

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ

Факультет физики

Лабораторная работа

«Электрохимические реакции в растворах. Химические свойства галогенов и их соединений. Свойства неметаллов IV-VI групп и их соединений»

Работу выполнил студент 3 курса
Захаров Сергей Дмитриевич



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Москва
10 октября 2020

Содержание

1. Электрохимические реакции в растворах	2
1.1. Опыт 1: Гальванический элемент	2
1.1.1. Реактивы и оборудование	2
1.1.2. Порядок выполнения опыта	2
1.2. Опыт 2: Электролиз растворов электролитов	3
1.2.1. Реактивы и оборудование	3
1.2.2. Порядок выполнения опыта	4
2. Химические свойства галогенов и их соединений	5
2.1. Опыт 1: Получение бромной воды и йодной воды	5
2.1.1. Реактивы и оборудование	5
2.1.2. Порядок выполнения опыта	5
2.2. Опыт 2: Сравнение окислительных свойств галогенов	5
2.2.1. Реактивы и оборудование	5
2.2.2. Порядок выполнения опыта	5
2.3. Опыт 3: Восстановительная активность галогенид-ионов	6
2.3.1. Реактивы и оборудование	6
2.3.2. Порядок выполнения опыта	6
2.4. Опыт 4: Качественные реакции на галогенид-ионы	6
2.4.1. Реактивы и оборудование	6
2.4.2. Порядок выполнения опыта	6
2.5. Опыт 5: Взаимодействие брома и йода со щелочами	7
2.5.1. Реактивы и оборудование	7
2.5.2. Порядок выполнения опыта	7
3. Свойства неметаллов IV-VI групп и их соединений	8
3.1. Опыт 1: Осаждение сульфидов и их свойства	8
3.1.1. Реактивы и оборудование	8
3.1.2. Порядок выполнения опыта	8
3.2. Опыт 2: Восстановительные свойства сульфидов	9
3.2.1. Реактивы и оборудование	9
3.2.2. Порядок выполнения опыта	9
3.3. Опыт 3: Получение серы и растворение ее в щелочи	9
3.3.1. Реактивы и оборудование	9
3.3.2. Порядок выполнения опыта	9
3.4. Опыт 4: Свойства солей аммония	9
3.4.1. Реактивы и оборудование	9
3.4.2. Порядок выполнения опыта	10
3.5. Опыт 5: Разложение нитрата калия	10
3.5.1. Реактивы и оборудование	10
3.5.2. Порядок выполнения опыта	10
3.6. Опыт 6: Качественная реакция на анионы	10
3.6.1. Реактивы и оборудование	10
3.6.2. Порядок выполнения опыта	11
3.6.3. Реактивы и оборудование	11
3.6.4. Порядок выполнения опыта	12

1. Электрохимические реакции в растворах

1.1. Опыт 1: Гальванический элемент

1.1.1. Реактивы и оборудование

- Растворы: ZnSO_4 (1M), CuSO_4 (1M), NaCl
- Пластины: Zn , Cu
- Наждачная бумага
- Стаканы 100 мл (3 шт)
- Мерные колбы 100 мл (2 шт)
- Пипетки 10 мл (2 шт)
- Милливольтметр с проводами и клеммами
- Шпатель для реактивов
- Стеклопалочка

1.1.2. Порядок выполнения опыта

Цинковая и медная пластинки были зачищены наждачной бумагой, после чего в один стакан на 100 мл примерно на 2/3 был налит раствор ZnSO_4 (1M), во второй — раствор CuSO_4 . После этого стаканы были соединены солевым мостиком (трубочкой из фильтровальной бумаги, смоченной раствором NaCl). Пластинки же были подсоединены к клеммам милливольтметра и опущены в растворы соответствующих солей.

При этом происходят следующие процессы:



Согласно таблице стандартные потенциалы процессов равны:

$$E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^0}^0 = 0.338 \text{ В} \quad (3)$$

$$E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}^0}^0 = -0.763 \text{ В} \quad (4)$$

$$(5)$$

Активности ионов примем 1. В таком случае активности участников процессов есть просто их аналитические концентрации. Тогда реальные потенциалы согласно уравнению Нернста окажутся равными:

$$E = E^0 + \frac{0.059}{z} \lg \frac{a_{ox}}{a_{red}} \quad (6)$$

Константа на самом деле определяется как RT/F . Температуру берем 298 К. z — число электронов, участвующих в реакции.

