

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
БЕЛАРУСЬ**

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ХИМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра радиационной химии и химико-фармацевтических технологий

ЕРЕМЕЙЧИК Павел Сергеевич

Измерение относительной нуклеофильности анионов в воде

Дипломная работа

Научный руководитель:
кандидат химических наук, доцент
Кособуцкий В.С.

Допущена к защите

«___» _____ 2025 г.

Зав. кафедрой радиационной химии
и химико-фармацевтических технологий
кандидат химических наук, доцент
_____ И.М. Кимленко

Минск, 2025

РЕФЕРАТ

Объем дипломной работы составляет 39 страниц, включая 5 рисунков, 17 таблиц. Библиография – 23 литературных источника.

Ключевые слова: нуклеофил, электрофил, нуклеофильность, электроды, электродный потенциал, анионы.

Цель работы: измерение относительной нуклеофильности анионов неорганических кислот.

В процессе работы использовались электрохимические методы: измерение разности электродных потенциалов между медным, алюминиевым и графитовым электродами. Также применялись рН-метрия для контроля кислотности растворов и статистический анализ данных.

Изучены электродные свойства водных растворов солей натрия и калия с различными анионами, включая OH^- , F^- , Cl^- , Br^- , I^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , SCN^- , NO_2^- , H_2PO_4^- и CH_3COO^- при концентрациях 1 моль/л и 0,1 моль/л. На основании экспериментальных данных построены ряды нуклеофильности. Установлено, что гидроксид-ион (OH^-) и фторид-ион (F^-) обладают наибольшей нуклеофильностью и это делает возможным и выгодным использовать фторид-ион (F^-) в реакциях нуклеофильного замещения в радикалах для получения фторорганических соединений. Однако в щелочных растворах наблюдается частичное растворение алюминиевого электрода, что может занижать значения U_t для OH^- . Гидролиз некоторых анионов (например, CO_3^{2-} и F^-) приводит к повышению рН и завышает их кажущуюся нуклеофильность. В растворах с $\text{pH} \leq 8$ влияние OH^- минимально, и нуклеофильность определяется преимущественно самими анионами. Сравнение нуклеофильности Cl^- и NO_3^- показало, что хлорид-ион является более сильным нуклеофилом (примерно в 3 раза), что позволило выдвинуть гипотезу о его ключевой роли в растворении оксидной плёнки алюминия в соляной кислоте.

РЭФЕРАТ

Аб'ём дыпломнай работы складае 39 старонак, уключаючы 5 малюнкаў, 17 табліц. Бібліяграфія - 23 літаратурных крыніцы.

Ключавыя словы: нуклеафіл, электрафіл, нуклеафільнасць, электроды, электродны патэнцыял, аніёны.

Мэта работы: вымярэнне адноснай нуклеафільнасці аніёнаў неарганічных кіслот.

У працэсе працы выкарыстоўваліся электрахімічныя метады: вымярэнне рознасці электродных патэнцыялаў паміж медным, алюмініевым і графітавым электродамі. Таксама ўжываліся рН-метры для кантролю кіслотнасці раствораў і статыстычны аналіз дадзеных.

Вывучаны электродныя ўласцівасці водных раствораў соляў натрыю і калія з рознымі аніонамі, уключаючы OH^- , F^- , Cl^- , Br^- , I^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , SCN^- , NO_2^- , H_2PO_4^- і CH_3COO^- пры канцэнтрацыях 1 моль/л і 0,1 моль/л. На падставе эксперыментальных дадзеных пабудаваныя шэрагі нуклеафільнасці. Устаноўлена, што гідроксід-іён (OH^-) і фтарыд-іён (F^-) валодаюць найбольшай нуклеафільнасцю і гэта робіць магчымым і выгядным выкарыстоўваць фтарыд-іён (F^-) у рэакцыях нуклеафільнага замяшчэння ў радыкалах для атрымання фтараарганічных злучэнняў. Аднак у шчолачных растворах назіраецца частковае растварэнне алюмініевага электрода, што можа зніжаць значэння U_t для OH^- . Гідроліз некаторых аніёнаў (напрыклад, CO_3^{2-} і F^-) прыводзіць да павышэння рН і завышае іх ўяўную нуклеафільнасць. У растворах з $\text{pH} \leq 8$ уплыў OH^- мінімальна, і нуклеафільнасць вызначаецца пераважна самімі аніёнамі. Параўнанне нуклеафільнасці Cl^- і NO_3^- паказала, што хларыд-іён з'яўляецца больш моцным нуклеафілам (прыкладна ў 3 разы), што дазволіла вылучыць гіпотэзу аб яго ключавой ролі ў растварэнні аксіднай плёнкі алюмінія ў салянай кіслаце.

ABSTRACT

The volume of the thesis is 39 pages, including 5 figures, 17 tables. Bibliography of 23 literary sources.

Key words: nucleophile, electrophile, nucleophilicity, electrodes, electrode potential, anion.

The purpose of the work is to measure the relative nucleophilicity of anions of inorganic acids.

Electrochemical methods were used in the process: measurement of the electrode potential difference between copper, aluminum and graphite electrodes. pH-metric was also used to control the acidity of solutions and statistical data analysis.

The studied electrode properties of aqueous solutions of salts of sodium and potassium with different anions including OH^- , F^- , Cl^- , Br^- , I^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , SCN^- , NO_2^- , H_2PO_4^- and CH_3COO^- at concentrations of 1 mol/l and 0.1 mol/l. Based on experimental data, the nucleophilicity series are constructed. It has been established that hydroxide ion (OH^-) and fluoride ion (F^-) have the highest nucleophilicity, and this makes it possible and advantageous to use fluoride ion (F^-) in nucleophilic substitution reactions in radicals to obtain organofluorine compounds. However, partial dissolution of the aluminum electrode is observed in alkaline solutions, which may underestimate the U_t values for OH^- . Hydrolysis of some anions (for example, CO_3^{2-} and F^-) leads to an increase in pH and overestimates their apparent nucleophilicity. In solutions with a pH of < 8 , the effect of OH^- is minimal, and the nucleophilicity is determined mainly by the anions themselves. A comparison of the nucleophilicity of Cl^- and NO_3^- showed that the chloride ion is a stronger nucleophile (by about 3 times), which allowed us to hypothesize its key role in the dissolution of the aluminum oxide film in hydrochloric acid.