

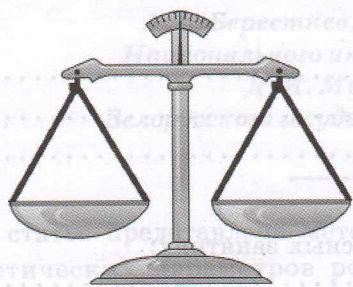


Навукова-метадычны часопіс
Выдаецца са студзеня 2013 года
Пасведчанне аб дзяржаўнай рэгістрацыі сродку
масавай інфармацыі № 1575 ад 11.10.2012 г.,
выдадзенае Міністэрствам інфармацыі
Рэспублікі Беларусь
Выходіць 6 разоў у год

Серыя «У дапамогу педагогу»
заснавана ў 1995 годзе

2(80) • 2020

САКАВІК — КРАСАВІК



Біялогія і ХІМІЯ

Нацыянальны інстытут адукацыі і выхавання
Міністэрства адукацыі Рэспублікі Беларусь
Каралёва 16, 220004 г. Мінск, Рэспубліка Беларусь

Рэдакцыйная калегія:

МЫЧКО ДЗМІТРЫЙ ІВАНАВІЧ, галоўны рэдактар,
кандыдат хімічных навук, дацэнт
ІЛЫНА НАТАЛЛЯ АНДРЭЎНА, намеснік
галоўнага рэдактара, кандыдат хімічных навук,
дацэнт
КАРЭЎСКІ АЛЯКСАНДР ЯЎТЕНЬЕВІЧ, намеснік
галоўнага рэдактара, кандыдат біялагічных навук,
дацэнт
КОНЫШАВА АЛЕНА ФЁДАРАЎНА, адказны сакратар

Аляксеева А. А.
Апостал Н. А., кандыдат педагагічных навук, дацэнт
Арол Н. М., кандыдат біялагічных навук, дацэнт
Баршчэўская А. В.
Бяльніцкая А. А.
Гарбар А. Я.
Калевіч Т. А., кандыдат хімічных навук
Клявец І. Р.
Кулікова Ю. А., кандыдат біялагічных навук
Манкевіч Н. У.
Палікарпава Ю. У.
Песнякевіч А. Г., кандыдат біялагічных навук, дацэнт
Сеген А. А.
Уласавец Я. М.

Рэдакцыйная рада:

СВІРЫДАЎ ДЗМІТРЫЙ ВАДЗІМАВІЧ, старшыня
рэдакцыйнай рады часопіса, доктар хімічных навук,
член-карэспандэнт НАН Беларусі, прафесар

Аршанскі Я. Я., доктар педагагічных навук, прафесар
Бурдзь В. М., доктар хімічных навук, прафесар
Грычык В. В., доктар біялагічных навук, прафесар
Гулевіч А. Л., доктар хімічных навук, прафесар
Жукава Т. В., доктар біялагічных навук, прафесар
Кулікоў Я. К., доктар біялагічных навук, прафесар
Кунцэвіч З. С., доктар педагагічных навук, прафесар
Назарэнка В. М., доктар педагагічных навук, прафесар
Навумчык В. М., доктар педагагічных навук, прафесар
Нявераў А. С., доктар тэхнічных навук, прафесар
Роганаў Г. М., доктар хімічных навук, прафесар
Чумак А. Г., доктар біялагічных навук, прафесар
Чыркін А. А., доктар біялагічных навук, прафесар

Вул. Будзённага, 21, 220070, г. Мінск;
тэл.: 297-93-19 (адк. сакратар),
297-93-25 (аддзел продажу),

Заснавальнік і выдавец —

Рэспубліканскае ўнітарнае прадпрыемства
«Выдавецтва «Адукацыя і выхаванне»»
Міністэрства адукацыі
Рэспублікі Беларусь

