds. In the free state, carbon is known in the form of diamond, which crystallizes in the cubic system, **graphite**, which belongs to the hexagonal system, and carbyne. Carbyne, which consists of linear polymers of the type:



Carbyne has properties of semiconductor material.

Diamond is hard, brittle, non-conductive, and transparent. Most diamonds are used in industry: drilling hard rocks, grinding, etc. Polished transparent diamonds are called diamonds.

Graphite is a dark gray crystal with a faint metallic luster. The individual layers of atoms in a graphite crystal are relatively weakly bonded together and are easily separated from each other. This is the basis for the use of graphite for making pencils. Due to its electrical conductivity, graphite is used for the production of electrodes, refractory crucibles for melting metals, for lining and making pipes in the chemical industry.

When compounds containing Carbon are heated without access to air, a black mass called coal is released from them, which consists of small crystals with a disordered graphite structure. Coal dissolves in many molten metals, for example, in iron, nickel, platinum. The most important technical grades of coal are coke, charcoal, which are formed by dry distillation of coal and wood, respectively, as well as bone charcoal, which is formed by charring defatted bones, and soot, which is obtained by thermal decomposition of methane, as well as by burning various substances rich in carbon, for example, resins, with insufficient access to air.

Coke and charcoal are used mainly in the process of smelting metals from ores.

Bone charcoal has a very high absorption capacity and is therefore used to remove various dyes from solutions. Carbon black is used as black paint and in the production of rubber.

In the earth's crust, the most common carbonates are: **limestone** (or **marble**), CaCO_3 , **magnesite**, MgCO_3 , **dolomite**, $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$, and **malachite** $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$, etc. In soils, carbon is contained in the form of various organic and mineral compounds, in natural waters - in the form of calcium hydrogen carbonates $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ and magnesium $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, the air contains carbon dioxide, CO_2 - carbon (IV) oxide. In addition, carbon is a component of oil, natural gas, and coal.

Experimental part

1. Adsorption properties of activated carbon.

Pour 4-5 *ml* of organic dye into a test tube and add activated carbon. Stir the mixture, warm it up a little, and filter it through a paper filter. Explain the disappearance of the color of the solution.

2. Production of carbon dioxide and its properties.

Place several pieces of marble in a test tube, add ~5 *ml* of diluted hydrochloric acid, and close the test tube with a stopper with a gas outlet tube. Pour distilled water into another test tube, add one drop of methyl orange solution, then divide its contents into two parts. Leave one for control, and pass carbon dioxide from the first test tube into the second. Why will the color of the liquid in the test tube change? Boil the contents of the test tube. What happens? Write the reaction equation.

3. Qualitative test for carbonates.

Place a few crystals of chalk or soda in a test tube and add a few drops of acetic acid solution. The fizzing, which is caused by the release of carbon dioxide, indicates the presence of carbonates. Write the reaction equation.

4. Production of hydrogen carbonates and their properties.

In 4-5 *ml* of lime water, pass carbon dioxide until a precipitate forms, and continue to pass the gas until the precipitate is completely dissolved. Divide the resulting solution into two parts. Heat one to boiling, add lime water to the other. Write the reaction equation.

5. Hydrolysis of carbonic acid salts.

a) Using an indicator, determine the reaction of a solution of potassium or sodium carbonate. Write down the equation for the reaction of salt hydrolysis.

b) Add an equal volume of sodium carbonate solution to 1-2 *ml* of an aluminum salt solution. The precipitate formed is aluminum hydroxide. Write down the equation for the reactions of joint hydrolysis of salts in molecular and ionic form.

Control questions

1. Why does Carbon exhibit valence IV in most compounds? Explain based on the electronic structure of the atom.

2. Why is there such a big difference in the properties of graphite and diamond?

Vocabulary

properties	властивості
content	вміст
semiconductor material	напівпровідниковий матеріал
luster	блиск
adsorption	адсорбція (поглинання)

Лабораторна робота №8.

