

Министерство образования и науки Российской Федерации
МУНИЦИПАЛЬНОЕ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«СРЕДНЯЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ШКОЛА №43»

Научно-исследовательская работа по химии

«КАТАЛИТИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА. СРЕДСТВА ДЛЯ ВЫВЕДЕНИЯ ПЯТЕН»



Выполнили:

*учащиеся 11 «Б» класса
Образцова Мария Романовна,
Куров Егор Николаевич*

Руководители:

*учитель химии
Исаев Денис Сергеевич,
педагог дополнительного
образования
Ракитин Михаил Юрьевич*

ТВЕРЬ, 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	6
Химия пероксида водорода.....	6
Скорость химических реакций и факторы, влияющие на нее.....	10
Разложение пероксида водорода в жидкой фазе.....	13
Кинетика каталитического разложения пероксида водорода.	
Механизм разложения пероксида водорода с использованием	16
различных катализаторов.....	
Удаление пятен в домашних условиях.....	20
ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	25
Оборудование и материалы.....	25
Проведение социологического опроса.....	26
Определение порядка реакции каталитического разложения	
пероксида водорода.....	28
Определение влияния концентрации раствора дихромата калия на	
скорость разложения пероксида водорода.....	33
Изучение зависимости скорости реакции разложения пероксида	
водорода при постоянной концентрации дихромата калия от	
температуры. Вывод уравнения Аррениуса для изучаемой	38
реакции.....	
Выявление ингибирующей способности некоторых веществ по	
отношению к пероксиду водорода.....	44
Исследование содержания каталазы в некоторых продуктах	
питания.....	45
Исследование некоторых физико-химических показателей	
отбеливателей и пятновыводителей.....	48
Заключение.....	59
ЛИТЕРАТУРА.....	60
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	61
1. Методы удаления некоторых видов загрязнений в домашних	
условиях без использования специальных средств.....	61
2. Значения давления водяных паров (P_{H_2O}) при различных	
температурах (t).....	63
3. Графическое представление зависимости давления водяных	
паров (P_{H_2O}) от температуры (t).....	64
.....	
4. Критические значения Q-критерия.....	65
5. Этикетки образцов исследуемых средств.....	66

ВВЕДЕНИЕ

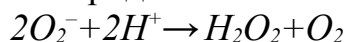
Данная работа посвящена изучению каталитического разложения пероксида водорода. Пероксид водорода широко применяется в быту, в промышленности, в медицине. Поэтому изучение кинетики разложения пероксида водорода имеет большой практический интерес.

В клетках человека, многих животных и некоторых микроорганизмов главным поставщиком энергии для синтеза АТФ является глюкоза. Расщепление глюкозы в клетке, в результате которого происходит синтез АТФ, осуществляется в две следующие друг за другом стадии. Первую стадию называют гликолизом или бескислородным расщеплением. Вторую стадию называют дыханием или кислородным расщеплением [11].

Обычно в митохондриях атомы водорода, отщеплённые от субстратов дегидрогеназами, передают свои электроны через цепь переносчиков кислороду O_2 , который восстанавливается до воды (на молекулу O_2 передаются 4 электрона, и из водной среды поступают 4 катиона H^+ , в результате чего образуется 2 молекулы воды): $O_2^0 + 4H^+ + 4e^- = 2H_2O^{-2}$.

Для клетки очень важно, чтобы, присоединив 4 электрона, молекула кислорода восстанавливалась до 2 молекул воды. При неполном восстановлении кислорода, например в случае присоединения 2 электронов, образуется пероксид водорода: $O_2^0 + 2H^+ + 2e^- = H_2O_2^-$ а при присоединении 1 электрона – надпероксидный радикал O_2^- : $O_2^0 + 1e^- = O_2^-$.

Важные промежуточные продукты восстановления элементарного кислорода до воды – пероксид водорода и супероксидный радикал очень токсичны для клетки. Токсичность связана с тем, что H_2O_2 и O_2^- взаимодействуют с липидным слоем клеточных мембран и повреждают их. Аэробные клетки могут защитить себя от вредного действия пероксида водорода и супероксидного радикала с помощью ферментов каталазы и супероксидадисмутазы (СОД). Под действием медьсодержащего фермента супероксидадисмутазы супероксидный радикал превращается в пероксид водорода и элементарный кислород:



Под действием каталазы пероксид водорода превращается в воду и элементарный кислород: $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$.

Освободившийся кислород принимает участие в дальнейших процессах биологического окисления: $4O_2 + 4H^+ \rightarrow 2H_2O_2 + 3O_2$.

Суммарное уравнение взаимодействия иона O_2^- с катионом H^+ происходит в две стадии: 1) $O_2^- + 2H^+ \rightarrow H_2O_2$; 2) $H_2O_2 \rightarrow H_2O + O_2$. То есть разложение идет не только до безвредных, но и даже полезных для клетки продуктов (вода и кислород).

Д.И. Менделеев в своем фундаментальном учебнике «Основы химии» про пероксид водорода пишет следующее: «Перекись водорода находит себе применение для различных технических целей, а именно 1) при

белении тканей. (Она имеет важное преимущество перед хлорной известью, SO_2 и пр., ибо не действует на обрабатываемое вещество). Ею можно белить: перья, волос, шелк, шерсть, дерево и пр.; она выводит грязные пятна всех родов (винные, чернильные, яблочные). 2) Как дезинфекционное средство. (Она убивает бактерии подобно озону, не имея на организм ядовитого влияния). Можно применять ее для промывания всякого рода ран, для очищения воздуха в комнате больного и т. под. 3) Как консервирующее средство»¹

Так как реакция разложения пероксида водорода каталитическая, интересно изучить кинетику разложения пероксида водорода. В качестве катализатора выбран дихромат калия [12].

Цель работы состоит в изучении каталитического разложении пероксида водорода и исследовании его свойств как универсального средства для выведения пятен.

Объект исследования: пероксид водорода, средства для выведения пятен.

Предмет исследования: кинетика разложения пероксида водорода, некоторые физико-химические показатели для выведения пятен.

Для проведения исследования необходимо решить следующие задачи:

1) определить порядок реакции разложения пероксида водорода, то есть установить механизм этой реакции;

2) выяснить влияние концентрации раствора дихромата калия на скорость разложения пероксида водорода;

3) изучить зависимость скорости реакции разложения пероксида водорода в присутствии постоянной концентрации дихромата калия от температуры и вывести уравнение Аррениуса для данной реакции;

4) выявить ингибирующую способность некоторых веществ по отношению к пероксиду водорода;

5) исследовать содержание каталазы в некоторых продуктах питания;

6) изучить некоторые физико-химические показатели отбеливателей и пятновыводителей, в т.ч. пероксида водорода.

Методы исследования: эксперимент, сравнение, анализ и социологический опрос.

План выполнения работы представлен ниже.

¹ Менделеев Д. Основы химии. – С.-Петербург, Типо-литография М.П.Фроловой. – 7-е издание, вновь исправ. и доп. – 1903. – С.150.

№ п/п	Время проведени я	Основные мероприятия
1	сентябрь 2011	Определение объектной области, объекта и предмета исследования
2		Поиск первичной информации в сети Интернет
3		Выбор и формулировка темы, проблемы, обоснования актуальности
4		Изучение материалов исследовательской работы обучающихся МОУ СОШ №43 г. Твери Львовой М., Логинова П., Коршунова А., Кудряшова Р. (2000-2001 учебный год)
5	октябрь 2011	Изучение научной литературы (посещение Тверской областной универсальной научной библиотеки имени А.М. Горького) и уточнение темы. Реферирование
6		Формулировка гипотезы, цели и задач исследования
7		Выбор методов исследования
8		Разработка программы исследования
9		Оформление реферативной части исследовательской работы
10	ноябрь 2011 -январь 2012	Проведение собственного исследования: проведение социологического опроса; определение порядка реакции каталитического разложение пероксида водорода; определение влияния концентрации раствора катализатора на скорость реакции разложения пероксида водорода; изучение зависимости скорости реакции от температуры; выявление ингибирующей способности некоторых веществ по отношению к пероксиду водорода; исследование содержания каталазы в продуктах питания; исследование физико-химических показателей средств для выведения пятен
11		Предварительный анализ полученных результатов
12		Проведение дополнительных исследований
13		Окончательный анализ полученных результатов
14		Формулировка выводов
15	февраль 2012	Оформление результатов исследования
16		Предварительная экспертиза работы (рецензирование)
17	март 2012	Подготовка доклада и создание электронной презентации с учетом замечаний рецензентов
18	апрель- май 2012	Выступление (защита работы) на XV городской научно-практической конференции старшеклассников «Шаг в будущее»
19		Переосмысление полученных результатов. Коррекция выводов
20		Выступление (защита работы) на XXI Всероссийской научной конференции старшеклассников и студентов «Интеллектуальное возрождение»
21	май-июнь 2012	Составление тезисов. Публикация результатов исследования в сборнике исследовательских работ Международной Интеллектуальной Ассамблеи (г. Чебоксары)
22	ноябрь 2012	Выступление (защита работы) на Региональных Менделеевских чтениях

23	декабрь 2012	Размещение материалов на официальном сайте «Первое сентября» (в рамках участия во Всероссийском фестивале творческих и исследовательских работ «Портфолио»)
24	декабрь 2012	Критический анализ выполненной научно-исследовательской работы
25		Определение возможностей дальнейшего исследования по данной теме

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

ХИМИЯ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА

СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛЫ

Пероксид водорода состоит из двух атомов кислорода и двух атомов водорода. Структурная формула пероксида водорода Н-О-О-Н показывает, что два атома кислорода непосредственно соединены друг с другом ковалентной связью. Связь эта непрочно и обуславливает неустойчивость молекулы. Рассмотрим образование молекулы пероксида водорода исходя из строения атомов ее образующих.

Образование ковалентных связей О-Н и О-О происходит за счет спаривания свободных s-электронов атомов водорода с р-электронами атомов кислорода и р-электронов атомов кислорода между собой (см. рис. 1).

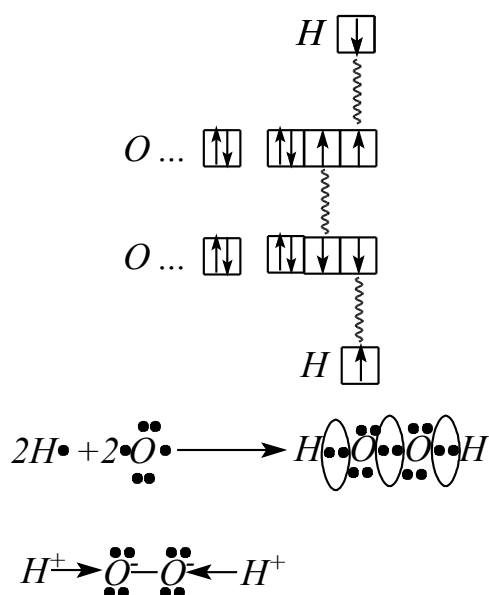


Рис. 1. Схема образования молекулы пероксида водорода

Ковалентная полярная связь образуется между атомами кислорода и водорода, так как разность в электроотрицательности больше 0. $\Delta\chi_{O-H} = \chi(O) - \chi(H) = 3,5 - 2,1 = 1,4$.

Ковалентная неполярная связь образуется между атомами кислорода, так как разность в электроотрицательности равна 0.

Образование связей можно показать с помощью электронных облаков (s- электроны – сферической формы, р-электроны – формы восьмерки; см. рис. 2).