С учетом того, что концентрации обоих растворов составляют 1М, реальные потенциалы совпадают со стандартными. В таком случае ЭДС системы равна:

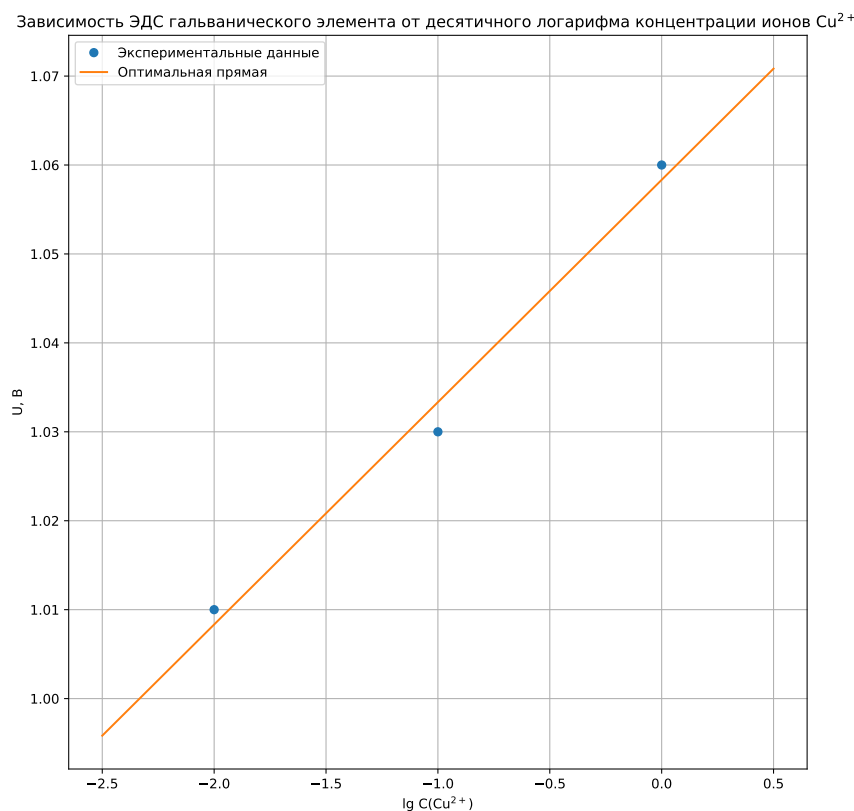
$$\varepsilon = E_{ox} - E_{red} = 1.101 \text{ В} \quad (7)$$

В ходе процесса будут постепенно изменяться концентрации солей. Реакция прекратится, когда потенциал меди окажется меньше, чем потенциал цинка.

После этого эксперимент был повторен с изменением концентрации CuSO_4 : сперва с 0.1М, затем с 0.01М растворами. В результате были получены следующие данные:

Концентрация р-ра CuSO_4	1М	0.1М	0.01М
Реальная ЭДС, В	1.06	1.03	1.01
Теоретическая ЭДС, В	1.101	1.07	1.04

А также следующий график:



Коэффициент наклона прямой оказывается равным 0.026, что неплохо стыкуется с теоретическим ($0.059/2 = 0.0295$).

1.2. Опыт 2: Электролиз растворов электролитов

1.2.1. Реактивы и оборудование

- Растворы: NaCl (1М), KI , $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, фенолфталеина

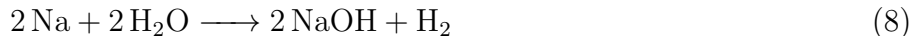
- Инертные электроды (2 шт)
- Железный электрод
- Электролизеры (2 шт)
- Источник питания
- Фильтровальная бумага
- Шпатель для реактивов
- Стеклянная палочка
- штатив

1.2.2. Порядок выполнения опыта

а)

Электролизер был заполнен раствором NaCl (1M), после чего в него были погружены два инертных электрода. В раствор было также добавлено 3 капли фенолфталеина. Затем был включен источник питания (ток электролиза ≈ 90 mA)

На катоде при этом: $\text{Na}^+ + e \longrightarrow \text{Na}^0$. Полученный натрий реагирует с водой с выделением водорода, который мы и видим (пузырьки газа):



На аноде же: $2\text{Cl}^- - 2e \longrightarrow \text{Cl}_2^0$. Получаемый хлор окрашивает фильтровальную бумажку, пропитанную раствором KI, в фиолетовый цвет I_2 :



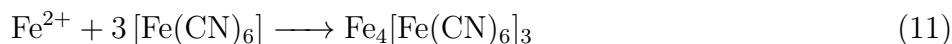
С помощью фенолфталеина около катода отслеживается щелочная среда.