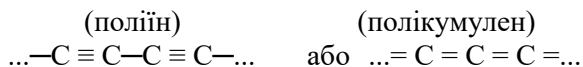
Фізико-хімічні властивості сполук і мінералів карбону

Вміст карбону в земній корі становить 0,032 мас. %. Є два стабільні ізотопи Карбону: ^{12}C (98,992 мас. %) і ^{13}C (1,108 мас. %). Під дією космічного випромінювання в земній атмосфері утворюється невелика кількість ізотопу ^{14}C . За вмістом ізотопу ^{14}C в рослинних залишках роблять висновок про їхній вік. Карбон в природі перебуває у вільному стані та у вигляді численних сполук. У вільному стані Карбон відомий у вигляді **алмазу**, що кристалізується у кубічній системі, **графіту**, що належить до гексагональної системи, та карбіну.

Властивості елементів IVA-підгрупи

Елемент	C	Si	Ge	Sn	Pb
Порядковий номер	6	14	32	50	82
Відносна атомна маса	12,011	28,086	72,59	118,69	207,19
Валентні електрони	$2s^2 2p^2$	$3s^2 3p^2$	$4s^2 4p^2$	$5s^2 5p^2$	$6s^2 6p^2$
Радіус атома, нм	0,077	0,134	0,139	0,158	0,175
Енергія іонізації, eV	11,26	8,15	7,90	7,34	7,42
Відносна електронегативність	2,50	1,8	1,8	1,8	1,9
Густина, г/см^3	3,52 (Алмаз) 2,26 (графіт)	2,42	5,32	7,30	11,34
Температура плавлення, $^{\circ}\text{C}$	3750 (графіт)	1415	937	232	327
Температура кипіння, $^{\circ}\text{C}$	-	3250	2850	2620	1745

Синтетично добуто карбін, що складається з лінійних полімерів типу:



Карбін має напівпровідникові властивості.

Алмаз – твердий, крихкий, неелектропровідний, прозорий. Більша частина алмазів використовується в промисловості: буріння твердих порід, шліфування тощо. Відшліфовані прозорі алмази називаються діамантами.

Графіт являє собою темно-сірі кристали зі слабким металічним блиском. Окремі шари атомів у кристалі графіту зв'язані між собою порівняно слабо, легко відокремлюються один від одного. На цьому засноване застосування графіту для виготовлення олівців. Завдяки своїй електропровідності графіт застосовується для виробництва електродів, вогнетривких тиглів для плавлення металів, для футерування та виготовлення труб в хімічній промисловості.

При нагріванні без доступу повітря сполук, що містять Карбон, з них виділяється чорна маса, яка називається вугіллям, що складається з дрібних кристалів з розупорядкованою структурою графіту. Вугілля розчиняється у багатьох розплавлених металах, наприклад, у залізі, нікелі, платині. Найважливіші технічні сорти вугілля – це кокс, деревне вугілля, які утворюються при сухій перегонці кам'яного вугілля та деревини відповідно, а також кісткове вугілля, яке утворюється обугленням знежирених кісток, і сажа, яку добувають термічним розкладанням метану, а також спалюванням при недостатньому доступі повітря різних речовин, багатих на карбон, наприклад, смоли.

Кокс і деревне вугілля застосовують, головним чином, у процесі виплавки металів з руд.

Кісткове вугілля має дуже велику вбирну здатність і тому застосовується для видалення з розчинів різних барвників. Сажу застосовують як чорну фарбу, а також у виробництві гуми.

В земній корі найбільш поширені карбонати: **вапняк** (або **мармур**) CaCO_3 , **магнезит** MgCO_3 , **доломіт** $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$,

малахіт ($CuOH)_2CO_3$ тощо. В ґрунтах Карбон міститься у вигляді різних органічних і мінеральних сполук, в природних водах - у вигляді гідрогенкарбонатів кальцію $Ca(HCO_3)_2$ та магнію $Mg(HCO_3)_2$, в повітрі міститься вуглекислий газ CO_2 – карбон(IV) оксид. Окрім того, карбон – складова частина нафти, природного газу, кам'яного вугілля.

Експериментальна частина

1. Адсорбційні властивості активованого вугілля.

Налити в пробірку 4-5 мл органічного барвника і додати активоване вугілля. Суміш перемішати, трохи підігріти і профільтрувати через паперовий фільтр. Пояснити зникнення кольору розчину.

2. Добування вуглекислого газу і його властивості.