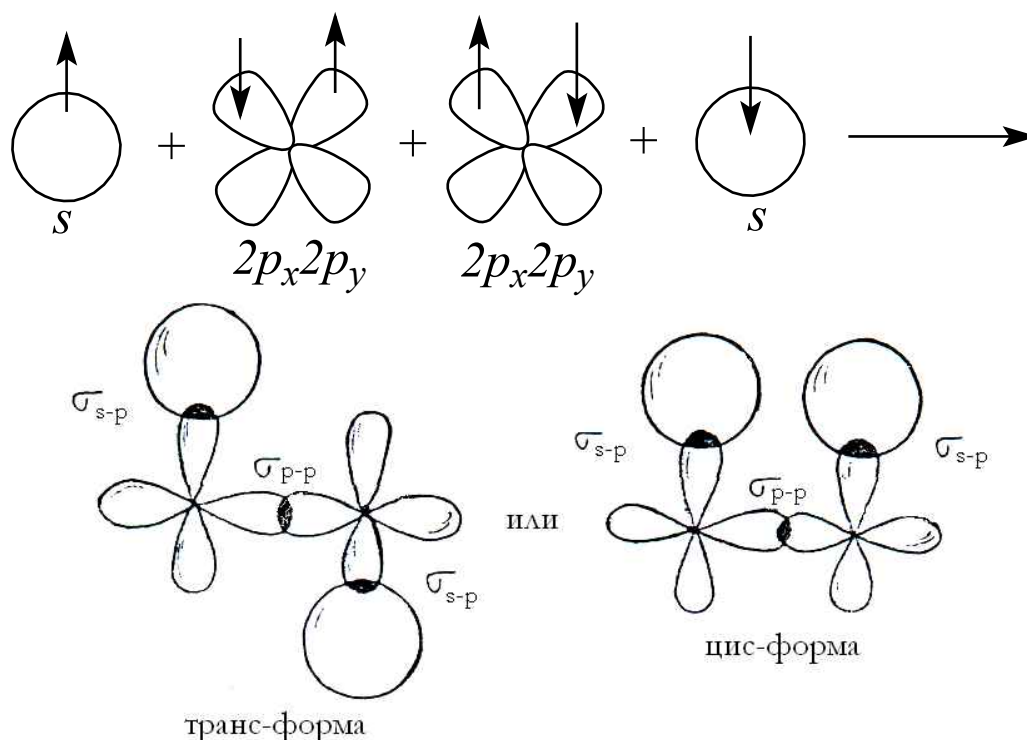


Рис.2 Схема перекрывания s- и p-электронных облаков при образовании молекулы пероксида водорода

Оптическими методами установлено, что молекула Н-О-О-Н не линейна, связи Н-О образуют углы $\approx 95^\circ$ со связью О-О. Крайними пространственными формами молекул подобного типа являются, показанные на рис. 3, плоские структуры – цис-форма (обе связи Н-О по одну сторону от связи О-О) и транс-форма (связи Н-О по разные стороны).

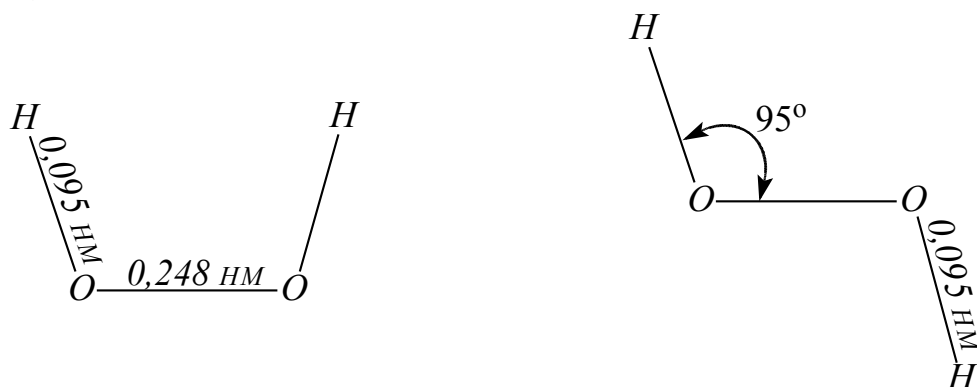


Рис.3. Крайние пространственные формы молекулы пероксида водорода

Переход от одной из них к другой мог бы осуществляться путем переворота связи Н-О по оси связи О-О, но этому препятствует так называемый потенциальный барьер внутреннего вращения, обусловленный необходимостью промежуточного преодоления менее энергетически

выгодных состояний (на 3,78 кДж/моль для транс- формы и на 15,54 кДж/моль для цис-формы). Практически круговое вращение связей Н–О в молекулах пероксида водорода не осуществляется, а происходят только некоторые их колебания около наиболее устойчивой для данной молекулы промежуточного состояния – косой («гош»)-формы, характеризующейся показанной на рис.4, неплоской структурой (с углом около 120° между связями Н–О).

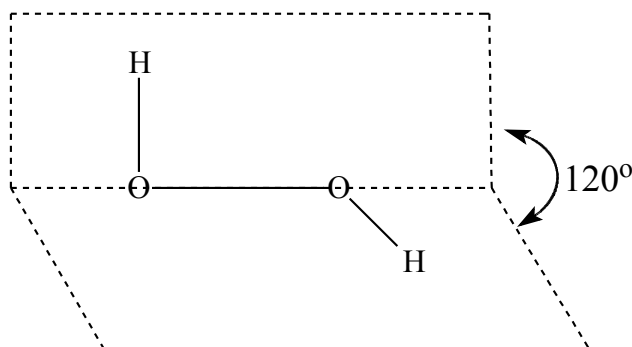


Рис.4. «Гош»-форма молекулы пероксида водорода

Основные строительные параметры молекулы пероксида водорода (ядерные расстояния и углы) видны из рис. 3. Ее дипольный момент $\mu=2,1$ (то есть молекула полярна) [18].

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Чистая перекись водорода представляет собой бесцветную сиропообразную жидкость (плотность около $1,5 \text{ г/см}^3$), под достаточно уменьшенным давлением перегоняющуюся без разложения. Замерзание пероксида водорода сопровождается сжатием. Белые кристаллы пероксида водорода плавятся при $-0,5^\circ\text{C}$, то есть почти при той же температуре, что и лед. Подобно воде, пероксид водорода, хорошо растворяет многие соли. С водой (также со спиртом) он смешивается в любых соотношениях. Разбавленный раствор имеет неприятный «металлический» вкус. В отличие от воды, пероксид водорода очень неустойчив уже при комнатной температуре. При нагревании, и особенно в присутствии катализатора, она быстро разлагается. Жидкий пероксид водорода примерно в полтора раза тяжелее воды. Также как молекулы воды молекулы пероксида водорода подвержены ассоциации. При действии на кожу крепких растворов получают ожоги, причем обожженное место окрашивается в белый цвет [10].

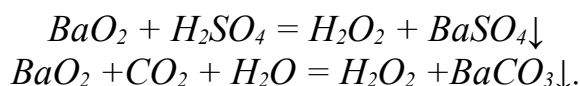
ПОЛУЧЕНИЕ

В промышленности для получения пероксида водорода применяют электролиз раствора $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ в серной кислоте:

катод (графит) (-): $2H_3O^+ + 2e^- = H_2\uparrow + 2H_2O$;
 анод (платина) (+): $2HSO_4^- - 2e^- = 2H_2S_2O_4 (O_2)$.

Пероксодисульфат водорода образует с ионами NH_4^+ малорастворимую в серной кислоте соль $(NH_4)_2S_2O_6 (O_2)$, которую отфильтровывают и обрабатывают нагретой водой: $S_2O_6^{2-} (O_2) + 2H_2O = H_2O_2 + 2HSO_4^-$. Выделяющиеся пары H_2O_2 и H_2O конденсируют [17].

В лабораторной практике применяются некоторые химические способы:



В природе пероксид водорода образуется как побочный продукт при окислении многих веществ кислородом воздуха.

Пероксид водорода также образуется в пламени горящего водорода, но при остывании продукты сгорания разлагаются. Ежегодное мировое производство пероксида водорода превышает сто тысяч тонн [10].

Современный промышленный способ синтеза безводного пероксида водорода – автоокисление 2-этилантагидрохинона кислородом воздуха.

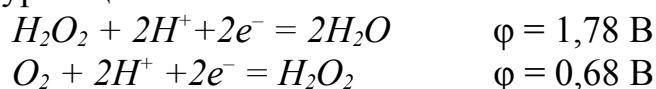
ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Бесцветная вязкая жидкость (в толстом слое – светло-голубая). Разлагается на свету и примесями, стабилизируется добавками серной, ортофосфорной кислот. Перегоняется в вакууме без разложения. Лучше, чем вода, растворяет хлорид калия, сульфат натрия, сульфат калия, хуже – хлорид натрия и нитрат натрия. Неограниченно смешивается с водой, образуя слабокислотный раствор. В химических лабораториях обычно используют 30%-й раствор (пергидроль). Гидрат $H_2O_2 \cdot 2H_2O$ имеет ионное строение.

Степень окисления кислорода в H_2O_2 равна «-1», то есть имеет промежуточное значение между степенью окисления кислорода в воде «-2» и в элементарном кислороде O^0_2 .

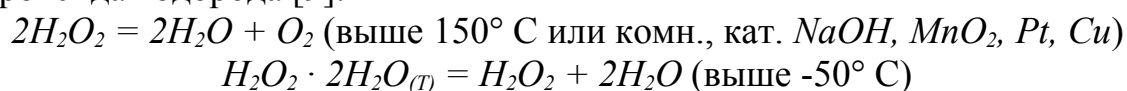
Из этого следует, что пероксид водорода может проявлять как свойства окислителя, так и свойства восстановителя (окислительно-восстановительная двойственность).

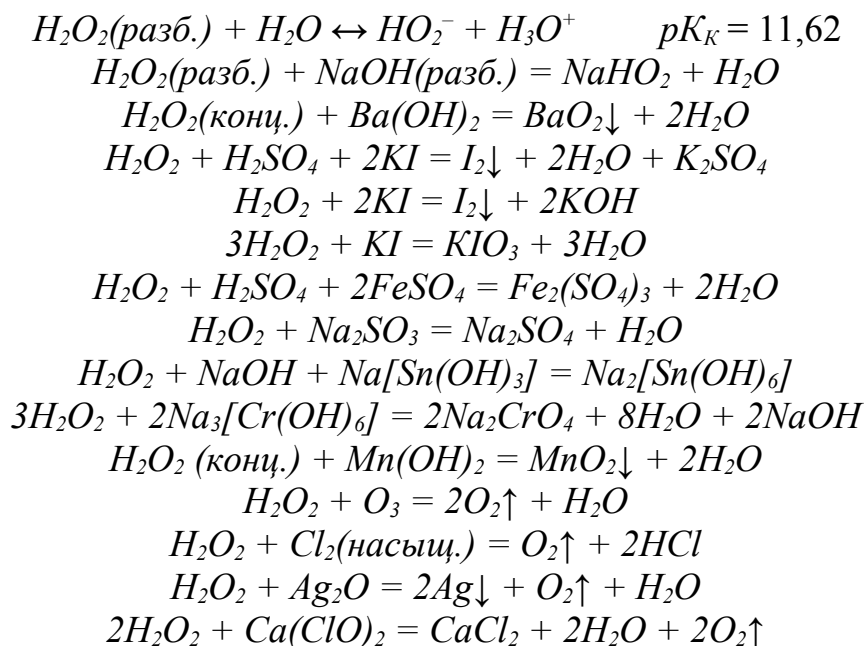
Однако, судя по стандартным окислительно-восстановительным потенциалам полуреакций



для пероксида водорода более характерны окислительные свойства [12].

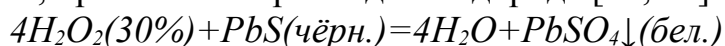
Ниже представлены наиболее характерные химические свойства пероксида водорода [9]:





ПРИМЕНЕНИЕ

3%-ный раствор пероксида водорода используется в медицине как антисептик; 6%-ный раствор пероксида водорода применяется для обесцвечивания волос. 30%-ный раствор или 85%-ный раствор пероксида водорода используется в химической промышленности, а также для восстановления картин. Написанные масляными красками картины, потерявшие яркость в результате образования черного сульфида свинца PbS из основного карбоната свинца (называемого свинцовыми белилами), можно осветлить, промыв их пероксидом водорода [14, 16]:



Растворы пероксида водорода широко используются для отбеливания тканей и шерсти, для обеззараживания воды. В химической практике он применяется как окислитель, «непачкающий» растворы продуктами восстановления, так как при этом получается только вода. Также используется для изготовления текстильных материалов и бумаги, для получения различных пероксидов, особенно в органической химии. H_2O_2 применяют в реакциях полимеризации, для уничтожения дурного запаха канализационных системах [20].

Вывод: молекула пероксида водорода образована за счет ковалентных связей, имеет не линейную форму, специфические физические свойства и способы получения; обладает как свойствами окислителя, так и свойствами восстановителя (окислительно-восстановительная двойственность); широко используется в различных сферах деятельности человека.

СКОРОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

И ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА НЕЕ

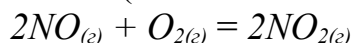
Зависимость скорости реакции от концентраций определяется законом действия масс: при постоянной температуре скорость химической реакции прямопропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ. Так, для реакции типа $aA + bB \rightarrow cC + dD$ закон действия масс выражается следующим образом:

$$v = k[A]^a[B]^b, \quad (1)$$

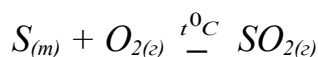
где $[A]$ и $[B]$ – концентрации вступающих в реакцию веществ, а коэффициент пропорциональности k – константа скорости реакции, значение которой зависит от природы реагирующих веществ.