тэл.: 297-91-49
biohim@aiv.by
aiv@aiv.by
/www.aiv.by

Змест

Методыка выкладання

<i>Берестнев А. С., Мычко Д. И.</i>	Использование программно-аппаратного комплекса с датчиком оптической плотности для определения кинетических параметров реакции окисления иодид-ионов пероксидом водорода	3
---	--	---

Рыхтуемса да алімпіяды

<i>Ильина Н. А.</i>	Задание практического тура III этапа Республиканской олимпиады по химии 2019/2020 учебного года	7
---------------------	---	---

3 вопыту работы

<i>Гром Н. П.</i>	Проектная деятельность на уроках химии	9
-------------------	--	---

Майстар-клас

<i>Лисичёнок А. А.</i>	Алюминий	12
<i>Жукоўская Н. С.</i>	Вуглярод і крэмній	20
<i>Максимович Т. В.</i>	Химические свойства кислот	25

Факультатыўныя заняткі

<i>Резякин В. И., Каревский А. Е.</i>	Актуальные вопросы биологии на внеклассных занятиях: генотерапия	28
---	--	----

Па-за старонкамі падручніка

<i>Чиркин А. А.</i>	Биология коронавирусной инфекции	35
---------------------	--	----

Даследчая дзейнасць навучэнцаў

<i>Рыбалтовская И. В.</i>	Организация проектной деятельности через STEM-обучение	43
<i>Бакович Е. В., Сокол С. В.</i>	Аквапоника на приусадебном участке	46

Хімічны эксперымент

<i>Красицкий В. А.</i>	Демонстрационный химический эксперимент	52
------------------------	---	----

Рыхтуемса да ЦТ

<i>Белоголовая М. С.</i>	Подготовка к централизованному тестированию по биологии через использование информационных технологий на уроках	59
--------------------------	---	----

Старонкі гісторыі

<i>Браницкий Г. А.</i>	Воспоминания студента и декана об учёбе и работе на химическом факультете БГУ в послевоенные годы	64
------------------------	---	----

Рэдактар *А. Ф. Конышава*, карэктар *Л. М. Сцяпанавы*, камп'ютарны набор, макет і вёрстка *І. А. Цвірко*.

Выхад у свет 24.04.2020. Фармат 60×84 1/8. Друк афсетны.
Папера афсетная. Ум. друк. арк. 7,9. Ул.-выд. арк. 8,4. Тыраж 536. Заказ 33. Цана свабодная.

Паштовы адрас рэдакцыі часопіса «Біялогія і хімія»:
вул. Будзённага, 21, 220070, г. Мінск; тэл.: 297-93-19, 209-55-16.

Надрукавана ў друкарні Таварыства з абмежаванай адказнасцю «СУГАРТ».
ЛП № 02330/427 ад 17.12.2012. Вул. Кнорына 50, корп. 8, каб. 305, 220103, г. Мінск.

Использование программно-аппаратного комплекса с датчиком оптической плотности для определения кинетических параметров реакции окисления иодид-ионов пероксидом водорода

А. С. Берестнев, методист отдела обеспечения средствами обучения
Национального института образования, магистр педагогических наук,

Д. И. Мычко, доцент кафедры неорганической химии
Белорусского государственного университета, кандидат химических наук

В статье представлена методика изучения кинетических параметров реакции окисления иодид-ионов пероксидом водорода, адаптированная к возможностям программно-аппаратного комплекса (ПАК), поставляемого в кабинеты химии школ Республики Беларусь [1].

Краткое теоретическое введение к работе

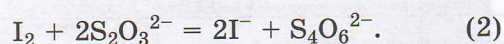
Реакцию окисления иодид-ионов пероксидом водорода можно описать следующим уравнением:



Скорость этой реакции можно зафиксировать по появлению иода.

Для того чтобы с наибольшей точностью произвести эту фиксацию, используем следующий приём.

Перед введением раствора пероксида водорода в раствор иодида добавляют тиосульфат с точно известным количеством. Тогда образующийся при окислении иод практически мгновенно восстанавливается тиосульфатом:



Это позволяет по введённому количеству тиосульфата точно установить количество иодид-ионов, окислённых пероксидом водорода до момента появления окраски раствора. С учётом уравнений (1) и (2) по количеству тиосульфата устанавливается расход

эквивалентного количества пероксида водорода в реакции с иодид-ионами.

