Энгельсский технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»
Кафедра «Естественные и математические науки»

КРЕМНИЙ. ГЕРМАНИЙ

Методические указания для выполнения лабораторных работ,
для студентов направлений: ХМТН. .

Энгельс 2024г.

УДК 544
ББК 24-я.73
Р98

Р98 Автор-составитель: Рябухова Т.О.: Неорганическая химия: учебное пособие для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Общая и неорганическая химия» - Энгельс: Изд-во ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2015 – 56 с.

Рецензенты: профессор кафедры ЕМН ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., д.х.н. И.Г. Остроумов;
профессор кафедры ХТ ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А, д.т.н. Н.Д. Соловьева.

В учебном пособии приведены лабораторные работы, знакомящие студентов с химическими свойствами элементов и их соединений. К каждой работе дано небольшое теоретическое введение, а также контрольные вопросы и упражнения. В приложение включены справочные таблицы, необходимые при выполнении лабораторных работ. Рекомендуется студентам направлений 04.03.01 – Химия, 18.03.01 – Химическая технология, 18.03.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, 20.03.01 – Техносферная безопасность, 21.03.01 – Нефтегазовое дело очной и заочной форм обучения.

УДК 544
ББК 24-я.73

Одобрено редакционно-издательским советом
ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А.

Пособие издается в авторской редакции

Лабораторная работа

КРЕМНИЙ. ГЕРМАНИЙ

Цель работы: изучить свойства кремния и его соединений.

Кремний и его аналог германий в нормальных условиях имеют структуру алмаза (sp^3-гибридизация связей). Это твердые и хрупкие кристаллы, обладающие полупроводниковыми свойствами. В природе кремний существует только в связанном состоянии в виде разнообразных силикатов и кварца SiO_2 . Германий является рассеянным элементом и распространен в природе в виде примесных соединений в различных минералах. Кремний и германий в обычных условиях довольно инертны. С простыми веществами (кроме фтора) кремний взаимодействует лишь при нагревании, проявляя чаще всего восстановительные свойства.

Кремний и германий имеют на внешнем уровне по 4 электрона. Им присущи степени окисления −4, +2, +4. Эти элементы могут окислять активные металлы, образуя при этом силициды и германиды. Например, Mg_2Si – силицид магния, Mg_2Ge – германид магния. В этих соединениях степень окисления кремния и германия равна −4. Для кремния и германия степень окисления +2 не характерна (SiO, GeO). Для них характерна степень окисления +4 в их соединениях с кислородом, водородом, галогенами, серой и др.

Оксид кремния (IV) SiO_2 является кислотным, а оксид германия (IV) GeO_2 проявляет амфотерные свойства с преобладанием кислотных. Это тугоплавкие вещества, при охлаждении расплавов переходят в стеклообразное состояние. Производными оксида кремния (IV) являются малорастворимые в воде кремниевые кислоты состава $nH_2O{\cdot}mSiO_2$. Соли этих кислот – силикаты – нерастворимы в воде, кроме силикатов щелочных металлов (Na_2SiO_3). Германиевые кислоты, соответствующие оксиду германия GeO_2 , как и кремниевые, содержат переменное количество связанной воды: $nH_2O{\cdot}mGeO_2$.

С водородом кремний и германий непосредственно не взаимодействуют. Соединения с водородом этих элементов – сила́ны (SiH_4, Si_2H_2 и др.) и герма́ны (GeH_4) – получают действием на силициды и германиды сильных кислот. Герман является веществом ядовитым с очень неприятным запахом, при хранении разлагается на составляющие элементы. Силан очень непрочен, на воздухе самовоспламеняется.

Вода и кислоты на кремний не действуют, растворяется лишь в смеси двух кислот (HNO_3 + HF) и в щелочах.

В кислотах:

$$3Si + 4HNO_3 + 18HF = 3H_2[SiF_6] + 4NO +$$

$8H_2O$ В щелочах – с выделением H_2:

$$Si + 2KOH + H_2O = K_2SiO_3 + 2H_2\uparrow$$

В ряду активности Ge находится после H (между Cu и Ag). Поэтому Ge не взаимодействует с разбавленными кислотами. Только в концентрированной кислоте, он медленно растворяется, а лучше – при нагревании.

$$Ge + 4H_2SO_4 = Ge(SO_4)_2 + 2SO_2 + 4H_2O$$

С концентрированной HNO_3 Ge образует H_2GeO_3 ($xGeO_2 \cdot yH_2O$),

$$Ge + 4HNO_3 = H_2GeO_3 + 4NO_2 + H_2O$$

Германий растворяется в щелочах только в присутствии окислителя, образуя гидроксогерманаты:

$$Ge + 2KOH + 2H_2O = K_2[Ge(OH)_6] + H_2\uparrow$$

Кремний и его соединения широко используются в промышленности (солнечные батареи, добавка к сталям, придание различным материалам огнеупорных свойств и т.п.).

Экспериментальная часть

Приборы и реактивы: пробирки, фарфоровая чашка, фарфоровая ступка с пестиком, стеклянные палочки. Аппарат Киппа. Кварцевый песок. Фильтровальная бумага. Магний (порошок). Кусочек ткани. Сажа. Оксид германия (IV). Тетрахлорид германия. Растворы: соляной кислоты (2М, 4М), уксусной кислоты (0,1 М), силиката натрия (2М, насыщ.), хлорида аммония (0,5 М), фенолфталеина, солей кальция (0,1 М), железа (0,1 М), кобальта(0,1 М), никеля(0,1 М).