б)

Был проведен аналогичный эксперимент, только теперь инертный электрод на положительном полюсе был заменен железным. В результате на катоде реакция не поменялась, а вот на аноде хлор начал реагировать с железом электрода:



Это подтверждается реакцией с красной кровяной солью, которая была добавлена в раствор (качественная реакция на ионы Fe^{2+}):



Осадок имеет вид темно-синих кристаллов.

2. Химические свойства галогенов и их соединений

2.1. Опыт 1: Получение бромной воды и йодной воды

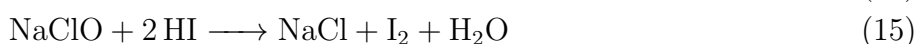
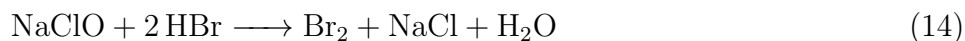
2.1.1. Реактивы и оборудование

- Сухие соли: KBr, KI
- Растворы: HCl (1M), NaClO
- Пробирки
- Стеклянная палочка
- Шпатель для реактивов

2.1.2. Порядок выполнения опыта

В пробирку были помещены 2-3 микрошпателя KBr, к которому был прибавлен 1 мл HCl (1M), после чего содержимое пробирки было перемешано до растворения. Затем осторожно, по каплям, в пробирку был добавлен раствор NaClO. В результате этого раствор поменял цвет с бесцветного на желтоватый.

Аналогичные действия были проведены с KI, но раствор поменял цвет на коричневый.



2.2. Опыт 2: Сравнение окислительных свойств галогенов

2.2.1. Реактивы и оборудование

- Растворы: KI, Br₂-вода
- Гексан
- Пробирки
- Стеклянная палочка
- Стакан

2.2.2. Порядок выполнения опыта

В пробирку был налит 1 мл раствора KI, который был залит 1 мл гексана. К полученной жидкости был прилит 1 мл бромной воды, после чего раствор был перемешан. В результате этого гексан окрасился в фиолетовый цвет, что означает ожидаемое из уравнения реакции присутствие в нем I₂.



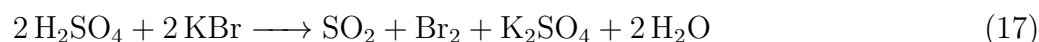
2.3. Опыт 3: Восстановительная активность галогенид-ионов

2.3.1. Реактивы и оборудование

- Сухие соли: KBr, KI, H₂SO₄(конц.)
- Гексан
- Пробирки
- Шпатель
- Стеклянная палочка
- Стакан
- Пипетка

2.3.2. Порядок выполнения опыта

В одну пробирку было помещено несколько кристаллов KBr, в другую — KI. После этого в каждую из них было добавлено 2-3 капли концентрированной H₂SO₄. При этом началась бурная реакция с выделением газа, имеющего запах зажженной спички (для KBr) и сероводорода (для KI). После этого был прилит небольшой объем воды и наложен органический растворитель. Цвет содержимого пробирок оказался бледно-желтым (для KBr) и фиолетовым для KI.



Восстановительная способность повышается сверху вниз по таблице Менделеева: Cl⁻, Br⁻, I⁻, ...

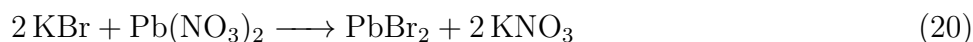
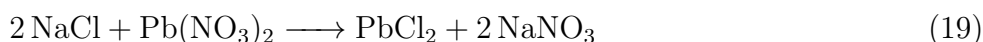
2.4. Опыт 4: Качественные реакции на галогенид-ионы

2.4.1. Реактивы и оборудование

- Растворы: NaCl, KBr, KI, Pb(NO₃)₂
- Пробирки

2.4.2. Порядок выполнения опыта

В три пробирки были помещены 3-5 капель растворов солей: NaCl, KBr, KI. В каждую из пробирок был прилит раствор Pb(NO₃)₂. В результате в пробирках выпали осадки: белый мутный в пробирке с NaCl, ярко-желтый в пробирке с KI и белый (полупрозрачный) в пробирке с KBr. Можно сделать вывод о применимости Pb(NO₃)₂ для нахождения йодид-ионов (дает яркий желтый осадок).



2.5. Опыт 5: Взаимодействие брома и йода со щелочами

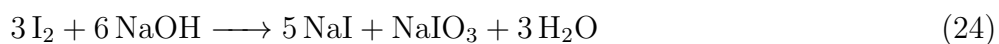
2.5.1. Реактивы и оборудование

- Br₂-вода, I₂-вода
- Растворы: NaOH, H₂SO₄ (1M)
- Индикаторная бумага
- Пробирки
- Пипетка

2.5.2. Порядок выполнения опыта

К 5-6 каплям бромной воды был добавлен по каплям раствор NaOH (1M) до обесцвечивания раствора. После этого раствор был подкислен несколькими каплями H₂SO₄ (1M), в ходе чего раствор вернул свой первоначальный цвет. Аналогичное наблюдалось при замене бромной воды йодной.