Скорость реакции окисления иода можно представить следующим уравнением:

$$\frac{dc(\text{H}_2\text{O}_2)}{dt} = k \cdot c(\text{H}_2\text{O}_2) \cdot c^\alpha(\text{I}^-), \quad (3)$$

где c — молярные концентрации веществ, k — константа скорости реакции, α — порядок реакции по иодид-иону.

Поскольку при проведении реакции окисления иодид-ионы водятся в избытке¹, то можно принять, что $c(\text{I}^-) = \text{const}$. Объединяя k с $c^\alpha(\text{I}^-)$, получим:

$$\frac{dc(\text{H}_2\text{O}_2)}{dt} = k' \cdot c(\text{H}_2\text{O}_2), \quad (4)$$

где k' — константа скорости реакции псевдо-первого порядка,

$$k' = k c^\alpha(\text{I}^-). \quad (5)$$

Из уравнения (4) после интегрирования получим выражение для k' :

$$k' = \frac{1}{t} \ln \frac{c(\text{H}_2\text{O}_2)_0}{c(\text{H}_2\text{O}_2)}, \quad (6)$$

где $c(\text{H}_2\text{O}_2)_0$ — общая концентрация пероксида водорода, идущего на окисление иодид-ионов; $c(\text{H}_2\text{O}_2)$ — концентрация пероксида водорода, вступившего в реакцию с иодид-ионами и восстановленными тиосульфатом,

¹ Такой способ экспериментального определения порядка реакции называют способом избыточных концентраций.

которая эквивалентна концентрации введённого тиосульфата: в соответствии с уравнениями (1) и (2):

$$c(\text{H}_2\text{O}_2) = \frac{c(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})}{2}.$$

Учитывая, что рассматриваемая реакция протекает в ограниченном объёме, в расчётах удобнее использовать не значения концентраций ионов, а их количества (моль).

К кинетическим параметрам реакции, кроме константы скорости реакции, относят также порядок реакции и энергию активации реакции.

Порядок реакции можно определить по зависимости скорости реакции от концентрации реагентов и продуктов реакции, а также из уравнения (5).

Энергия активации реакции связана с константой скорости реакции соотношением:

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}, \quad (7)$$

где A — постоянная, E_a — энергия активации, R — универсальная газовая постоянная, равная 8,31 Дж/(моль·К), T — температура в кельвинах.

Методика выполнения измерений

Оборудование: программно-аппаратный комплекс (ПАК) с датчиком температуры (ДТ) и датчиком оптической плотности раствора (ДОП²), персональный компьютер (ПК) или интерактивная сенсорная система, электроплитка с водяной баней или магнитная мешалка с подогревом (регулируемый подогрев до 120 °С); посуда: колбы конические на 50–100 мл, химические стаканы на 25–50 мл или пробирки, пипетки или бюретка на 20 мл, мерные цилиндры на 10–100 мл.

Реактивы: дистиллированная вода; растворы: KI ($c = 1$ моль/л; 0,5 моль/л), H₂SO₄ ($c = 2$ моль/л), H₂O₂ ($c = 0,89$ моль/л), Na₂S₂O₃ ($c = 1$ моль/л).

Порядок выполнения измерений

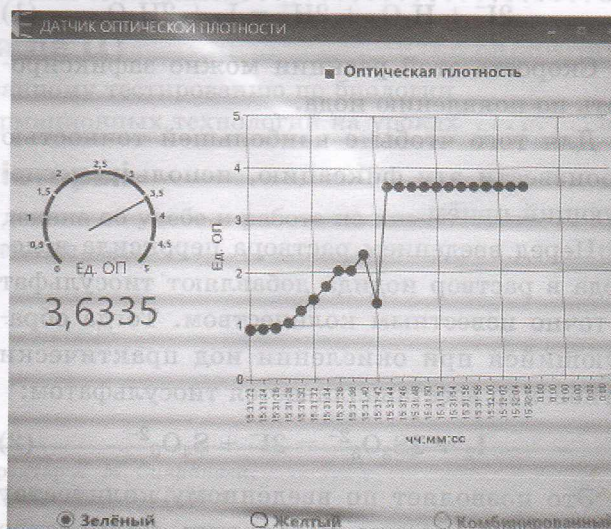
1. На персональном компьютере (ПК) или интерактивной сенсорной системе активировать датчик оптической плотности раствора.