В пробірку вмістити декілька шматочків мармuru, додати ~5 мл розведеної соляної кислоти і закрити пробірку пробкою з газовідвідною трубкою. В іншу пробірку налити дистильованої води, додати одну краплю розчину метилоранжу, після цього її вміст розділити на дві частини. Одну залишити для контролю, а в другу пропускати вуглекислий газ з першої пробірки. Чому зміниться колір рідини в пробірці? Прокип'ятити вміст пробірки. Що при цьому відбувається? Скласти рівняння реакції.

3. Якісна проба на карбонати.

Вмістити в пробірку декілька кристалів крейди або соди і додати декілька крапель розчину оцтової кислоти. Шипіння, яке спричинене виділенням вуглекислого газу, свідчить про наявність карбонатів. Скласти рівняння реакції.

4. Добування гідрогенкарбонатів та їх властивості.

В 4-5 мл вапняної води пропускати вуглекислий газ до утворення осаду і продовжувати пропускати газ до повного розчинення осаду. Отриманий розчин розділити на дві частини. Одну нагріти до кипіння, в іншу додати вапняної води. Скласти рівняння реакції.

5. Гідроліз солей карбонатної кислоти.

а) За допомогою індикатора визначити реакцію розчину карбонату калію або натрію. Скласти рівняння реакції гідролізу солі.

б) До 1-2 мл розчину солі алюмінію прилити рівний об'єм розчину натрію карбонату. Осад, що утворився – гідроксид алюмінію. Скласти рівняння реакцій спільного гідролізу солей в молекулярній і іонній формі.

Контрольні запитання

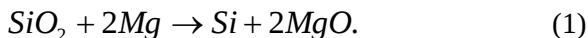
1. Чому в більшості сполук Карбон виявляє валентність IV? Пояснити, виходячи з електронної будови атома.
2. Чому така велика різниця в властивостях графіту і алмазу?

Laboratory 9. Physico-chemical properties of silicon compounds and minerals

The Earth's crust contains 27.72 mas% silicon. It is in second place in terms of distribution in nature, second only to oxygen. The solid Earth's crust is 97 mas% composed of silicon compounds: salts of silicate acids - silicates, sand, sandstones, etc. Silicates form various minerals (feldspar, mica, asbestos) and rocks (granite, basalt, gneiss). **Feldspars** form very important and widespread minerals that are part of most rocks (**granites, syenites, porphyries, trichites, basalts, gneisses**, etc.), and make up at least 25 mas% of the weight of the earth's crust. The general formula of feldspars has the following form: $nRAl_2Si_6O_{16}$; $mR^*Al_2Si_2O_8$, where R is the alkali metal atoms of potassium and sodium, less often rubidium and cesium; R^* – atoms of alkaline earth metals – calcium, strontium and barium.

Feldspar minerals include **orthoclase** $K_2Al_2Si_6O_{16}$, **albite** $Na_2Al_2Si_6O_{16}$, **anorthite** $Ca_2Al_2Si_2O_8$, **celsian** $BaAl_2Si_2O_8$, and others. Due to the great similarity in the structure of the crystal lattices, feldspar minerals are very prone to the formation of mixed crystals. Free silicon can be obtained in the amorphous and crystalline states.

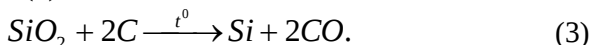
Amorphous silicon is obtained by calcining white sand with magnesium, which is chemically pure silicon(IV) oxide according to formula (1):



Instead of magnesium, you can use aluminum as described in reaction equation (2):



In industry, silicon is extracted by reducing SiO_2 with coke according to reaction (3):



Such silicon is called **crystalline**, it has a steel-like crystalline luster and electrical conductivity.

Experimental part

1. Preparation of sol and gel of silicic acid.

a) To 2-3 ml of concentrated sodium silicate solution, add diluted hydrochloric acid dropwise (with stirring) until a gelatinous precipitate of silicic acid is formed. Write the reaction equation.

b) Pour 3-5 ml of concentrated hydrochloric acid into a test tube and add ~1 ml of sodium silicate solution. Stir the mixture vigorously and observe the formation of a transparent solution - sol of silicic acid.