Химические реакции по фазовому состоянию реагирующих веществ подразделяются на:

а) гомогенные (гомо –) реакции, в которых реагирующие вещества имеют одинаковое агрегатное состояние (исключение твердое-твердое):



б) гетерогенные (гетеро –) реакции, в которых реагирующие вещества имеют различное агрегатное состояние:



Скорость гомогенной реакции определяется количеством вещества n , вступившего в реакцию или образовавшегося в результате реакции за единицу времени в единице объема.

$$v_{(гомо-)} = \pm \frac{\Delta n}{V \Delta \tau}, \quad (2)$$

где $\Delta n = n_2 - n_1$ – изменение количества вещества; V – объем системы (раствора, смеси реагирующих газов); $\Delta \tau$ – интервал времени.

Так как $\frac{n}{V} = C_M$,

$$\frac{\Delta n}{V} = \Delta C_M \quad (3)$$

где ΔC_M – изменение молярной концентрации, то

$$v_{(гомо-)} = \pm \frac{\Delta C_M}{\Delta \tau}, \left[\frac{\text{моль}}{\text{л} \cdot \text{с}} \right] \quad (4)$$

Изменение концентрации исходных веществ в процессе реакции представлено графически на рис. 5.

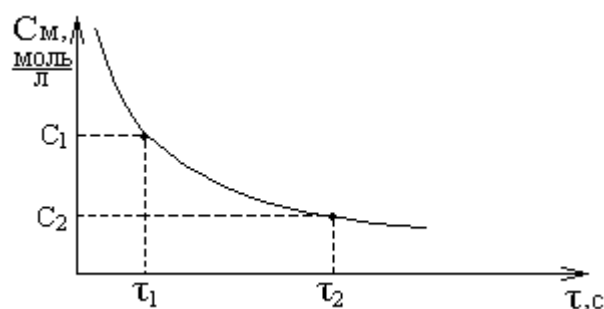


Рис.5. Изменение концентрации исходных веществ в процессе реакции

$$v_{(гомo-)} = \frac{C_2 - C_1}{\tau_2 - \tau_1} = - \frac{\Delta C_{(исх)}}{\Delta \tau}$$

$C_2 < C_1$ следовательно $\Delta C < 0$

Изменение концентрации продуктов в процессе реакции представлено на рис. 6.

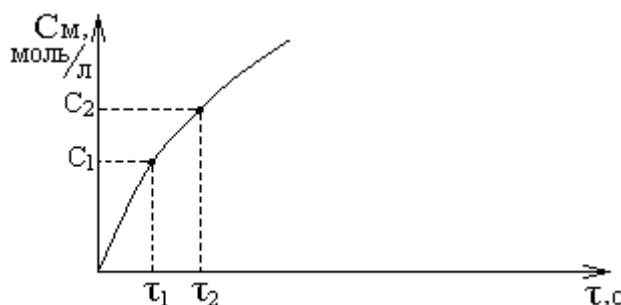


Рис.6. Изменение концентрации продуктов в процессе реакции

$$v_{(гомo-)} = \frac{C_2 - C_1}{\tau_2 - \tau_1} = + \frac{\Delta C_{(прод)}}{\Delta \tau}$$

$C_2 > C_1$ следовательно $\Delta C > 0$

Скорость гетерогенной реакции определяется количеством вещества, вступившего в реакцию или образовавшегося в результате реакции за единицу времени на единицу поверхности раздела фаз:

$$v_{(гетерo-)} = \pm \frac{\Delta n}{S \Delta \tau} \left[\frac{\text{моль}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} \right],$$

где S – площадь поверхности раздела фаз.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СКОРОСТЬ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ [5, 8]

На скорость реакции влияют следующие факторы:

- 1) концентрация реагирующих веществ (с увеличением концентрации увеличивается скорость);
- 2) природа реагирующих веществ (энергия активации);

- 3) давление только для реакций с газами (при увеличении давления увеличивается скорость);
- 4) степень измельчения для реакций с твердыми веществами (измельчение приводит к увеличению скорости);
- 5) различного рода излучения (видимый свет, УФ, ИК, рентгеновские лучи);
- 6) различные катализаторы;
- 7) температура (при увеличении температуры увеличивается скорость).

Остановимся более подробно на последнем из перечисленных факторов. Температурная зависимость скорости реакции можно выразить правилом Вант-Гоффа: «Скорость большинства химических реакций при повышении температуры на каждые 10°C увеличивается в 2-4 раза»:

$$v_{t_2} = v_{t_1} \cdot \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}} \quad (5)$$

где $\gamma=2-4$ -температурный коэффициент скорости.

Исходя из этого правила, скорость химической реакции очень сильно возрастает при повышении температуры. Это связано с тем, что элементарный акт химической реакции протекает не при всяком столкновении реагирующих молекул: реагируют только те молекулы (активные молекулы), которые обладают достаточной энергией, чтобы разорвать или ослабить связи в исходных частицах и тем самым создать возможность образования новых молекул. Поэтому каждая реакция характеризуется определенным энергетическим барьером: для его преодоления необходима энергия активации - некоторая избыточная энергия (по сравнению со средней энергией молекул при данной температуре), которой должны обладать молекулы для того, чтобы их столкновение было эффективным, то есть привело бы к образованию нового вещества. С ростом температуры число активных молекул быстро увеличивается, что и приводит к резкому возрастанию скорости реакции. Зависимость константы скорости реакции k от энергии активации (E_a , Дж/моль) выражается уравнением Аррениуса:

$$k = A \cdot e^{\frac{-E_a}{RT}} \quad (6)$$

где: A – предэкспоненциальный множитель (размерность совпадает с размерностью k), e – основание натуральных логарифмов ($e=2,718...$); R – универсальная газовая постоянная (8,314 Дж/моль·К); T –температура, К [14].

Вывод: скорость химической реакции определяется изменением количества вещества, участвовавшего или образующегося в ходе реакции, за определенный промежуток времени в единицу объема или на единице площади поверхности и зависит от множества факторов, в т.ч. от температуры.

РАЗЛОЖЕНИЕ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА В ЖИДКОЙ ФАЗЕ

Способность пероксида водорода разлагаться на кислород и воду обнаружена почти одновременно с его открытием. Длительное время считалось, что этот процесс протекает самопроизвольно, являясь неотъемлемым свойством пероксида. В настоящее время установлено, что разложение пероксида водорода может быть вызвано повышением температуры [21], воздействием излучения или других источников энергии, наличием катализаторов и т.д. Таким катализатором могут оказаться следы тяжёлых металлов переменной валентности, грязь, а также в большей или меньшей степени материал, из которого изготовлена ёмкость для хранения пероксида водорода.

Ниже рассмотрено влияние некоторых факторов на скорость разложения пероксида водорода.

МАТЕРИАЛ СОСУДА

Наименьшее разложение 90%-ного пероксида водорода наблюдается при его хранении в емкостях из алюминия (массовая доля алюминия – не менее 59,6%) с минимальным содержанием меди. Для хранения пероксида пригодны прозрачное кварцевое или боросиликатное стекло и стекло, покрытое парафином.

ОТНОШЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ КОНТАКТА ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА СО СТЕНКАМИ ЕМКОСТИ К ЕЕ ОБЪЕМУ

В общем виде процесс разложения пероксида водорода в сосудах является суммой трёх различных процессов: 1) гетерогенного разложения H_2O_2 на поверхности емкости, соприкасающейся с жидкостью; 2) гомогенного разложения в жидкой фазе; 3) гетерогенного разложения паров H_2O_2 на поверхностях, соприкасающихся с ними. Разложение, вызванное контактом пара пероксида водорода с поверхностью сосуда, составляет от $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{3}$ разложения, вызванного контактом поверхности сосуда с жидкой фазой, в расчёте на единицу поверхности.

pH РАСТВОРА

Исследования показали, что стабильность H_2O_2 уменьшается при добавлении к нему как кислот, так и щелочей [13, 22].

Характерно, что в случае введения кислот в раствор пероксида их влияние, как правило, не зависит от природы аниона и определяется исключительно влиянием H^+ . Несколько более слабое влияние фосфорной кислоты по сравнению с серной, хлорной и другими можно объяснить стабилизирующим действием фосфат-иона.

ЗАГРЯЗНЕНИЯ И СТАБИЛИЗАТОРЫ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА

Разложение пероксида в разбавленном растворе протекает преимущественно на поверхности суспендированных частиц пыли, которые имеются в любой жидкости. Скорость разложения H_2O_2 существенно уменьшается при многократной вакуум-дистилляции его разбавителя – воды. Известно также стабилизирующее действие ряда соединений, например станната или дифосфата натрия, у-хинолидина. Механизм стабилизации состоит в удалении или дезактивации катализаторов разложения.

КАТАЛИЗАТОРЫ

В гомогенной фазе катализаторами служат, прежде всего, ионы металлов переменной валентности, в гетерогенной - преимущественно металлы, их оксиды и гидроксиды, в биологических системах ферменты. Катализаторами гомогенного процесса являются: смеси галогенов и галогенидов, простые и комплексные ионы железа и меди, хроматы, молибдаты, вольфраматы и ванадаты.

О каталитическом действии различных элементов на процесс разложения пероксида водорода дает представление таблица, приведенная на рис. 7.

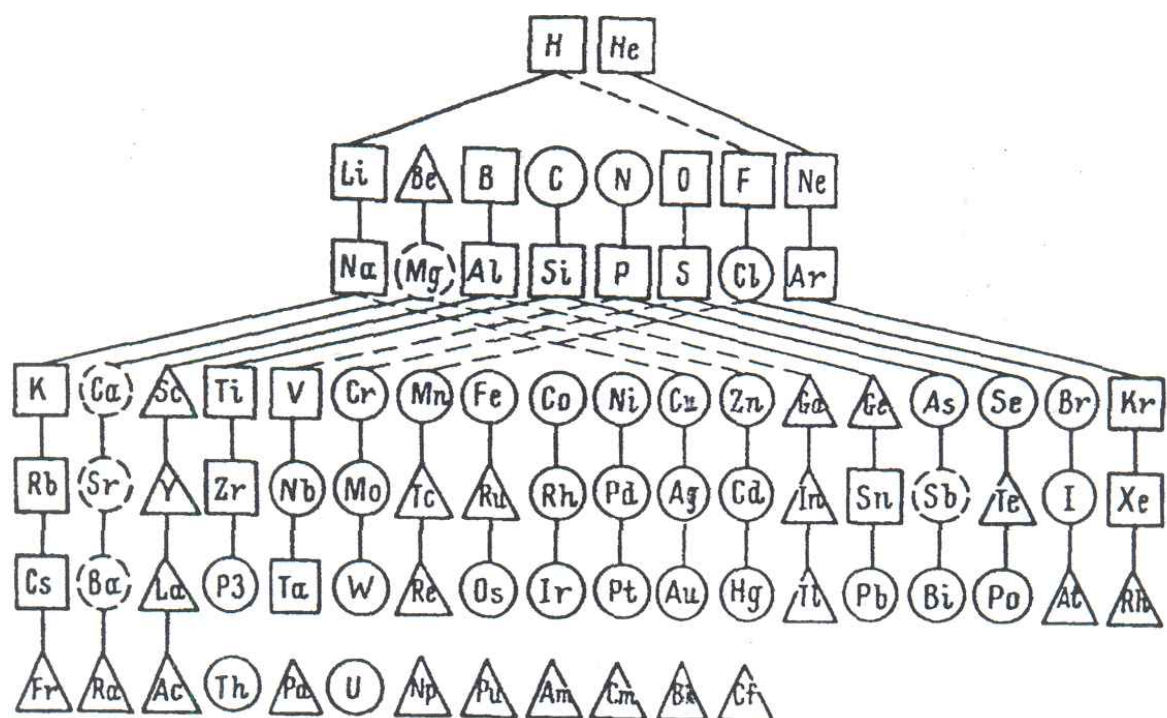


Рис.7. Периодическая таблица элементов с точки зрения их каталитических свойств по

отношению к пероксиду водорода \circ – катализаторы, \square – неактивные

катализаторы, Δ – сведений нет, \circ – условные катализаторы

Радиохимическим анализом установлено, что выделяющийся при каталитическом разложении пероксида водорода кислород входил первоначально в молекулу H_2O_2 . Механизм процесса до конца не выяснен.

УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Ускорение разложения разбавленных растворов пероксида водорода на солнечном свете обнаружено более ста лет назад. Позже стало известно об аналогичном действии УФ-излучения ртутной лампы. При облучении 90%-ного, не содержащего ингибиторов пероксида водорода, помещенного в кварцевый сосуд, излучением ртутной лампы с длиной волны 320-380 нм скорость разложения оказалась в 70 раз больше, чем скорость разложения контрольного образца, не подвергавшегося облучению.

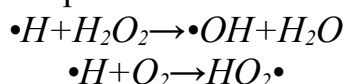
На скорость фотохимического разложения пероксида влияют присутствующие в растворе неорганические кислоты, основания и соли; как кислоты, так и щёлочи ингибируют разложение.

ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Под воздействием ионизирующих излучений, наряду с частицами, образующимися в результате фотохимического разложения, наблюдается возникновение ионизированных частиц и свободных радикалов.

В разбавленных водных растворах пероксида при действии рентгеновских лучей или γ -лучей первичным процессом является разложение воды на $H\bullet$ и $\bullet OH$, причем некоторые из этих частиц сразу образуют H_2 и H_2O_2 .

При высоких дозах излучений реакции аналогичны реакциям, протекающим при фотохимическом разложении, однако к ним добавляются реакции с неионизированными атомами водорода:



При равномерном распределении радикалов зависимость скорости радиолитического разложения пероксида водорода от концентрации пероксида водорода и дозы излучения такая же, как в случае фотолиза.

При высоких концентрациях H_2O_2 скорость разложения приблизительно пропорциональна концентрации пероксида водорода, а при низких концентрациях эта зависимость имеет более сложный характер.

Вывод: разложение пероксида водорода может быть вызвано различными факторами (рН раствора, наличие загрязнений и катализаторов, УФ-свет, ионизирующее излучение, материал сосуда и т.п.).

КИНЕТИКА КАТАЛИТИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА. МЕХАНИЗМ РАЗЛОЖЕНИЯ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Реакция разложения пероксида водорода может быть выражена уравнением



Теоретический расчет стандартных значений изменения энтальпии, энтропии и энергии Гиббса показал [6], что реакция разложения пероксида водорода определяется схемой б, то есть пероксид водорода разлагается на воду и кислород:



Можно предположить, что разложение пероксида водорода проходит двумя различными путями. Первый по уравнениям

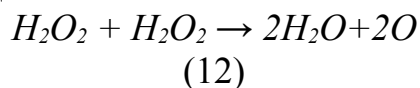


Реакция (9) должна протекать медленнее реакции (10), и суммарная скорость процесса должна определяться скоростью реакции (9), то есть описываться кинетическим уравнением:

$$v_1 = k_1 \cdot C_{H_2O_2} \quad (11)$$

Сумма степеней, в которых стоят концентрации веществ в кинетическом уравнении, описывающем скорость процесса, называется порядком реакции. В уравнении (11) концентрация пероксида водорода стоит в первой степени, следовательно, реакция (9) должна быть реакцией первого порядка и весь процесс в целом также описываться реакцией первого порядка.

Второй путь рассмотрения распада пероксида водорода состоит в предположении, что происходит столкновение двух молекул, приводящее к образованию кислорода:



В этом случае скорость реакции в целом должна определяться скоростью реакции (13). Реакция (12) – реакция второго порядка, и весь процесс в целом должен описываться кинетическим уравнением:

$$v_1 = k_1 \cdot C^2_{H_2O_2} \quad (14)$$

Коэффициент пропорциональности в уравнениях (11) и (14) называется константой скорости – постоянная величина только при условии сохранения неизменными всех условий опыта. Она зависит от температуры, количества и качества катализатора, формы и объема реакционного сосуда и ряда других факторов, но в одном и том же опыте сохраняется постоянной, если в ходе реакции не изменяется механизм процесса.

Порядок реакции определяется следующим способом. По уравнению определяют константу скорости реакции. Если она сохраняется постоянной в течение опыта, то это доказывает, что изучаемая реакция – реакция первого порядка; если же постоянство при вычислении по уравнению (14), то изучаемая реакция – реакция второго порядка. Одной из задач работы является определение порядка реакции, а значит выяснение механизма разложения пероксида водорода.

Изменение скорости разложения пероксида водорода основано на определении его концентрации в любой данный момент времени. Из-за непрерывного уменьшения концентрации пероксида водорода, скорость постепенно уменьшается, поэтому скорость реакции максимальна в начале реакции и стремится к нулю по мере расходования пероксида водорода. Выбор вещества, концентрация которого изменяется в ходе реакции связан только с удобством проведения опыта. Для изучаемого процесса

достаточно определить изменение концентрации от времени одного из веществ: пероксида водорода, воды или кислорода.

В обычных условиях скорость разложения пероксида водорода невелика, поэтому процесс проводится в присутствии катализатора. Ускоряют разложение пероксида водорода многие вещества: стекло, платина, уголь, соли и оксиды ряда металлов. Имеется много веществ, которые в растворенном состоянии ускоряют разложение пероксида водорода - гомогенные катализаторы. Известно также немало веществ, замедляющих распад пероксида водорода – ингибиторов. Так, добавление в раствор пероксида водорода серной кислоты, ортофосфорной кислоты, заметно уменьшает скорость его распада [2].

Участие катализатора в процессе разложения пероксида водорода (снижение энергии активации реакции) представлено графически на рис. 8.

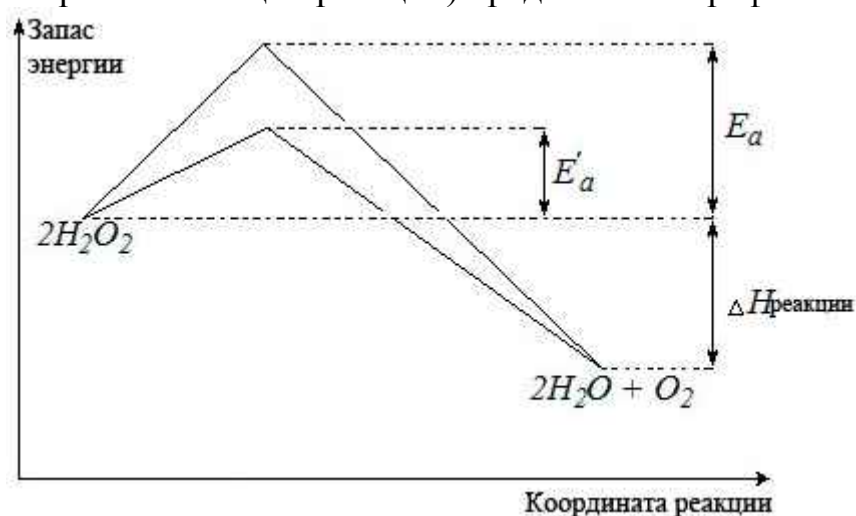


Рис.8. Частицы и энергия при разложении пероксида водорода в присутствии и в отсутствии катализатора:

E_a – энергия активации без катализатора

E'_a – энергия активации с катализатором

Целесообразно рассмотреть механизм действия наиболее часто применяемых катализаторов, таких как: $K_2Cr_2O_7$ и MnO_2 .

Механизм действия раствора дихромата калия (гомогенный катализ)

В присутствии дихромата калия скорость разложения пероксида водорода резко увеличивается. Предполагают, что процесс разложения протекает в две стадии:



По первой стадии образуется ион $Cr_2O_9^{2-}$, придающий раствору синевато-фиолетовую окраску. Этот ион не устойчив и распадается на исходный дихромат-ион и кислород. Таким образом, дихромат калия отвечает двум

главнейшим требованиям, входящим в определение катализатора: он ускоряет процесс распада пероксида водорода и в то же время после окончания процесса возвращается в реакционную систему в том же исходном состоянии и в той же концентрации.

Скорость реакции в целом определяется скоростью самой медленной, лимитирующей стадии последовательных реакций. Если предположить что первая стадия лимитирующая, то реакция будет проходить как реакция второго порядка по пероксида водорода и первого -по дихромату калия. Если же предположить, что вторая стадия лимитирующая, то реакция процесса будет первого порядка [2].

В ходе работы также предполагается выяснить влияет ли концентрация раствора дихромата калия на скорость разложения пероксида водорода. Имеется еще один вариант рассмотрения механизма реакции. Можно предположить, что первая стадия (15) равновесная, и для нее можно записать выражение константы равновесия:

$$K_1 = \frac{[K_2Cr_2O_9]}{[H_2O_2]^2 [K_2Cr_2O_7]} \quad (17)$$

$$K_2 = \frac{[K_2Cr_2O_9]}{[H_2O_2]^2 (C_{K_2Cr_2O_7} - [K_2Cr_2O_7])} \quad (18)$$

Равновесная концентрация катализатора дихромата калия равна его начальной концентрации за вычетом равновесной концентрации дихромата калия. Поэтому записываем для второй стадии (16) выражение ее скорости и подставляем в него концентрацию дихромата калия из выражения константы

$$[K_2Cr_2O_7] = \frac{K_1 \cdot [H_2O_2]^2 \cdot C_{K_2Cr_2O_7}}{1 + K_1 \cdot C_{H_2O_2}} \quad (19)$$

Таким образом

$$v_2 = k_2 \frac{K_1 \cdot [H_2O_2]^2 \cdot C_{K_2Cr_2O_7}}{1 + K_1 \cdot [H_2O_2]} \quad (20)$$

или упрощаем индексы и переходя к единому обозначению концентрации, для реакции в целом можно переписать уравнение в виде

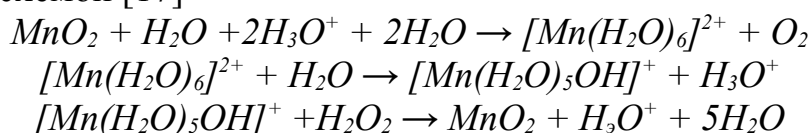
$$v = k \frac{K_1 \cdot C^2_{H_2O_2} \cdot C_{K_2Cr_2O_7}}{1 + K \cdot C^2_{H_2O_2}} \quad (21)$$

где k – константа скорости; K – постоянная; $C(H_2O_2)$ – концентрация пероксида водорода в данный момент времени; $C(K_2Cr_2O_7)$ – начальная концентрация катализатора.

Из этого выражения следует, что скорость реакции разложения пероксида водорода должна быть прямопропорциональна начальной концентрации катализатора [2].

Механизм действия MnO_2 (гетерогенный катализ)

Действие катализатора MnO_2 в кислотной среде можно передать следующей схемой [17]



Вывод: механизм разложения пероксида водорода достаточно сложный (одновременно протекает в несколько стадий); скорость реакции в целом определяется скоростью самой медленной (лимитирующей) стадии.

УДАЛЕНИЕ ПЯТЕН В ДОМАШНИХ УСЛОВИЯХ



Выведение пятен, особенно с цветного белья и одежды, дело далеко не простое. Оно, правда, значительно облегчается, если известно, чем посажено пятно, и если пятно свежее. В продажу поступают эффективные средства для выведения пятен различного происхождения. В состав этих средств входят растворители (перхлорэтилен, циклогексанон, бензин и др.), окислители и восстановители (гидросульфит натрия, пероксид водорода и др.), а также твердые адсорбенты (аэросил, крахмал), поглощающие загрязняющие вещества.

На упаковках этих препаратов всегда можно найти указания, как надо ими пользоваться, но некоторые общие простые правила надо при этом выполнять всегда.

Прежде всего надо попытаться установить происхождение пятна. Какие могут быть пятна? Жирные и масляные (от пищевых и технических масел, различных жиров, масляных красок, смол и т.п.), цветные, в основном органического происхождения (от вина, ягод, овощей, фруктов, соусов, кофе, чая, какао, травы, плесени, крови, яичного белка, чернил и др.) и пятна ржавчины. Качество и быстрота выведения этих пятен очень зависят от давности загрязнения: чем старше пятно, тем труднее его вывести.



Это связано с тем, что под воздействием солнечного света и кислорода воздуха загрязняющие одежду вещества претерпевают изменения, в результате которых образуются труднорастворимые соединения (например, продукты окисления, осмоления и разложения фруктовых соков и т.п.).

МЕДЛЕННО И С ТРУДОМ СВОДИ-
ЩИЕСЯ ПЯТНА НЕ НАДО СРЕ-
МИТЬСЯ ВЫВЕСТИ ЗА ОДИН РАЗ...



Любой препарат для выведения пятен надо предварительно опробовать на маленьком кусочке той же ткани или на внутренней складке одежды, чтобы убедиться в стойкости ткани (ее окраски, прочности) к действию данного пятновыводящего средства. Это важно, так как, например, большинством таких средств нельзя пользоваться для чистки ацетатных тканей, а также тканей с пропиткой типа «белонья», поскольку они легко разрушаются растворителями. Для выведения жирных пятен с ацетатных тканей можно применять только бензин, мыло и синтетические моющие средства.