2. Кювету (объём 4 мл) поместить в ДОП (рис. 1а)

3. В кювету влить раствор, приготовленный из 1,5 мл раствора KI, 0,4 мл дистиллированной воды и 0,02 мл раствора Na₂S₂O₃. Предварительно растворы термостатировать.



а



б

Рисунок 1 — а — кювета с реакционной смесью; б — показания изменения оптической плотности раствора во время протекания реакции

² Датчик оптической плотности (ДОП) — датчик, работающий по принципу фотоэлектроколориметра с двумя светофильтрами: зелёным (длина волны $\lambda = 525$ нм), жёлтым (длина волны $\lambda = 590$ нм) и комбинированным (жёлтый и зелёный одновременно).

Отметить температуру опыта с помощью датчика температуры.

4. В кювету добавить 0,1 мл раствора H_2SO_4 и тут же влить 1,5 мл раствора H_2O_2 . Смесь тщательно перемешать.

5. На интерфейсе ПАК будет наблюдаться изменение оптической плотности раствора. Об окончании реакции свидетельствует выход показаний оптической плотности на плато (рис. 1б). Максимальное значение оптической плотности будет зафиксировано на интерфейсе ПАК.

6. Время реакции (t) определяется от момента вливания раствора H_2O_2 в кювету до выхода оптической плотности на плато.

7. Измерения произвести при разных концентрациях раствора KI и разных температурах.

8. Результаты измерений занести в таблицу и выполнить вычисления.

Экспериментальная часть

Эксперимент 1.

Концентрация раствора KI — 1 моль/л.

Температура раствора — +45 °С.

Таблица 1 — Результаты измерений эксперимента 1

№ п/п	Время реакции, с	Общее количество H_2O_2 , моль	Количество $Na_2S_2O_3$, моль	Δn , моль *	$\ln \frac{n(H_2O_2)}{\Delta n}$	Константа скорости k' , с ⁻¹
1	25	$5,34 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$5,24 \cdot 10^{-4}$	0,0189	$7,56 \cdot 10^{-4}$
2	24	$5,34 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$5,24 \cdot 10^{-4}$	0,0189	$7,88 \cdot 10^{-4}$
3	23	$5,34 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$5,24 \cdot 10^{-4}$	0,0189	$8,22 \cdot 10^{-4}$
Среднее	24	$5,34 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$5,24 \cdot 10^{-4}$	0,0189	$7,89 \cdot 10^{-4}$

$$* \Delta n = n(H_2O_2)_0 - \frac{n(Na_2S_2O_3)}{2}$$

Эксперимент 2.

Концентрация раствора KI — 0,5 моль/л.

Температура раствора — +45 °С.

Таблица 2 — Результаты измерений эксперимента 2

№ п/п	Время реакции, с	Общее количество H_2O_2 , моль	Количество $Na_2S_2O_3$, моль	Δn , моль	$\ln \frac{n(H_2O_2)}{\Delta n}$	Константа скорости k' , с ⁻¹
1	46	$5,34 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$5,24 \cdot 10^{-4}$	0,0189	$4,11 \cdot 10^{-4}$
2	47	$5,34 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$5,24 \cdot 10^{-4}$	0,0189	$4,02 \cdot 10^{-4}$
3	47	$5,34 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$5,24 \cdot 10^{-4}$	0,0189	$4,02 \cdot 10^{-4}$
Среднее	47	$5,34 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$5,24 \cdot 10^{-4}$	0,0189	$4,02 \cdot 10^{-4}$

Эксперимент 3.