2. Adsorption properties of silica gel.

Pour 3-5 ml of distilled water into a test tube, add 10-15 drops of copper(II) sulfate solution, and add ammonia solution dropwise until blue copper(II) sulfate ammoniumate is obtained. Pour ~2 g of powdered silica gel into the solution and mix until the solution becomes clear.

Drain the solution from the precipitate and pay attention to the color of the silica gel. Wash several times with water, add 2-3 ml of hydrochloric acid to it, mix with the liquid, and observe the color change of the silica gel due to the leaching of copper(II) sulfate ammoniumate with acid.

3. Hydrolysis of silicic acid salts.

a) Wet a strip of filter paper in a sodium silicate solution and apply 1-2 drops of phenolphthalein to it. Explain the phenomenon that is observed and write down the equation of the hydrolysis reaction.

b) Add 2-3 *ml* of ammonium chloride solution to the sodium silicate solution. Observe the precipitation of metasilicic acid. Write down the equation of the hydrolysis reaction, taking into account that ammonium ions combine with hydroxyl ions of water into slightly dissociated ammonium hydroxide molecules.

4. Insoluble salts of silicic acid ("Chemical algae").

Pour 5-6 *ml* of 50% sodium silicate solution into five test tubes and drop 1-2 crystals of salts of the following metals into each of them: iron, copper, cobalt, nickel, and manganese. Observe the formation of "algae" of different shapes and colors in each test tube.

Control questions

1. Confirm the amphoteric properties of SiO_2 with reaction equations.
2. Use of silicon carbide.

Vocabulary

preparation	приготування
pour	доливати
observe	спостерігати
sol	золь
precipitate	осад
insoluble	нерозчинний

Лабораторна робота №9.

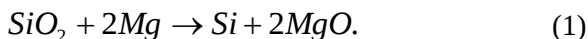
Фізико-хімічні властивості сполук і мінералів силіцію

В земній корі міститься силіцію 27,72 мас. %. За поширенням в природі він знаходиться на другому місці, поступаючись тільки оксигену. Тверда земна кора на 97 мас. % складається з сполук силіцію: солей силікатних кислот – силікатів, піску, піщаників тощо. Силікати утворюють різні мінерали (польовий шпат, слюда, азбест) та гірські породи (граніт, базальт, гнейс). **Польові шпати** утворюють дуже важливі і розповсюджені

мінерали, що входять до складу більшості гірських порід (**граніти, сієніти, порфіри, трихіти, базальти, гнейси** тощо), і складають не менше 25% від ваги земної кори. Загальна формула польових шпатів має такий вигляд: $nRAl_2Si_6O_{16}$; $mR^*Al_2Si_2O_8$, де R – атоми лужних металів калію і натрію, рідше рубідію і цезію; R^* – атоми лужноземельних металів – кальцію, стронцію і барію.

До польовошпатових мінералів відносять **ортоклаз** $K_2Al_2Si_6O_{16}$, **альбіт** $Na_2Al_2Si_6O_{16}$, **анортит** $Ca_2Al_2Si_2O_8$, **цельзіан** $BaAl_2Si_2O_8$ та інші. Завдяки великій подібності в будові кристалічних ґраток польовошпатові мінерали дуже схильні до утворення змішаних кристалів. Вільний кремній може бути одержаний як в аморфному, так і в кристалічному стані.

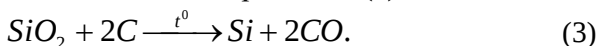
Аморфний кремній добувають прожарюванням з магнієм білого піску, який за хімічним складом є чистим силіцій(IV) оксидом за рівнянням (1):



Замість магнію можна використовувати алюміній згідно з рівнянням (2):



У промисловості кремній добувають відновленням SiO_2 коксом в електричних печах згідно з реакцією (3):



Такий кремній називається **кристалічним**, він має сталевий кристалічний блиск та електропровідність.

Експериментальна частина

1. Добування золю і гелю силікатної кислоти.

а) До 2-3 мл концентрованого розчину натрію силікату додати по краплях (при перемішуванні) розведену хлоридну кислоту до утворення драглистого осаду силікатної кислоти. Скласти рівняння реакції.

