

Десятый класс

В этом году исполняется знаменательная дата – 200 лет назад Жозеф Луи Гей-Люссак предложил рассматривать как химический элемент иод, открытый Бернардом Куртуа и, как говорят, его кошкой, четырьмя годами ранее. В данной работе Вам предлагается синтезировать одно из неорганических соединений иода – иодат калия, а также изучить зависимость скорости реакции Ландольта (восстановления иодат-иона сульфит-ионом в кислой среде) от концентраций реагирующих веществ.

Часть 1. Получение иодата калия

В коническую колбу, находящуюся на Вашем столе и содержащую навеску 1,5 г перманганата калия, налейте 40 мл дистиллированной воды, отмеренной с помощью мерного цилиндра. Колбу накройте часовым стеклом и нагрейте ее содержимое на электроплитке, не допуская вскипания. Затем добавьте навеску 0,75 г иодида калия, выданную Вам в микропробирке (остатки KI можно перенести в колбу, ополоснув микропробирку небольшим количеством дистиллированной воды). Вновь накройте колбу часовым стеклом и нагревайте реакционную смесь в течение ~30 мин.

По окончании нагревания осторожно снимите колбу с электроплитки и оставьте охлаждаться в течение ~5 мин. при комнатной температуре. Затем еще к теплomu раствору в колбе добавьте при перемешивании стеклянной палочкой 3 мл этилового спирта. Отфильтруйте образовавшийся бурый осадок на воронке Бюхнера. Для этого аккуратно по палочке перенесите взмученный осадок и маточный раствор из колбы на фильтр. Включите водоструйный насос и присоедините его к колбе Бунзена (колба Бунзена при этом должна быть чистой и ополоснутой дистиллированной водой). Если весь маточный раствор с осадком перенести на воронку Бюхнера полностью за один раз не удалось, содержимое колбы постепенно доливают по палочке на фильтр по мере уменьшения его содержимого. После того, как весь маточный раствор отделен от осадка и в колбу Бунзена перестали поступать капли фильтрата, отсоедините

насос от колбы Бунзена (ни в коем случае не закрывая кран водоструйного насоса!). После отсоединения насоса от колбы закройте кран.

Полученный фильтрат аккуратно перелейте из колбы Бунзена в стакан объемом 100 мл. С помощью стеклянной палочки перенесите каплю фильтрата на полоску универсальной индикаторной бумаги и оцените его рН. Добавьте по каплям при перемешивании стеклянной палочкой ледяную уксусную кислоту (~1 мл) до рН ~ 7 (контроль по универсальной индикаторной бумаге). Затем к нейтрализованному раствору прилейте 35 мл этилового спирта при перемешивании стеклянной палочкой. Полученный осадок иодата калия отфильтруйте на предварительно взвешенном стеклянном пористом фильтре (процедура фильтрования на водоструйном насосе была описана выше). После того, как в колбу Бунзена перестали поступать капли фильтрата, отсоедините насос от колбы (ни в коем случае не закрывая кран водоструйного насоса!). Налейте на фильтр с осадком ~5 мл этилового спирта, перемешайте полученную суспензию и вновь подключите насос к колбе Бунзена. Осадок на фильтре оставьте сушиться в токе воздуха в течение ~1 мин. (не отключая при этом насос от колбы Бунзена), затем отсоедините насос от колбы Бунзена и выключите кран водоструйного насоса. Фильтр с осадком высушите в течение ~20 мин. в сушильном шкафу при температуре ~60 °С.

После охлаждения фильтра до комнатной температуры взвесьте его и вычислите массу полученного продукта.

Теоретические вопросы

1. Напишите уравнение реакции взаимодействия иодида калия и перманганата калия в водном растворе, в результате проведения которой Вы получили иодат калия.

2. Рассчитайте максимальную массу иодата калия, которую теоретически можно получить в проведенном Вами синтезе, а также определите практический выход продукта. Приведите подробный расчет.

3. Как Вы думаете, с какой целью к еще теплomu раствору, полученному после нагревания KI с KMnO_4 , добавляли небольшое количество этилового

спирта? Ответ подтвердите уравнением реакции.

4. Напишите уравнения приведенных ниже реакций, характеризующих свойства полученного иодата калия:

- а) взаимодействие иодата калия с сернокислым раствором иодида калия;
- б) взаимодействие твердого иодата калия с концентрированной соляной кислотой при пониженной температуре;
- в) взаимодействие твердого иодата калия с концентрированной соляной кислотой при нагревании;
- г) нагревание твердого иодата калия при температуре выше 560 °С.

Часть 2. Исследование зависимости скорости реакции Ландольта от концентрации иодата калия

Реакция Ландольта – восстановление иодат-иона сульфит-ионом в кислой среде – относится к автокаталитическим реакциям. Такие реакции вначале протекают медленно, однако, по мере накопления каталитически активного вещества, реакция ускоряется. В случае реакции Ландольта этим веществом является молекулярный иод, который при взаимодействии с крахмалом образует клатратное соединение темно-синего цвета. Время, в течение которого реакция протекает медленно, а в реакционной смеси накапливается катализатор, называют временем индукции. Измеряя зависимость времени индукции от концентрации реагирующих веществ, можно установить порядки реакции по реагентам.