Концентрация раствора KI — 1 моль/л.

Температура раствора — +35 °С.

Таблиця 3 — Результати измерений експеримента 3

№ п/п	Время реакции, с	Общее количество H_2O_2 , моль	Количество $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, моль	Δn , моль	$\ln \frac{n(\text{H}_2\text{O}_2)}{\Delta n}$	Константа скорости k' , с^{-1}
1	50	$5,34 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$5,24 \cdot 10^{-4}$	0,0189	$3,78 \cdot 10^{-4}$
2	47	$5,34 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$5,24 \cdot 10^{-4}$	0,0189	$4,02 \cdot 10^{-4}$
3	47	$5,34 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$5,24 \cdot 10^{-4}$	0,0189	$4,02 \cdot 10^{-4}$
Среднее	48	$5,34 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$5,24 \cdot 10^{-4}$	0,0189	$3,94 \cdot 10^{-4}$

Используя значения констант скоростей реакций при разных концентрациях иодид-иона (эксперименты 1 и 2), можно рассчитать порядок реакции (α) по иодид-иону из уравнения (5):

$$\alpha = \frac{\lg k^{(2)} - \lg k^{(1)}}{\lg c(\Gamma)^{(2)} - \lg c(\Gamma)^{(1)}}$$

где $k^{(1)}$ — константа скорости химической реакции при использовании раствора KI с концентрацией 1 моль/л; $k^{(2)}$ — константа скорости химической реакции при использовании раствора KI с концентрацией 0,5 моль/л:

$$\alpha = \frac{\lg(4,02 \cdot 10^{-4}) - \lg(7,89 \cdot 10^{-4})}{\lg(0,5) - \lg(1)} = \frac{-3,4 - (-3,1)}{-0,3 - 0} = 1.$$

Таким образом, порядок реакции по иодид-иону равен 1.

Энергию активации химической реакции вычисляют с учётом зависимости (7) по уравнению:

$$E_a = \frac{RT_1T_2}{T_1 - T_2} \ln \frac{k_1}{k_2},$$

где k_1 и k_2 — константы скорости реакции при температурах T_1 и T_2 , соответственно; $T_1 = 318 \text{ К}$ ($45 \text{ }^\circ\text{C}$); $T_2 = 308 \text{ К}$ ($35 \text{ }^\circ\text{C}$); R — универсальная газовая постоянная:

$$E_a = \frac{8,31 \cdot 318 \cdot 308}{318 - 308} \ln \frac{7,89 \cdot 10^{-4}}{3,94 \cdot 10^{-4}} = 56160 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}.$$

Полученное значение энергии активации ($56,16 \text{ кДж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$) практически совпадает со справочным значением этой величины ($56,5 \text{ кДж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$ [2]).

Заключение

Хорошее совпадение установленных кинетических параметров реакции окисления иодид-ионов пероксидом водорода с известными в литературе свидетельствует о возможности использования программно-аппаратного комплекса (ПАК) для получения надёжных экспериментальных данных.

Преимущества использования ПАК с комплектом датчиков по сравнению с традиционными — в фиксации экспериментальных данных в автоматическом режиме и компьютерной их обработке.

Приведённый пример экспериментальных исследований по определению кинетических параметров химической реакции может быть реализован на уроке химии в качестве демонстрационного эксперимента или практической работы, а также в качестве ученической исследовательской работы.

Список использованной литературы

1. Берестнев, А. С. Возможности использования программно-аппаратного комплекса с комплектом датчиков для повышения эффективности процесса обучения химии в учреждениях общего среднего образования Республики Беларусь / А. С. Берестнев, Д. И. Мычко // Біялогія і хімія. — 2018. — № 9. — С. 28—40.
2. Краткий справочник физико-химических величин / под ред. А. А. Равделя и А. М. Пономарёвой. — 9-е изд. — СПб.: Специальная Литература, 1998. — С. 217.