б) Налити в пробірку 3-5 *мл* концентрованої хлоридної кислоти і прилити ~1 *мл* розчину натрію силікату. Суміш енергійно перемішати і спостерігати за утворенням прозорого розчину – золю силікатної кислоти.

2. Адсорбційні властивості силікагелю.

Налити в пробірку 3-5 *мл* дистильованої води, прилити 10-15 крапель розчину купрум(II) сульфату і по краплях добавляти розчин амоніаку до отримання синього аміаку купрум(II) сульфату. В розчин насипати ~2 г порошкоподібного силікагелю і перемішати до освітлення розчину.

Злити розчин з осаду і звернути увагу на колір силікагелю. Декілька разів промити водою, додати до нього 2-3 *мл* хлоридної кислоти, перемішати з рідиною і спостерігати зміну кольору силікагелю внаслідок вимивання амоніаку купрум(II) сульфату кислотою.

3. Гідроліз солей силікатної кислоти.

а) Змочити в розчині натрію силікату смужку фільтрувального паперу і нанести на нього 1-2 краплі фенолфталеїну. Пояснити явище, яке спостерігається і скласти рівняння реакції гідролізу.

б) До розчину натрію силікату додати 2-3 *мл* розчину амонію хлориду. Спостерігати випадання осаду метасилікатної кислоти. Скласти рівняння реакції гідролізу, враховуючи, що йони амонію з'єднують гідроксильні іони води в мало дисоційовані молекули амонію гідроксиду.

4. Нерозчинні солі силікатної кислоти («Хімічні водорості»).

В п'ять пробірок налити по 5-6 *мл* 50% розчину силікату натрію і в кожну з них кинути 1-2 кристалики солей таких металів: заліза, міді, кобальту, нікелю і мангану. Спостерігати утворення в кожній пробірці різних по формі і кольору «водоростей».

Контрольні запитання

1. Підтвердити рівняннями реакцій амфотерні властивості для SiO_2 .
2. Застосування карбіду силіцію.

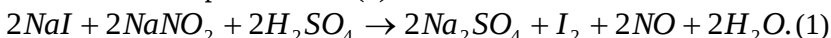
Laboratory 10. Iodine extraction from solutions of underground salt dissolution

1. Purpose of the work.

To study the method of extracting iodine from underground salt dissolution solutions in an acidic environment using hydrogen peroxide as an oxidant.

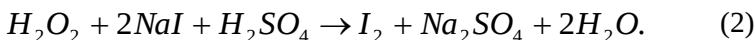
2. General information.

There are three main methods of extracting iodine from drilling fluids: air desorption, coal desorption, and extraction using ion exchange resins. The stage of oxidation of iodide to elemental iodine is common to all three methods. The selective oxidant for iodides is sodium nitrite as presented in (1):



The released iodine (I_2) is adsorbed by activated carbon.

However, the $NaNO_2$ compound is not suitable for the air desorption method, since the nitrogen oxides formed during the reaction pollute the environment. Therefore, to extract iodine from groundwater, hydrogen peroxide is used according to reaction (2):



One of the conditions for the successful course of reaction (2) is to create conditions in which side reactions are minimized, e.g., according to reactions below (3-4):



Of course, before extracting elemental iodine, the drill water is acidified to $pH = 2-3$ to prevent hydrolysis. The optimal conditions of reaction (2) were determined. The calculated excess of acid is 32.5%, taking into account its consumption for neutralization and for maintaining pH throughout the oxidation process. The consumption of hydrogen peroxide is from 130 to 200% of stoichiometry.

The technology for extracting iodine from underground salt dissolution solutions includes the following stages of raw material processing:

- a) preliminary purification from impurities (naphthenic acids, ferrum, hardness salts, etc.);
- b) extraction from raw materials;
- c) obtaining concentrates;
- d) extraction from concentrates in the form of a marketable product.

After preliminary purification, the solution is sent to a chemical reactor-mixer, where the oxidation process takes place. The oxidized solution enters the desorber, where air is blown out. From the desorber, the iodine-air mixture enters the adsorber, where iodine is absorbed to form a saturated alkaline solution. In order to obtain a marketable product, the alkaline solution enters a crystallizer to oxidize iodine to its elemental form with the formation of crystals. After purification and dehydration, the crystalline iodine is sent to the packaging area in light-resistant containers.