Перед началом работы следует тщательно очистить изделие щеткой от грязи и пыли: это уменьшит вероятность образования вокруг очищенного

участка ткани «ореола» – границы, отделяющей очищенный участок от остальной ткани.

Чтобы избежать образования на ткани ореола, полезно также перед выведением пятна смочить ткань вокруг пятна водой.

Выводить пятна всегда нужно от краев к середине. В противном случае вероятность возникновения вокруг пятна «ореола» значительно возрастает. Под пятно, т.е. с нижней стороны ткани, надо подложить чистую белую ткань (в несколько слоев), хорошо впитывающую жидкость.

Не надо стремиться нанести на пятно сразу большое количество препарата. Тампон (из ваты, марли или другой ткани) надо смачивать препаратом лишь чуть-чуть, но несколько раз (еще лучше, конечно, каждый раз пользоваться новым тампоном). При обильном смачивании пятно может «расползтись».

Медленно и с трудом удаляющиеся пятна не надо стремиться вывести за один раз. Совершенно необходимо соблюдать правила применения препарата, указанные на упаковке [24].

Подробнее о способах удаления пятен в домашних условиях без использования специальных средств см. ПРИЛОЖЕНИЕ 1.



«СВЕЖИЕ ЧЕРНИЛЬНЫЕ ПЯТНА ЛЕГКО
ВЫВОДЯТСЯ ТЁПЛЫМ ПАРНЫМ
МОЛОКОМ ИЛИ ПРОСТОКВАШЕЙ»



Пятновыводители — средства «скорой помощи» и «точечного» действия: их наносят непосредственно на область загрязнения, после чего некоторое время выдерживают и удаляют высохший пятновыводитель с помощью пылесоса. Пятновыводители чаще выпускаются в виде аэрозолей или могут быть заключены в пластмассовую бутылку с навинчивающейся насадкой-распылителем.

Как же так получается, что эти чудодейственные средства смывают только грязь, но не краски? Как правило, основу всех средств составляют те же самые поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые являются «рабочими лошадками» и в стиральных порошках, и в мыле. Молекулы ПАВ способны образовывать с загрязняющими частичками растворимые в воде агрегаты — мицеллы, тем самым удаляя загрязнение с поверхности.

По своей природе ПАВ делятся на анионные, катионные и неионогенные.

Анионные ПАВ ничем не отличаются от обычного мыла: водородный показатель растворов таких средств достаточно высок. В жесткой воде (содержащей катионы кальция, магния и тяжелых металлов — железа, меди, свинца и др.) вследствие образования нерастворимых комплексов (часто их можно видеть в виде белых хлопьев на поверхности воды) моющая способность таких средств снижается.

Катионные ПАВ «работают» и в жесткой воде, и в мягкой, но среда растворов таких средств оказывается слишком кислой.

Самыми «мягкими» считаются неионогенные ПАВ, среда раствора которых приближается к нейтральной. При растворении в воде данные вещества не образуют ионов, что делает их безразличными к мягкой и жесткой воде.

Второй способ борьбы с пятнами состоит в использовании особых веществ, способных поглощать различного рода загрязнения — адсорбентов. Сущность их действия заключается в том, что очень мелкие частицы адсорбента, входящего в состав чистящего средства, поглощают вещества, являющиеся причиной загрязнения, надежно их связывая и удаляются вместе с загрязнением. Такой способ хорош для удаления пятен углеводного происхождения (сладкий чай или кофе). Особенно он

эффективен при совместном действии с хорошим растворителем. Удаление пятен в этом случае происходит в два этапа: сначала растворитель переводит загрязнение в жидкую форму, а потом адсорбент впитывает в себя всю грязь. После этого остается только собрать этот самый абсорбент пылесосом.

Самыми сложными для удаления считаются пятна от природных красителей: фруктовых кислот соков, красящих веществ чая и кофе, крови, пигментов.

Основной способ борьбы с такими пятнами состоит не в удалении загрязняющего вещества, а в его разрушении. Самым лучшим и относительно безопасным разрушителем является атомарный кислород, иначе именуемый «активным кислородом». Он образуется при расщеплении пероксидных соединений, например, пероксида водорода или пероксида натрия. При такой чистке разрушаются молекулы красителя, он становится бесцветным, теряя свои оптические свойства, однако пятна при этом не удаляются. Они просто становятся бесцветными.

pH – уже знакомый многим по рекламе показатель кислотности раствора. К показателю кислотности очень чувствительна шерсть. Значение выше 9 для шерстяных волокон неблагоприятно. Основой шерстяных волокон является белок креатин, очень эластичный, прочный, упругий. При высоком pH он разрушается, частично растворяясь, теряя свои ценные свойства, что делает шерсть тонкой и непрочной. Впрочем, аналогичные явления наблюдаются и при слишком низком значении водородного показателя (меньше 4), характеризующего кислую среду.

Но не только натуральная шерсть не любит отклонения pH от нейтрального значения, многие синтетические материалы тоже очень чувствительны к этому параметру, а именно те, которые получены полимеризацией аминокислот (нейлоноподобные полимеры).

Чрезмерно высокий (10 и более) или низкий (4 и менее) водородный показатель говорит о том, что раствор чистящего средства может вызвать раздражение кожи. Для людей с чувствительной кожей рук показатели допустимого уровня концентрации ионов водорода еще больше приближаются к 7 (нейтральный уровень).

Ароматы некоторых загрязнителей оставляют желать лучшего. Не обладают приятными запахами и некоторые компоненты средств для чистки.

Борьбу с запахами ведут двумя путями: устранение вызывающего запах вещества и применение ароматизаторов, перебивающих запах, но не устраняющих причину его появления.

Адсорбенты и пероксидные соединения легко справляются с нехорошо пахнущими веществами. В качестве ароматизатора очень часто применяются эфирные масла, лавандовое например, но возможно применение и синтетических ароматизаторов, именуемых иногда

идентичными натуральным. По своей сути эти вещества являются сложными эфирами органических кислот, отличает их более резкий и стойкий аромат, который некоторым людям вовсе не нравится.

Покупая упаковку средства для выведения пятен, стоит присмотреться к срокам хранения. Чем дольше может храниться средство, тем дольше оно сохранит свою эффективность. Наименьший срок хранения имеют средства, содержащие «активный кислород». Поверхностно-активные вещества и адсорбенты сохраняют свою эффективность достаточно длительное время.

При хранении в открытой упаковке под действием света разрушаются пероксиды, концентрация их понижается, «активный кислород» теряет свои способности к удалению загрязнений. Кислород разрушает органические молекулы ПАВ и адсорбентов. Углекислый газ воздуха способен понизить моющую способность анионных ПАВ. Хранение в открытой упаковке и на солнечном свете значительно снижает эффективность практически любых средств для чистки. Герметичные и светонепроницаемые аэрозольные баллоны являются самым надежным видом упаковки.

При сравнении средств для выведения пятен необходимо учитывать следующие параметры: активность водородных ионов (рН), эффективность пятноудаления и чистящая способность.

В соответствии с ГОСТ Р 51696-2000 эффективность пятноудаления должна быть не менее 90% (должно быть удалено не менее 90% загрязнения), рН должен находиться в пределах от 3,0 до 11,5 [25].

Вывод: *эффективность удаления загрязнений зависит не только от природы пятна, но и от состава пятновыводителя; существуют способы удаления пятен в домашних условиях и без использования профессиональных средств.*

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Оборудование, используемое в работе:

штатив с лапкой; кристаллизатор; бюретки прямые с краном; сосуд Оствальда (двухколенная пробирка); каучуковая пробка с газоотводной трубкой; термометр комнатный; барометр; секундомер; пипетки на 2 мл; резиновая груша; конические колбы на 100 и 200 мл с притертыми пробками; пипетки на 5, 20 и 25 мл; цилиндры измерительные на 10 и 25 мл.; колба мерная на 100 мл; химические стаканы; ступка фарфоровая с наружным диаметром 110 мм с пестиком; песок кварцевый; шпатель; весы с точностью до 0,001 г; сушильный шкаф; стеклянная палочка; фильтровальная бумага; универсальная индикаторная бумага.

Реактивы, необходимые для работы:

2,8% и 6,0%-ный раствор пероксида водорода (точная концентрация установлена методом перманганатометрии); 1; 0,5; 0,25; 0,125; 0,0625 Н растворы дихромата калия; насыщенный раствор дихромата калия; дистиллированная вода; 0,1 Н раствор перманганата калия; 10%-ный раствор серной кислоты; карбонат кальция; 0,1 Н раствор пероксида водорода; средства для выведения пятен «Бос», «Био актив 5+», «Пятноль», «Персоль», «Vanish», «Аист», «Sarma», «Белизна», «Бархат», «Антипятин», «АСЕ»; свежие растительные материалы (картофель, яблоко, морковь, огурец, груша, банан, помидор, капуста, свекла); «Coca-sola», черный чай, натуральный кофе, вишневый и томатный соки; кровь (из печени свиньи); вата; 0,1 М раствор соляной кислоты; 0,1 М раствор гидроксида калия; 1% растворы глицерина, уксусной кислоты, серной кислоты, желатина, крахмала, сахарозы, пищевой соды, этиленгликоля и этанола.

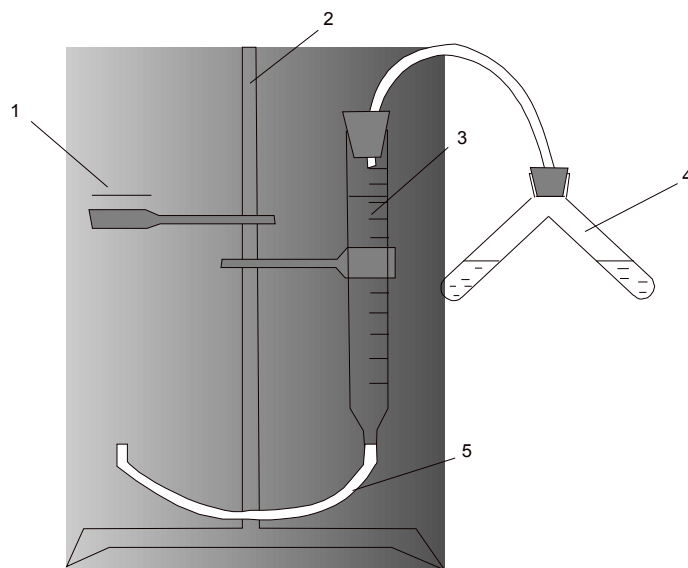


Рис.9. Схема установки прибора для изучения каталитического разложения пероксида

водорода: 1 – уравнильный сосуд; 2 – штатив; 3 – бюретка; 4 – двухколенная пробирка;
5 – соединительная резиновая трубка

ПРОВЕДЕНИЕ СОЦИОЛОГИЧЕСКОГО ОПРОСА

Для проведения школьного социологического опроса была составлена анкета. Анкетируемым учащимся было предложено ответить на следующие вопросы:

1. Укажите для чего можно использовать пероксид водорода (перекись водорода)?
2. Используете ли вы в домашнем обиходе средства для выведения пятен с одежды? Если да, то какие именно (приведите их торговые названия)?
3. Как вы думаете, можно ли использовать перекись водорода в качестве пятновыводителя или отбеливателя?
4. Как известно, пероксид водорода является побочным продуктом окислительно-восстановительных реакций, протекающих в человеческом организме. Как вы думаете, какое влияние оказывает перекись водорода на жизнедеятельность человека?
5. Как вы считаете, с каких типов ткани легче удалить загрязнения с натуральных (хлопок, лен, шерсть и т.п.) или синтетических (полиамид, спандекс, полиуретан, эластан, лайкра, полиэстер, ацетат, акрил и т.п.)?

Всего было опрошено 176 человек (учащиеся 8-10 классов МОУ СОШ №43 г. Твери).

Согласно результатам анкетирования (см. рис. 10) большая часть учащихся (77%) владеют информацией об антибактериальном действии пероксида водорода, его применении в качестве кровеостанавливающего средства. Кроме того, респонденты отмечают использование пероксида в качестве средства для отбеливания волос (11%) и пятновыводителя (9%).