Цвет меняется из-за постепенного перехода Br₂ (I₂) в бесцветные NaBr и NaBrO₃ (NaI и NaIO₃) в щелочной среде и обратно в кислотной.



3. Свойства неметаллов IV-VI групп и их соединений

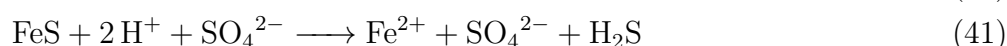
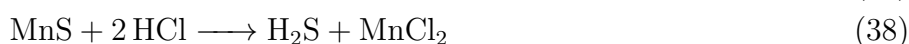
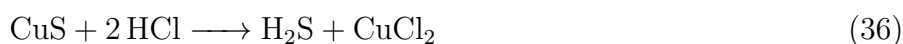
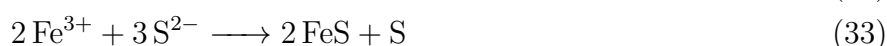
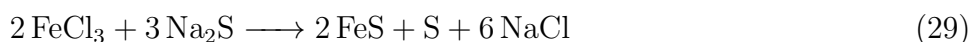
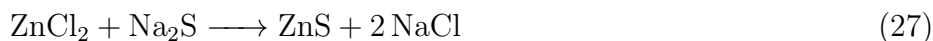
3.1. Опыт 1: Осаждение сульфидов и их свойства

3.1.1. Реактивы и оборудование

- Растворы: ZnCl_2 , CuSO_4 , FeCl_2 , FeCl_3 , MnCl_2 , Na_2S , HCl
- Пробирки

3.1.2. Порядок выполнения опыта

В 4 пробирки были налиты по 1 мл растворов ZnCl_2 , CuSO_4 , FeCl_3 , MnCl_2 , после чего в каждую из пробирок было добавлено по несколько капель раствора Na_2S . В результате в пробирках были получены осадки следующих цветов (в том же порядке, в котором указаны соли): молочно-белого, черного, черного и персикового. После этого в каждую из пробирок был добавлен раствор HCl в результате чего с осадками произошло следующее (в том же порядке, в котором указаны соли): осадок растворился (раствор стал голубовато-лунным), раствор позеленел, раствор посерел, раствор стал прозрачным.



3.2. Опыт 2: Восстановительные свойства сульфидов

3.2.1. Реактивы и оборудование

- Раствор Na_2S
- Br_2 -вода, I_2 -вода
- Пробирки

3.2.2. Порядок выполнения опыта

В две пробирки было налито по 1 мл раствора Na_2S , после чего в одну пробирку был добавлен 1 мл бромной воды, в другую — йодной. В результате в обеих пробирках выпал желтовато-белый осадок.



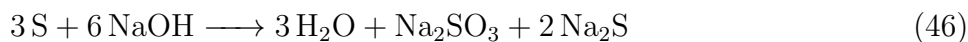
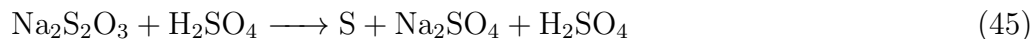
3.3. Опыт 3: Получение серы и растворение ее в щелочи

3.3.1. Реактивы и оборудование

- Растворы: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, H_2SO_4 , NaOH
- Пробирки
- Стеклянная палочка
- Спиртовка

3.3.2. Порядок выполнения опыта

В пробирку был налит 1 мл раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, к которому было прибавлено несколько капель разбавленной H_2SO_4 . Спустя некоторое время в пробирке выпал желтовато-белый осадок. Затем в пробирку постепенно, по каплям, добавлялся раствор NaOH до полного растворения осадка.



3.4. Опыт 4: Свойства солей аммония

3.4.1. Реактивы и оборудование

- Сухие соли: $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, NH_4Cl
- Пробирки
- Спиртовка

3.4.2. Порядок выполнения опыта

В сухую пробирку было помещено немного $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, после чего пробирка была нагрета. В результате появился сильный запах аммиака. Аналогичный опыт был проведен с NH_4Cl : в этом случае также был запах аммиака (однако более слабый), а на стенках пробирки появился белый налет. Объясняется он тем, что получившиеся в ходе реакции газы вновь объединяются на более холодных стенках пробирки.