3. Equipment and materials.

1. Drilling water containing up to 1% iodides.
2. 40% sulfuric acid solution.
3. 35% hydrogen peroxide solution.
4. Concentrated potassium hydroxide solution.
5. Universal indicator paper.
6. Activated carbon.
7. Funnel.
8. Filter for the funnel.
9. 50 *ml* beakers, 100 *ml* conical flasks.
10. 50 *ml* graduated cylinder.
11. 25 *ml* burettes.

4. Procedure.

Measure 20 *ml* of the test solution into a beaker with a cylinder. Measure the *pH* of the original solution with universal paper. Add sulfuric acid solution to the original iodide solution from a burette, reducing the *pH* to 1.5-2.0. Add 5 *ml* of hydrogen peroxide solution until the original solution changes color. Divide the resulting solution

into two parts. Add *KOH* solution dropwise to one part until decolorized, and note the *pH* of the decolorized solution. Add 1 g of crushed activated carbon to the second part in a conical flask and shake the contents for 20 min. Filter the contents of the flask through a filter in a funnel, and note the color of the filtrate.

Control questions

1. Water index of solutions. The value of it for the extraction of iodine from groundwater.
2. Determine the *pH* of a 0.1M *KOH* solution.
3. Oxidizing agents, reducing agents.
4. Hydrogen peroxide is an oxidizing agent and a reducing agent. Give examples of the corresponding reactions from laboratory work.
5. Balance the redox reaction:

$$I_2 + H_2O_2 \rightarrow HIO_3 + H_2O$$
 using electronic balance schemes.
6. Sorption, desorption, adsorption.
7. The most important adsorbents. Applications.
8. Why create an acidic environment when extracting iodine from groundwater.
9. Sublimation. Applications for the purification of iodine.

Vocabulary

extraction	виділення
environment	середовище
oxidant	окисник
oxidation	окиснення
groundwater	підземна вода

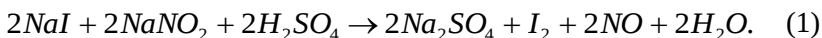
Лабораторна робота №10. Вилучення йоду з розчинів підземного розчинення солей

1. Мета роботи.

Вивчити метод вилучення йоду з розчинів підземного розчинення солей у кислому середовищі з використанням пероксиду гідрогену як окисника.

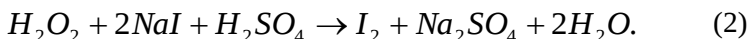
2. Загальні відомості.

Відомі три основних способи добування йоду з бурових вод – повітряно-десорбційний, вугільно-десорбційний та добування за допомогою онообмінних смол. Стадія окиснення йодиду до елементарного йоду є загальною для всіх трьох способів. Селективним окисником для йодидів є натрій нітрит, як наведено в рівнянні (1):

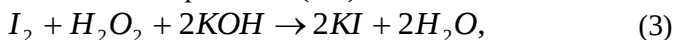


Йод (I_2), який виділився, адсорбують активованим вугіллям.

Проте для методу повітряної десорбції сполука $NaNO_2$ непридатна, оскільки оксиди азоту, що утворюються під час реакції, забруднюють навколишнє середовище. Тому для вилучення йоду з підземних вод використовують пероксид водню згідно з реакцією (2):



Однією з умов успішного перебігу реакції (2) є створення середовища, в якому побічні реакції були б зведені до мінімуму, наприклад, як зазначено в реакціях (3-4):



Звичайно, бурову воду перед вилученням елементарного йоду для запобігання гідролізу підкислюють до $pH = 2-3$. Було визначено оптимальні умови реакції (2). Розрахунковий надлишок кислоти складає 32,5% з врахуванням його витрати на нейтралізацію і на підтримання pH протягом всього процесу окиснення. Витрата пероксиду гідрогену складає від 130 до 200% від стехіометрії.

Технологія вилучення йоду з розчинів підземного розчинення солей включає наступні стадії переробки сировини:

- а) попереднє очищення від домішок (нафтових кислот, феруму, солей твердості та ін.);
- б) вилучення з сировини;
- в) отримання концентратів;
- г) вилучення з концентратів у вигляді товарного продукту.