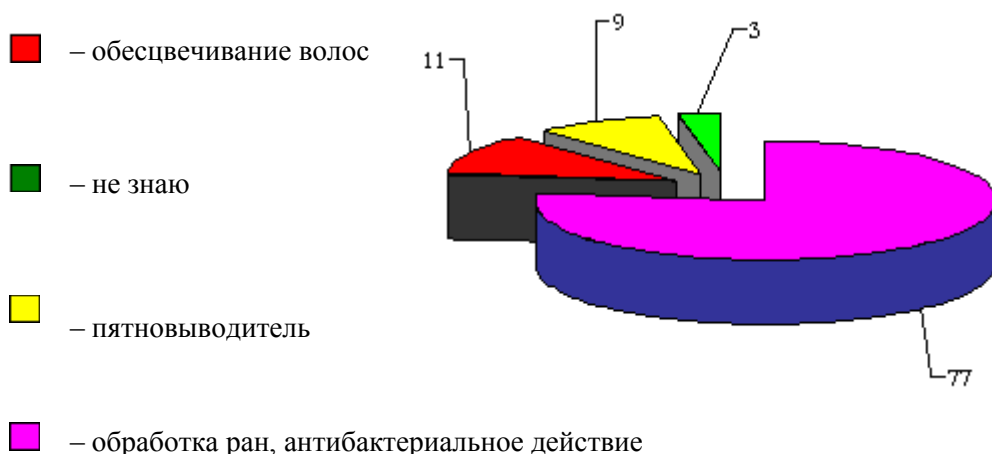


Рис.10. Результаты ответов на первый вопрос анкеты

55% опрошенных используют в домашнем обиходе средства для выведения пятен с одежды (см. рис. 11), причем чаще всего это «Vanish»

(78%), «Антипятин» (13%) или «Белизна» – 9%.

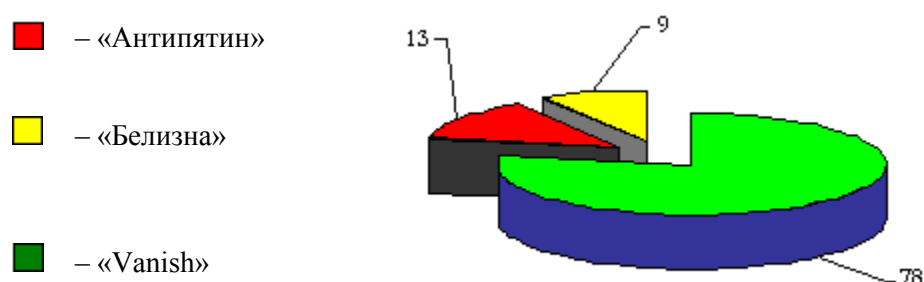


Рис.11. Результаты ответов на второй вопрос анкеты

58% учащихся считают, что нельзя использовать перекись водорода в качестве пятновыводителя или отбеливателя (см. рис. 12).

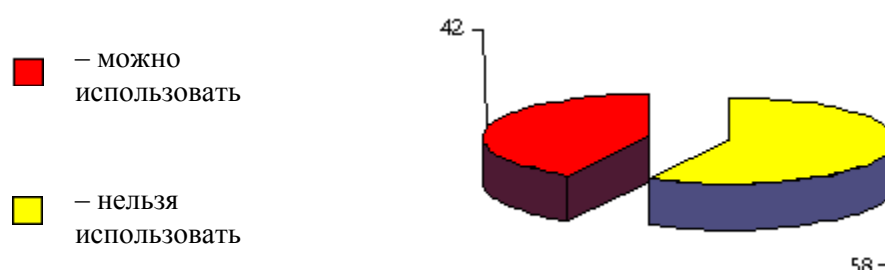


Рис.12. Результаты ответов на третий вопрос анкеты

Большая часть учащихся (74%) не знает, какое влияние оказывает перекись водорода на жизнедеятельность человека, являясь побочным продуктом окислительно-восстановительных реакций, протекающих в человеческом организме. Причем, 14% предполагают, что это положительное влияние, а 12% – отрицательное.

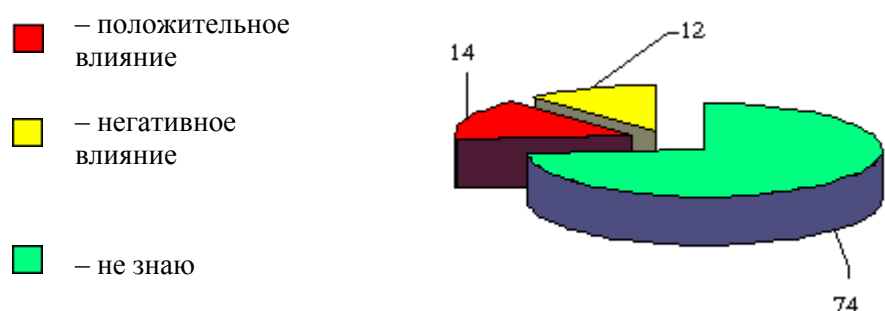


Рис.13. Результаты ответов на четвертый вопрос анкеты

47% респондентов убеждены, что легче удалить загрязнения с натуральных тканей, чем с синтетических (35%), а 18% опрошенных не имеют каких-либо представлений по данному вопросу.

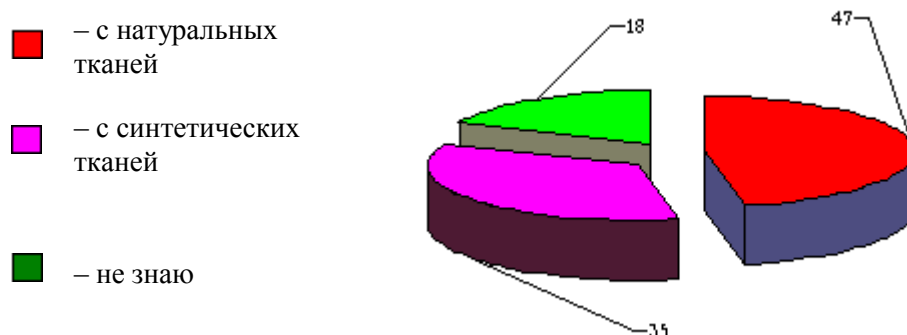


Рис.14. Результаты ответов на пятый вопрос анкеты

Вывод: обучающиеся школы недостаточно информированы о свойствах пероксида водорода, его влиянии на организм человека, использовании в быту; стараются применять наиболее рекламируемые, такие как «*Vanish*», средства для удаления пятен с одежды.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРЯДКА РЕАКЦИИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА

Методика исследования скорости каталитического разложения пероксида водорода

- Собрать прибор (см. рис.9.).
- Определить температуру и атмосферное давление.
- Ввести в одно колено пробирки катализатор, а в другое – раствор пероксида водорода определенного объема.
- Плотно закрыть пробкой пробирку и перелить раствор из одного колена в другое (включить секундомер).
- Определять объем выделившегося кислорода через каждые 30 секунд. Результаты свести в таблицу.
- Прodelать этот опыт с разными концентрациями катализатора (или при различных температурах).
- На основании полученных данных построить кинетические кривые изменения объема кислорода в процессе реакции (на миллиметровой бумаге).
- На данных кривых выбрать по 5-6 точек.
- Для каждой кривой определить молярный объем при условиях эксперимента.

➤ Рассчитать: количество пероксида водорода израсходованное в определенные моменты времени по объему выделившегося кислорода и первоначальное количество пероксида водорода, содержащееся в анализируемой пробе.

Для определения порядка реакции разложения пероксида водорода использовали насыщенный раствор дихромата калия (условия эксперимента: $t=28^{\circ}\text{C}$, $p_{\text{атм.}}=743$ мм рт. ст.). Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты определения объема выделившегося кислорода (средние значения) за определенные промежутки времени

$\tau, \text{с}$	$V(\text{O}_2)_{\text{ср}}, \text{мл}$
5	2
20	19
30	31
50	36
70	39

Графическое изображение полученных данных представлено на рис. 15.

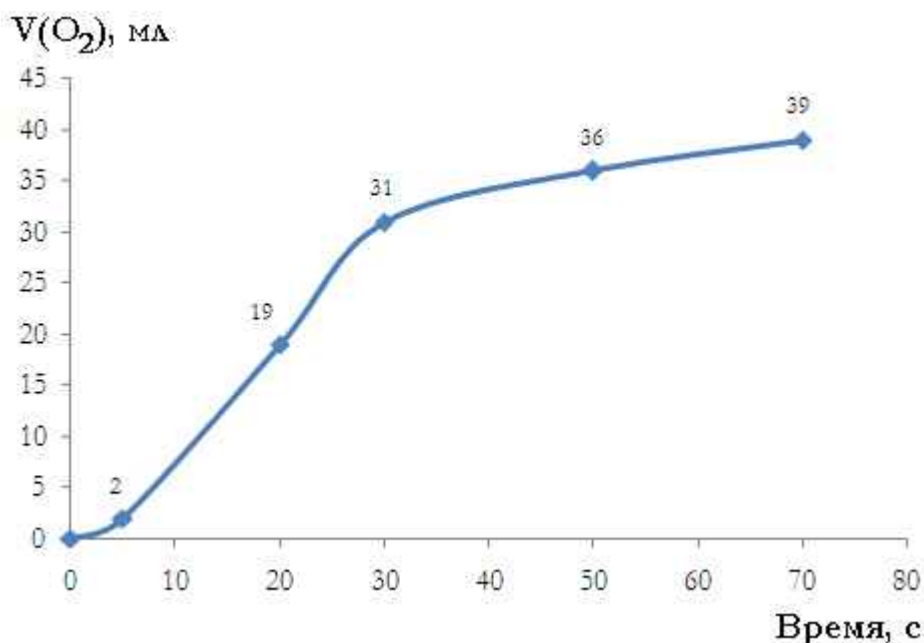


Рис. 15. График зависимости объема выделившегося кислорода от времени при использовании насыщенного раствора дихромата калия

Найдем значения молярного объема кислорода при условиях опыта. Исходя из уравнения Менделеева-Клапейрона:

$$pV = nRT \quad (22)$$

следует, что

$$V_m = \frac{RT}{p}, \quad (23)$$

где: R – универсальная постоянная, равная $8.314 \text{ Дж/К} \cdot \text{моль}$; T – температура, К; ($T=273+^0\text{C}$); $p_{\text{атм.}}$ – атмосферное давление, кПа ($1 \text{ мм рт. ст.} = 0,133 \text{ кПа}$).

Так как кислород собирали над водой, то необходимо учитывать давление паров воды [7]. Тогда давление кислорода над водой можно рассчитать по формуле:

$$p_{O_2} = p_{\text{атм.}} - p_{H_2O}, \quad (24)$$

где: $p(H_2O)$ – значение давления водяного пара при различных температурах, мм рт. ст., $p_{\text{атм.}}$ – значение атмосферного давления, мм рт.ст. $p(H_2O)$ при $28^0 = 28,4 \text{ мм рт. ст.}$ (см. ПРИЛОЖЕНИЯ 2-3).