ОПЫТ 1. Получение свободного кремния и силана.

В фарфоровой ступке растереть кварцевый песок и смешать его с порошком магния (1:2). Смесь поместить в сухую пробирку. Закрепить пробирку в штативе вертикально и сначала прогреть всю пробирку, а затем сильно нагреть (до красного каления) ту часть пробирки, где находится смесь. После этого горелку отставить, так как реакция протекает с выделением большого количества теплоты. После охлаждения пробирку разбить и извлечь спекшуюся массу, состоящую из кремния, оксида магния и силицида магния Mg_2Si. Эту смесь небольшими порциями внести в фарфоровую чашку с соляной кислотой. Отметить самовоспламенение силана SiH_4, выделяющегося при реакции, и цвет порошка кремния, оставшегося на дне чашки. Промыть кремний водой и высушить на фильтровальной бумаге. Составить уравнения реакций.

ОПЫТ 2. Свойства кремния.

Реактивы: пробирки, р-ры HCl, NaOH (конц.).

На часть полученного в опыте 1 кремния подействовать разбавленной соляной кислотой. Происходит ли растворение кремния? В каких кислотах можно растворить кремний? Другую часть кремния нагреть в пробирке с

концентрированным раствором щелочи. Наблюдать выделение газа, установить его природу. Написать уравнение реакции.

ОПЫТ 3. Получение гидрогеля и гидрозоля кремниевой кислоты.

Реактивы: пробирки, р-ры силиката натрия, HCl (разб. и конц.).

В две пробирки внести 4-5 капель насыщенного раствора силиката натрия Na_2SiO_3. В первую пробирку добавить примерно такой же объем разбавленной соляной кислоты и перемешать раствор стеклянной палочкой. Что наблюдается? Написать уравнение реакции и объяснить результаты опыта.

Во вторую пробирку с силикатом натрия внести в 2 раза бóльший объем концентрированной соляной кислоты. Выпадает ли осадок гидрогеля H_2SiO_3? Полученный гидрозоль кремниевой кислоты нагреть до кипения. Что наблюдается?

ОПЫТ 4. Свойства кремниевой кислоты.

Внести в две пробирки по 5-6 капель разбавленного раствора силиката натрия Na_2SiO_3. В первую пробирку по каплям приливать раствор уксусной кислоты CH_3COOH, во вторую – пропускать диоксид углерода CO_2 из аппарата Киппа до появления осадка . Какое вещество выпадает в осадок? Написать уравнения реакций. Сделать вывод о силе кремниевой кислоты.

ОПЫТ 5. Гидролиз солей кремниевой кислоты.

5.1. В пробирку внести 3-5 капель раствора силиката натрия и 1 каплю раствора фенолфталеина. Что наблюдается? Написать уравнения гидролиза в молекулярной и ионной формах.

5.2. В пробирку с раствором силиката натрия (3-5 капель) добавить такой же объем раствора хлорида аммония. Указать, какое вещество выпадает в осадок. Написать уравнение гидролиза силиката аммония в молекулярной и ионной формах. Объяснить, почему гидролиз силиката аммония протекает до конца.

ОПЫТ 6. Нерастворимые соли кремниевой кислоты.

Налить в четыре пробирки по 5-6 капель раствора силиката натрия и добавить в них такой же объем растворов солей: кальция, железа, кобальта, никеля. Наблюдать происходящие явления. Написать уравнения реакций образования нерастворимых силикатов.

ОПЫТ 7. Огнестойкость тканей, пропитанных силикатом натрия.

В пробирку с раствором силиката натрия опустить кусочек ткани. Через несколько минут ткань извлечь из раствора, подсушить на пламени. Затем внести в пламя. Для сравнения внести в пламя ткань, не пропитанную силикатом натрия.

ОПЫТ 8. Получение германия.

В фарфоровой чашке смешать приметно одинаковые массы порошков оксида германия (IV) GeO_2 и сажи. Смесь поместить в пробирку и нагреть. Отметить наблюдаемые явления и написать уравнение реакции.

ОПЫТ 9. Гидролиз солей германия.

В пробирку поместить немного кристаллического тетрахлорида германия $GeCl_4$. По каплям добавлять воду до полного растворения соли. После полного растворения добавить еще 3-4 капли воды. Что наблюдается? Гидролиз протекает до образования $GeO_2 \cdot nH_2O$. Написать уравнение реакции.

Литература

1. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия / Н.С. Ахметов. М.: Высшая школа, 2008. 446 с.
2. Глинка Н.Л. Общая химия: учебное пособие / Н.Л. Глинка. М.: КНОРУС, 2010. – 752 с. ISBN 978-5-406-00549-1
3. Практикум по общей и неорганической химии: Пособие для студентов вузов/ В.И. Фролов, Т.М. Курохтина, З.Н. Дымова и др. М.: Дрофа, 2002. – 304 с. ISBN 5-7107-4293-7
4. Степин Б.Д. Неорганическая химия: учебник/ Б.Д. Степин, А.А. Цветков М.: Высш.шк.,1994 – 608 с.: ил. – ISBN 5-06-001740-0
5. Лидин Р.А. Справочник по общей и неорганической химии/ Р.А. Лидин – М.: Просвещение: Учеб. лит., 1997. – 256 с.: ил. – ISBN 5-09-007182-9.
6. http://techn.sstu.ru/Biblioteka/