Методика проведения кинетических экспериментов

Взвесьте ~0,2 г (запишите точную (до сотых грамма) массу навески) полученного Вами иодата калия и аккуратно перенесите навеску в мерную колбу объемом 250 мл. Налейте в колбу ~20 мл дистиллированной воды и 10 мл 1 М раствора серной кислоты, отмеренные с помощью мерного цилиндра. Дождитесь полного растворения твердого вещества, а затем доведите объем раствора в колбе до метки дистиллированной водой.

Вам необходимо провести три кинетических эксперимента, в которых

варьируется концентрация иодата калия. Для проведения этих экспериментов руководствуйтесь объемами растворов и воды, указанными в следующей таблице.

№ опыта	В стакан объемом 100 мл		В стакан объемом 50 мл	Конечные концентрации (после смешения растворов)		Время индукции (τ), секунды
	$V(\text{KIO}_3)$, мл	$V(\text{H}_2\text{O})$, мл	$V(\text{Na}_2\text{SO}_3)$, мл	$C(\text{KIO}_3)$, М	$C(\text{Na}_2\text{SO}_3)$, М	
1	40 (4 аликвоты)	0	10			
2	30 (3 аликвоты)	10	10			
3	20 (2 аликвоты)	20	10			

Вам выданы два стакана (объемами 50 и 100 мл). После проведения каждого опыта необходимо эти стаканы вымыть, ополоснуть дистиллированной водой и удалить капли воды с помощью фильтровальной бумаги. Общая методика проведения кинетических экспериментов приведена ниже.

В сухой стакан объемом 100 мл отберите необходимое число аликвот (см. таблицу) приготовленного подкисленного раствора иодата калия (с помощью пипетки Мора объемом 10 мл). К этому раствору в стакане добавьте с помощью бюретки необходимый объем (см. таблицу) дистиллированной воды.

В другой сухой стакан (объемом 50 мл) другой пипеткой Мора на 10 мл отберите аликвоту выданного крахмального раствора сульфита натрия с точной концентрацией Na_2SO_3 .

Максимально **быстро** прилейте раствор Na_2SO_3 из стакана объемом 50 мл к содержимому стакана объемом 100 мл и тотчас включите секундомер. Перемешивайте реакционный раствор с помощью стеклянной палочки. Заметьте по секундомеру, через какой промежуток времени произойдет резкое изменение окраски.

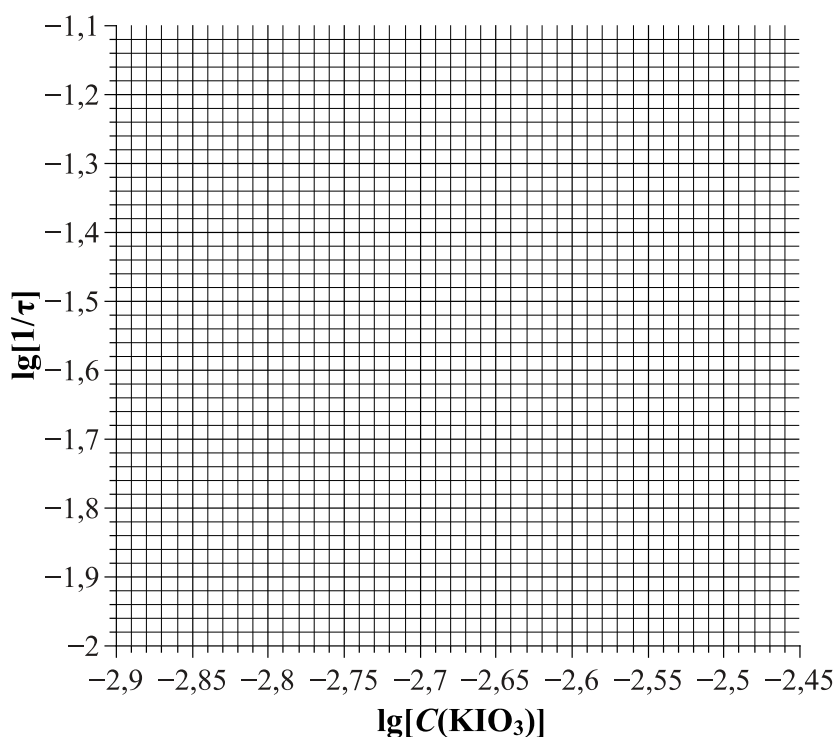
Вопросы и задания

5. Напишите уравнение реакции Ландольта в ионном виде.

6. Является ли реакция Ландольта элементарной химической реакцией или протекает по сложному механизму в несколько стадий? Кратко (1–2 предложения) поясните свой ответ.

7. Заполните пропуски в приведенной выше таблице *Указание:* концентрации и времена индукции должны быть указаны с точностью до десятых долей единиц.

8. На основании проведенных Вами кинетических экспериментов отметьте соответствующие точки в приведенных ниже координатах (зависимость $\lg[1/\tau]$ от $\lg[C(\text{KIO}_3)]$).



Через отмеченные Вами точки проведите прямую. Тангенс угла наклона этой прямой равен порядку реакции по иодат-иону. С целью уменьшения погрешности расчета тангенса используйте точки прямой, максимально удаленные друг от друга на графике. Тангенс угла наклона равен отношению разности положения этих точек на оси ординат ($\lg[1/\tau]$) к разности их положения на оси абсцисс ($\lg[C(\text{KIO}_3)]$). Рассчитайте порядок реакции по иодат-иону с точностью до десятых долей единицы.