Рассчитаем давление кислорода:

$$p(O_2) = 743 - 28,4 = 714,6 \text{ мм рт. ст.}$$

$$T = 273 + 28 = 301 \text{ К}$$

$$p_{\text{атм.}} = 714,6 \cdot 0,133 = 956,04 \text{ кПа.}$$

$$V_M = 8,314 \cdot 301 / 956,04 = 26,36 \text{ л/моль.}$$

Рассчитаем количество пероксида водорода, израсходованное в определенные моменты времени, по объему выделившегося кислорода:

а) 1-я точка ($t = 5 \text{ с}$; $V(O_2) = 2 \text{ мл}$)

$$2 \text{ моль } H_2O_2 - 26330 \text{ мл } O_2$$

$$x_1 \text{ моль} - 2 \text{ мл}$$

$$x_1 = 0,152 \cdot 10^{-3}$$

б) 2-я точка ($t = 20 \text{ с}$; $V(O_2) = 19 \text{ мл}$)

$$2 \text{ моль } H_2O_2 - 26330 \text{ мл } O_2$$

$$x_2 \text{ моль} - 19 \text{ мл}$$

$$x_2 = 1,44 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

в) 3-я точка ($t = 30 \text{ с}$, $V(O_2) = 31 \text{ мл}$)

$$2 \text{ моль } H_2O_2 - 26330 \text{ мл } O_2$$

$$x_3 \text{ моль} - 32 \text{ мл}$$

$$x_3 = 2,35 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

г) 4-я точка ($t = 50 \text{ с}$, $V(O_2) = 36 \text{ мл}$)

$$2 \text{ моль } H_2O_2 - 26330 \text{ мл } O_2$$

$$x_4 \text{ моль} - 36 \text{ мл}$$

$$x_4 = 2,73 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

д) 5-я точка ($t = 70 \text{ с}$, $V(O_2) = 39 \text{ мл}$)

$$2 \text{ моль } H_2O_2 - 26330 \text{ мл}$$

$$x_5 \text{ моль} - 39 \text{ мл}$$

$$x_5 = 2,96 \cdot 10^{-3}$$

Рассчитаем первоначальное количество пероксида водорода, содержащееся в анализируемой пробе:

$$V(\text{раствора}) = 2 \text{ мл}$$

$$C(\text{раствора } H_2O_2) = 6\%$$

$$\rho(\text{р-ра } H_2O_2) = 1021 \text{ г/л}$$

$$m(\text{р-ра } H_2O_2) = 2 \text{ мл} \cdot 1021 \text{ г/мл} = 2,042 \text{ г}$$

Составим пропорцию:

6 г H_2O_2 содержится в 100 г раствора

у г H_2O_2 содержится в 2,042 г

$$m(H_2O_2) = 0,12 \text{ г}$$

$$n(H_2O_2) = (0,12 \text{ г}) / (34 \text{ г/моль}) = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

Рассчитаем молярную концентрацию исходного раствора пероксида водорода:

$$C_M = n/V = (3,5 \cdot 10^{-3} \text{ моль}) / (0,004 \text{ л}) = 0,875 \text{ моль/л}$$

Рассчитаем количество пероксида водорода, оставшееся в реакционной смеси в каждый момент времени:

а) 1-я точка

$$n_{\text{ост.}} = n_0 - x_1 = 3,348 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

б) 2-я точка

$$n_{\text{ост.}} = n_0 - x_2 = 2,06 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

в) 3-я точка

$$n_{\text{ост.}} = n_0 - x_3 = 1,15 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

г) 4-я точка

$$n_{\text{ост.}} = n_0 - x_4 = 0,77 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

д) 5-я точка

$$n_{\text{ост.}} = n_0 - x_5 = 0,54 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

Рассчитаем C_M раствора пероксида водорода в каждый момент времени.

$$C_M = \frac{n_{\text{ост.}}}{V} \quad (25)$$

а) $C_M = 0,84 \text{ моль/л}$

б) $C_M = 0,52 \text{ моль/л}$

в) $C_M = 0,29 \text{ моль/л}$

г) $C_M = 0,19 \text{ моль/л}$

д) $C_M = 0,14 \text{ моль/л}$

Рассчитаем для вышеуказанных точек значение константы скорости реакции разложения пероксида водорода по уравнению

$$k = \frac{1}{\tau} \cdot \ln \frac{V_K}{V_K - V_\tau} = \frac{2,303}{\tau} \cdot \lg \frac{V_K}{V_K - V_\tau}, \quad (26)$$

где: V_K — объем кислорода, соответствующий полному разложению пероксида водорода; V_τ — объем кислорода, выделившийся к моменту времени; τ — время, с.

Рассчитаем V_K :

$$2 \text{ моль } H_2O_2 \rightarrow 26330 \text{ л } O_2$$

$$3,5 \cdot 10^{-3} \text{ моль} \rightarrow V_K \text{ л}$$

$$V_K = 0,046 \text{ л} = 46 \text{ мл}$$

а) 1-я точка

$$k_1 = 2,303/5 \cdot \lg(46/(46-2))=88,9 \cdot 10^{-2}$$

б) 2-я точка

$$k_2 = 2,303/20 \cdot \lg(46/(46-19))=2,66 \cdot 10^{-2}$$

в) 3-я точка

$$k_3 = 2,303/50 \cdot \lg(46/(46-31))=3,75 \cdot 10^{-2}$$

г) 4-я точка

$$k_4 = 2,303/70 \cdot \lg(46/(46-36))=3,05 \cdot 10^{-2}$$

д) 5-я точка

$$k_5 = 2,303/70 \cdot \lg(46/(46-39))=2,69 \cdot 10^{-2}$$

Проверка пригодности экспериментальных данных для расчета арифметического значения с целью выявления и исключения грубых погрешностей производится с помощью Q-критерия [7].

Для этого:

1. Располагаем данные результаты в порядке их возрастания:

$$2,66 \cdot 10^{-2}; 2,69 \cdot 10^{-2}; 3,05 \cdot 10^{-2}; 3,75 \cdot 10^{-2}; 88,9 \cdot 10^{-2}.$$

2. Находим диапазон выборки:

$$x_n - x_1 = (88,9 - 2,66) \cdot 10^{-2} = 86,24 \cdot 10^{-2}$$

3. Проверяем максимальное значение:

$$Q_{\text{экс.}} = ((88,9 - 3,75) \cdot 10^{-2}) / (86,24 \cdot 10^{-2}) = 0,99$$

4. В таблице значений (см. ПРИЛОЖЕНИЕ 4) находим значение $Q_{\text{крит.}}$ для $n=5$:

$$Q_{\text{крит.}} = 0,64$$

5. $Q_{\text{экс.}} > Q_{\text{крит.}}$, поэтому значение $88,9 \cdot 10^{-2}$ в дальнейших расчетах нужно отбросить.

6. Проверим минимальное значение:

$$Q_{\text{экс.}} = ((2,69 - 2,66) \cdot 10^{-2}) / (86,24 \cdot 10^{-2}) = 0,03$$

7. $Q_{\text{экс.}} < Q_{\text{крит.}}$, значит значение $2,66 \cdot 10^{-2}$ нужно оставить.

8. Ряд результатов получает следующий вид:

$$2,66 \cdot 10^{-2}; 2,69 \cdot 10^{-2}; 3,05 \cdot 10^{-2}; 3,75 \cdot 10^{-2}$$

9. Для нового ряда выбираем диапазон выборки:

$$x_n - x_1 = (3,75 - 3,05) \cdot 10^{-2} / 1,09 \cdot 10^{-2} = 0,64$$

10. Проверяем максимальное значение:

$$Q_{\text{экс.}} = (3,75 - 3,05) \cdot 10^{-2} / (1,09 \cdot 10^{-2}) = 0,64$$

11. В таблице находим значение $Q_{\text{крит.}}$ для $n=4$:

$$Q_{\text{крит.}} = 0,76$$

12. $Q_{\text{экс.}} < Q_{\text{крит.}}$, поэтому значение $3,75 \cdot 10^{-2}$ нужно оставить для дальнейших расчетов.

13. Проверяем для новой выборки минимальное значение:

$$Q_{\text{экс.}} = (2,69 - 2,66) \cdot 10^{-2} / (1,09 \cdot 10^{-2}) = 0,03$$

14. $Q_{\text{экс.}} \ll Q_{\text{крит.}}$, поэтому значение $2,66 \cdot 10^{-2}$ нужно оставить.

Для дальнейшего расчета среднего значения нужно использовать последний составленный ряд:

$$2,66 \cdot 10^{-2}, 2,69 \cdot 10^{-2}, 3,05 \cdot 10^{-2}, 3,75 \cdot 10^{-2}.$$

Рассчитаем среднее значение молярной концентрации, скорость реакции:

$$\begin{aligned}C_M &= 0,396 \text{ моль/л} \\v &= k \cdot C(H_2O_2) \\v &= 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л} \cdot \text{с}\end{aligned}$$

Теперь можно рассчитать среднее значение константы скорости:

$$k = 3,04 \cdot 10^{-2}.$$

Определяем порядок реакции (n) разложения пероксида водорода. Для этого рассчитаем среднее значение константы скорости реакции, предполагая что реакция разложения пероксида водорода первого порядка:

$$n = k_1 \cdot C(H_2O_2) \text{ (с}^{-1}\text{)}, \quad (27)$$

$$\begin{aligned}k_1^2 &= 26 \cdot 10^{-3} / 0,52 = 5 \cdot 10^{-2} \\k_1^3 &= 9,6 \cdot 10^{-3} / 0,29 = 3,3 \cdot 10^{-2} \\k_1^4 &= 3,8 \cdot 10^{-3} / 0,19 = 2 \cdot 10^{-2} \\k_1^5 &= 2 \cdot 10^{-3} / 0,14 = 1,4 \cdot 10^{-2}\end{aligned}$$

Среднее значение константы скорости составит:

$$k_1 = 2,93 \cdot 10^{-2}$$

$$n = k_2 \cdot C(H_2O_2) \text{ (л/моль} \cdot \text{с)} \quad (28)$$

$$\begin{aligned}k_2^2 &= 26 \cdot 10^{-3} / 0,27 = 9,6 \cdot 10^{-2} \\k_2^3 &= 9,6 \cdot 10^{-3} / 0,08 = 12 \cdot 10^{-2} \\k_2^4 &= 3,8 \cdot 10^{-3} / 0,04 = 9,5 \cdot 10^{-2} \\k_2^5 &= 2 \cdot 10^{-3} / 0,02 = 10 \cdot 10^{-2}\end{aligned}$$

Среднее значение константы скорости составит:

$$k_2 = 10,3 \cdot 10^{-2}$$

Вывод: сравнивая экспериментально полученное значение константы скорости ($k = 3,04 \cdot 10^{-2}$) с расчетными значениями k_1 и k_2 , приходим к выводу, что реакция разложения пероксида водорода первого порядка: $n = k \cdot C(H_2O_2)$.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРА ДИХРОМАТА КАЛИЯ НА СКОРОСТЬ РАЗЛОЖЕНИЯ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА

Для проведения данной части работы провели серию экспериментов разложения пероксида водорода с различными концентрациями (0,5; 0,25; 0,125; 0,0625; 0,03125 Н) катализатора – дихромата калия.

0,5 Н раствор дихромата калия

Расчеты молярной концентрации раствора пероксида водорода, константы скорости реакции в каждый момент времени и среднее значение скорости реакции представлены в табл. 2. Методика проведения эксперимента и расчетов прежняя.

Таблица 2

Результаты определения средней скорости реакции разложения пероксида водорода в присутствии 0,5 Н раствора дихромата калия

$\tau, \text{с}$	$V(O_2)_{\text{ср}}, \text{мл}$	$C(H_2O_2), \text{моль/л}$	$k_x \cdot 10^{-3}, \text{с}^{-1}$	Q-критерий	$\bar{k} \cdot 10^{-3}, \text{с}^{-1}$	$C(H_2O_2)_{\text{ср}}, \text{моль/л}$	$v_{\text{ср}} \times 10^{-3}, \text{моль/л} \times \text{с}$
30	2	0,84	1,6	—	12,0	0,49	5,87
60	7	0,74	10,0	+			
90	15	0,58	14,0	+			
150	32	0,22	12,0	+			
180	40	0,08	13,0	+			

0,25 Н раствор дихромата калия

Расчеты молярной концентрации раствора пероксида водорода, константы скорости реакции в каждый момент времени и среднее значение скорости реакции представлены в табл.3. Методика проведения эксперимента и расчетов прежняя.

Таблица 3

Результаты определения средней скорости реакции разложения пероксида водорода в присутствии 0,25 Н раствора дихромата калия

$\tau, \text{с}$	$V(O_2)_{\text{ср}}, \text{мл}$	$C(H_2O_2), \text{моль/л}$	$k_x \cdot 10^{-3}, \text{с}^{-1}$	Q-критерий	$\bar{k} \cdot 10^{-3}, \text{с}^{-1}$	$C(H_2O_2)_{\text{ср}}, \text{моль/л}$	$v_{\text{ср}} \times 10^{-3}, \text{моль/л} \times \text{с}$
60	7	0,74	2,9	+	6,2	0,39	2,34
150	20	0,48	4,0	+			
180	30	0,28	6,6	+			
240	40	0,08	11,0	+			

0,125 Н раствор дихромата калия

Расчеты молярной концентрации раствора пероксида водорода, константы скорости реакции в каждый момент времени и среднее значение скорости реакции представлены в табл. 4. Методика проведения эксперимента и расчетов прежняя.

Таблица 4

Результаты определения средней скорости реакции разложения пероксида водорода в присутствии 0,125 Н раствора дихромата калия

$\tau, \text{с}$	$V(O_2)_{\text{ср}}, \text{мл}$	$C(H_2O_2), \text{моль/л}$	$k_x \cdot 10^{-3}, \text{с}^{-1}$	Q-критерий	$\bar{k} \cdot 10^{-3}, \text{с}^{-1}$	$C(H_2O_2)_{\text{ср}}, \text{моль/л}$	$v_{\text{ср}} \times 10^{-3}, \text{моль/л} \times \text{с}$
120	6	0,75	1,2	+	3,3	0,39	1,35
180	13	0,62	2,0	+			
300	28	0,32	3,4	+			
360	34	0,20	4,0	+			
540	43	0,02	7,0	+			

0,0625 Н раствор дихромата калия

Расчеты молярной концентрации раствора пероксида водорода, константы скорости реакции в каждый момент времени и среднее значение скорости реакции представлены в табл. 5. Методика проведения эксперимента и расчетов прежняя.