Розчин після попереднього очищення прямує в хімічний реактор-змішувач, де відбувається процес окиснення. Окиснений розчин надходить в десорбер, де відбувається віддування повітрям. З десорбера йод-повітряна суміш надходить в адсорбер, де йод поглинається з утворенням насиченого лужного розчину. З метою отримання товарного продукту лужний розчин надходить в кристалізатор для окиснення йоду до елементарної форми з утворенням кристалів. Після очищення та зневоднення кристалічний йод прямує на ділянку розфасування в світлозахисну тару.

3. Обладнання і матеріали.

- 1. Бурова вода, яка містить до 1% йодидів.
- 2. 40%-ний розчин сульфатної кислоти.
- 3. 35%-ний розчин пероксиду гідрогену.
- 4. Концентрований розчин калій гідроксиду.
- 5. Універсальний індикаторний папір.
- 6. Активоване вугілля.
- 7. Лійка.
- 8. Фільтр до лійки.
- 9. Стаканчики на 50 мл, конічні колби на 100 мл.
- 10. Мірний циліндр на 50 мл.
- 11. Бюретки на 25 мл.

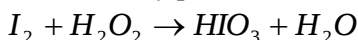
4. Порядок виконання роботи.

В хімічний стакан відміряти циліндром 20 мл досліджуваного розчину. Універсальним папером заміряти *pH* вихідного розчину. З бюретки додавати розчин сульфатної кислоти у вихідний розчин йодидів, знижуючи *pH* до 1,5-2,0. Додати 5 мл розчину пероксиду гідрогену до зміни кольору вихідного розчину. Розділити одержаний розчин на дві частини. До однієї частини додавати по краплях розчин КОН до знебарвлення, відмітити *pH* знебарвленого розчину. До другої частини в

конічній колбі додати 1 г подрібненого активованого вугілля та струшувати вміст протягом 20 хв. Відфільтрувати вміст колби крізь фільтр в лійці, відмітити колір фільтрату.

Контрольні запитання

1. Водний показник розчинів. Його значення для вилучення йоду з підземних вод.
2. Визначити pH 0,1М розчину КОН.
3. Окисники, відновники.
4. Пероксид гідрогену як окисник, як відновник. Навести приклади відповідних реакцій з лабораторної роботи.
5. Урівняти окисно-відновну реакцію



за допомогою схем електронного балансу.

6. Сорбція, десорбція, адсорбція.
7. Найважливіші адсорбенти. Застосування.
8. Для чого створюють кисле середовище при вилученні йоду з підземних вод.
9. Сублімація. Застосування для очищення йоду.

RECOMMENDED SOURCES

1. Yatskov M. V., Budenkova N. M., Mysina O. I. Physico-chemical properties of rock : textbook. Rivne : NUWEE, 2021. 170 p. (in Ukrainian)
URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/20805>
2. Budenkova N. M., Verbetska K. Yu. Chemistry: an interactive complex of educational and methodological support. Rivne : NUWEE, 2006. 62 p. (in Ukrainian) URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/1825>.
3. Yatskov M. V., Budenkova N. M., Mysina O. I. Fundamentals of Chemistry : textbook. Rivne : NUWEE, 2019. 182 p. (in Ukrainian)
URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/17335>
4. Budenkova N. M. Physico-chemical research methods : textbook. Rivne : NUWEE, 2011. 243 p. (in Ukrainian)
URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/2041>

5. Yatskov M. V., Budenkova N. M., Mysina O. I. Physical and colloidal chemistry : textbook. Rivne : NUWEE, 2016. 164 p. (in Ukrainian). URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/5047>

Supporting sources

1. Malanchuk Z. R., Boblyakh S. R., Malanchuk E. Z. Hydroextraction of minerals. Rivne : NUWEE, 2009. 280 p. (in Ukrainian)

2. Technology and management of hydroextraction of minerals / Edited by Malanchuk Z. R. Rivne : NUWEE. 2009. 480 p. (in Ukrainian)

3. Budenkova N. M., Yatskov M. V. Physical chemistry and chemistry of silicates : textbook. Rivne : NUWEE, 2015. 188 p. (in Ukrainian). URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/14364>