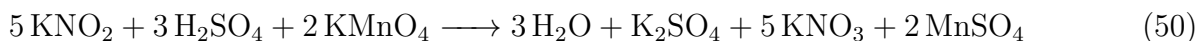
3.5. Опыт 5: Разложение нитрата калия

3.5.1. Реактивы и оборудование

- Сухая соль KNO_3
- Растворы: H_2SO_4 , KMnO_4
- Пробирки
- Шпатель
- Лучина
- Спиртовка

3.5.2. Порядок выполнения опыта

В сухую пробирку было внесено 1-2 микрошпателя KNO_3 , после чего пробирка была нагрета на пламени спиртовки до расплавления соли и дальнейшего его кипения. После этого в пробирку была внесена тлеющая лучина, которая при внесении чуть-чуть загорелась, что свидетельствует о наличии в пробирке кислорода. Полученный осадок был растворен в 1 мл дистиллированной воды с добавлением H_2SO_4 (1M) и раствора KMnO_4 , в результате чего раствор расслоился: снизу он был бесцветным, сверху — фиолетово-розовым. Сверху, по всей видимости, оказался MnSO_4 , снизу — соли калия.



3.6. Опыт 6: Качественная реакция на анионы

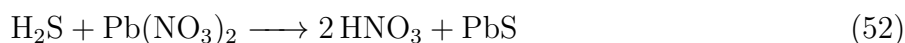
а) Качественное обнаружение соединений серы

3.6.1. Реактивы и оборудование

- Растворы: Na_2S , HCl (1M), PbSO_4 , BaCl_2 , Na_2SO_3 , KMnO_4 , KI , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, FeCl_3
- Пробирки
- Фильтровальная бумага

3.6.2. Порядок выполнения опыта

- В пробирку был внесен раствор Na_2S , который был смешан с HCl (1M). Пробирка была накрыта фильтровальной бумажкой, смоченной раствором $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Бумажка окрасилась в черный цвет PbS .



- В пробирку было внесено несколько капель Na_2SO_4 , после чего раствор был подкислен парой капель HCl (1M). Затем в пробирку было прибавлено несколько капель BaCl_2 , в результате чего выпал белый мутный осадок.



- В две пробирки было налито по 1 мл раствора Na_2SO_3 , который был подкислен парой капель HCl (1M). В первую пробирку было добавлено 3 капли раствора KMnO_4 , который в ходе реакции обесцветился. Затем в пробирку был внесен BaCl_2 , вследствие чего в пробирке выпал белый осадок. Во вторую же пробирку было добавлено 3 капли KI , в результате чего раствор получил лимонно-зеленую окраску.



- В пробирку был внесен раствор $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, к которому был добавлен раствор FeCl_3 . В результате окраска раствора стала коричневой (была оранжево-ржавой).



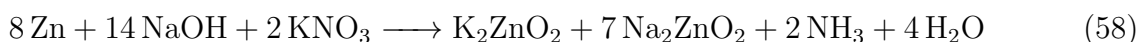
б) Качественное обнаружение соединений азота

3.6.3. Реактивы и оборудование

- Растворы: KNO_3 , NaOH (1M), NaNO_2 , HCl (1M), KMnO_4 , KI , BaCl_2 , NH_4Cl
- Zn порошок
- Пробирки
- Шпатель
- Спиртовка
- Индикаторная бумага
- Фильтровальная бумага

3.6.4. Порядок выполнения опыта

- В пробирку был внесен небольшой объем KNO_3 вместе с 2 микрошпателями порошка Zn и 1 мл раствора NaOH (1М), после чего пробирка и ее содержимое были нагреты. В результате из пробирки начал выделяться запах аммиака. При внесении в выделяющийся газ универсальной индикаторной бумаги, смоченной воды, она показала щелочную среду, что косвенно свидетельствует о том, что газ — NH_3 .



- В две пробирки был внесен NaNO_2 , после чего в одну из пробирок был прилит раствор KMnO_4 , в результате чего раствор KMnO_4 потерял окраску. В другую же пробирку было добавлено 3 капли KI , после чего раствор потемнел. Затем в обе пробирки был добавлен раствор BaCl_2 , однако никакого осадка не выпало.



- В пробирку был внесен 1 мл раствора NH_4Cl и добавлены 3 капли раствора NaOH (1М). После этого пробирка была нагрета, вследствие чего из нее начал выделяться запах аммиака. При внесении в выделяющийся газ универсальной индикаторной бумаги, смоченной воды, она показала щелочную среду, что косвенно свидетельствует о том, что газ — NH_3 .