Таблица 5

Результаты определения средней скорости реакции разложения пероксида водорода в присутствии 0,0625 Н раствора дихромата калия

τ , с	$V(O_2)_{\text{ср}}$, мл	$C(H_2O_2)$, моль/л	$k_x \cdot 10^{-3}$, с ⁻¹	Q-критерий	$\bar{k} \cdot 10^{-3}$, с ⁻¹	$C(H_2O_2)_{\text{ср}}$, моль/л	$v_{\text{ср}} \times 10^{-3}$, моль/л×с
120	2	0,82	0,4	+	1,9	0,42	0,87
240	14	0,60	1,6	+			
360	24	0,40	2,2	+			
540	35	0,18	3,0	+			
720	39	0,08	3,2	+			

0,03125 Н раствор дихромата калия

Расчеты молярной концентрации раствора пероксида водорода, константы скорости реакции в каждый момент времени и среднее значение скорости реакции представлены в табл. 6. Методика проведения эксперимента и расчетов прежняя.

Таблица 6

Результаты определения средней скорости реакции разложения пероксида водорода в присутствии 0,03125 Н раствора дихромата калия

τ , с	$V(O_2)_{\text{ср}}$, мл	$C(H_2O_2)$, моль/л	$k_x \cdot 10^{-3}$, с ⁻¹	Q-критерий	$\bar{k} \cdot 10^{-3}$, с ⁻¹	$C(H_2O_2)_{\text{ср}}$, моль/л	$v_{\text{ср}} \times 10^{-3}$, моль/л×с
180	2	0,83	0,3	+	1,2	0,50	0.59
300	10	0,68	0,9	+			
420	18	0,50	1,3	+			
540	26	0,35	1,7	+			
720	32	0,12	2,0	+			

График зависимости объема выделившегося водорода от времени при использовании различных концентраций дихромата калия представлен на рис. 16.

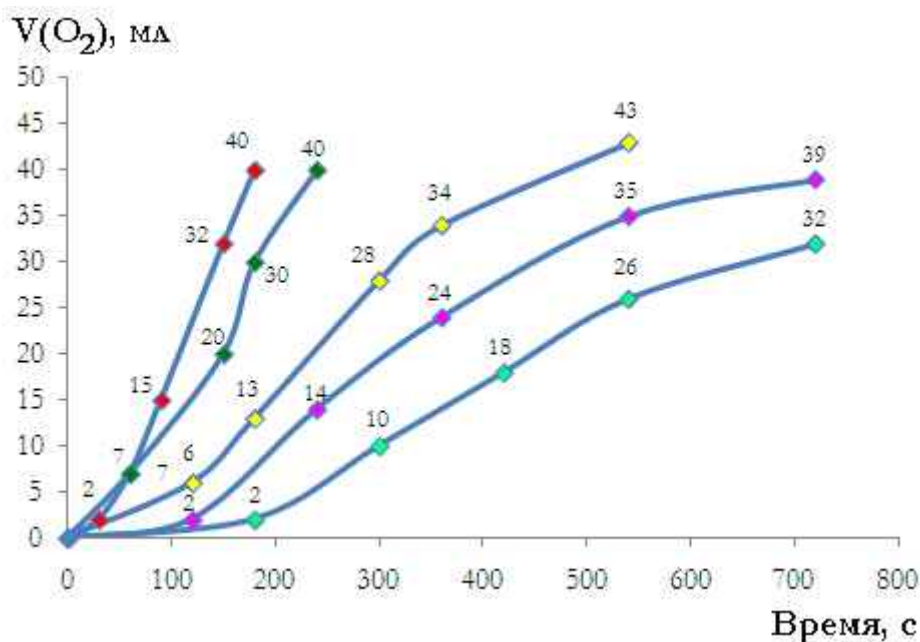


Рис.16. График зависимости объема выделившегося кислорода от времени при использовании различных концентраций катализатора дихромата калия

■ – 0,5 Н
 ■ – 0,25 Н
 ■ – 0,125 Н
 ■ – 0,0625 Н
 ■ – 0,03125 Н

Проанализировав результаты расчетов, составим табл. 7.

Таблица 7

Результаты расчетов средних значений константы реакции разложения пероксида водорода

№ п/п эксперимента	$C(K_2Cr_2O_7), Н$	$k_{cp} \cdot 10^{-3}, c^{-1}$
1	0,5	12,0
2	0,25	6,0
3	0,125	3,5
4	0,0625	2,1
5	0,03125	1,2

Графическое изображение зависимости константы скорости реакции от концентрации катализатора представлено на рис.17.

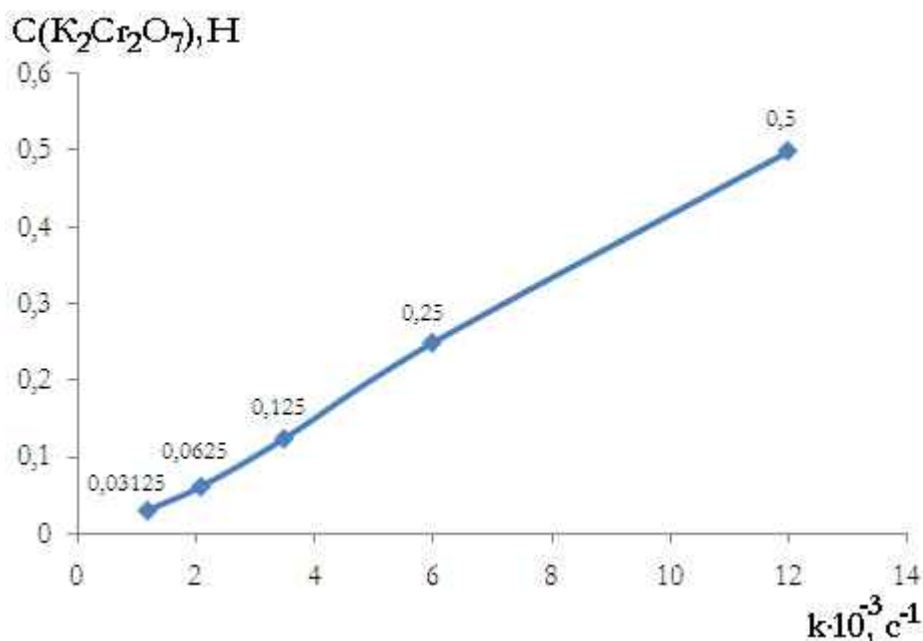


Рис.17. График зависимости константы скорости реакции от концентрации катализатора

Зависимость прямолинейна, значит можно вывести уравнение для этого графика:

$$y = a + bx$$

Нахождение величин x и y (если зависимость линейная) можно определить по уравнению. Тогда на графике выбираются 2 точки с координатами (x_1, y_1) и (x_2, y_2) , расположенные по возможности дальше друг от друга и константы a и b находят из выражений:

$$a = \frac{y_1 x_2 - y_2 x_1}{x_2 - x_1} \quad (29)$$

$$b = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (30)$$

$A(0,5; 12 \cdot 10^{-3})$ и $B(0,03125; 1,2 \cdot 10^{-3})$.

$$a = (1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,03125 - 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5) / (0,03125 - 0,5) = (0,375 \cdot 10^{-3} - 0,6 \cdot 10^{-3}) / (-0,47) = 0,5 \cdot 10^{-3}$$

$$b = ((1,2 - 12) \cdot 10^{-3}) / (0,03125 - 0,5) = 23 \cdot 10^{-3}$$

$$y = 0,5 \cdot 10^{-3} + 23 \cdot 10^{-3} x$$

$$k_{\text{ср.}} = 0,5 \cdot 10^{-3} + 23 \cdot 10^{-3} C_{\text{Kat}}$$

$$v = (0,5 \cdot 10^{-3} + 2,3 \cdot 10^{-2} \cdot C_{\text{Kat}}) \cdot C_{\text{H}_2\text{O}_2} \quad (31)$$

Вывод: скорость реакции разложения пероксида водорода зависит от концентрации как самого пероксида водорода, так и катализатора и может быть представлена в виде уравнения

$$v = (0,5 \cdot 10^{-3} + 2,3 \cdot 10^{-2} \cdot C_{\text{Kat}}) \cdot C_{\text{H}_2\text{O}_2}$$

ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СКОРОСТИ РЕАКЦИИ РАЗЛОЖЕНИЯ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА ПРИ ПОСТОЯННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ДИХРОМАТА КАЛИЯ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ. ВЫВОД УРАВНЕНИЯ АРРЕНИУСА ДЛЯ ИЗУЧАЕМОЙ РЕАКЦИИ

Для проведения данной части работы провели серию экспериментов разложения пероксида водорода с концентрацией дихромата калия 9% при температурах 0, 17, 25, 35 и 40°C.

Расчеты молярной концентрации раствора пероксида водорода, константы скорости реакции в каждый момент времени и среднее значение скорости реакции представлены в табл. 8-12. Методика проведения эксперимента и расчетов прежняя.

Таблица 8

Результаты определения средней скорости реакции разложения пероксида водорода
в присутствии 9% раствора дихромата калия при 0°C

$\tau, \text{с}$	$V(O_2)_{\text{ср}}, \text{мл}$	$C(H_2O_2), \text{моль/л}$	$k_x \cdot 10^{-3}, \text{с}^{-1}$	Q-критерий	$\bar{k} \cdot 10^{-3}, \text{с}^{-1}$	$C(H_2O_2)_{\text{ср}}, \text{моль/л}$	$v_{\text{ср}} \times 10^{-3}, \text{моль/л} \times \text{с}$
60	1	0,85	0,2	+	1,1	0,51	0,55
300	10	0,69	0,8	+			
480	23	0,47	1,3	+			
660	31	0,32	1,5	+			
840	37	0,21	1,6	+			

Таблица 9

Результаты определения средней скорости реакции разложения пероксида водорода
в присутствии 9% раствора дихромата калия при 17°C

$\tau, \text{с}$	$V(O_2)_{\text{ср}}, \text{мл}$	$C(H_2O_2), \text{моль/л}$	$k_x \cdot 10^{-3}, \text{с}^{-1}$	Q-критерий	$\bar{k} \cdot 10^{-3}, \text{с}^{-1}$	$C(H_2O_2)_{\text{ср}}, \text{моль/л}$	$v_{\text{ср}} \times 10^{-3}, \text{моль/л} \times \text{с}$
30	4	0,81	2,5	+	6,2	0,45	2,80
60	14	0,62	5,8	+			
90	25	0,44	7,7	+			
150	36	0,23	8,7	+			
300	40	0,15	5,8	+			

Таблица 10

Результаты определения средней скорости реакции разложения пероксида водорода в
присутствии 9% раствора дихромата калия при 25°C

$\tau, \text{с}$	$V(O_2)_{\text{ср}}, \text{мл}$	$C(H_2O_2), \text{моль/л}$	$k_x \cdot 10^{-3}, \text{с}^{-1}$	Q-критерий	$\bar{k} \cdot 10^{-3}, \text{с}^{-1}$	$C(H_2O_2)_{\text{ср}}, \text{моль/л}$	$v_{\text{ср}} \times 10^{-3}, \text{моль/л} \times \text{с}$
30	6	0,76	4,6	+	11,4	0,40	4,55
45	19	0,53	10,9	+			
60	29	0,36	14,9	+			
90	37	0,21	15,8	+			

165	41	0,14	10,8	+			
-----	----	------	------	---	--	--	--

Таблица 11

Результаты определения средней скорости реакции разложения пероксида водорода в присутствии 9% раствора дихромата калия при 35°C

$\tau, \text{с}$	$V(O_2)_{\text{ср}}, \text{мл}$	$C(H_2O_2), \text{моль/л}$	$k_x \cdot 10^{-3}, \text{с}^{-1}$	Q-критерий	$\bar{k} \cdot 10^{-3}, \text{с}^{-1}$	$C(H_2O_2)_{\text{ср}}, \text{моль/л}$	$v_{\text{ср}} \times 10^{-3}, \text{моль/л} \times \text{с}$
20	8	0,73	19,8	+	28,2	0,39	9,00
30	19	0,53	29,6	+			
40	29	0,35	32,0	+			
60	37	0,21	32,2	+			
115	41	0,14	27,6	+			

Таблица 12

Результаты определения средней скорости реакции разложения пероксида водорода в присутствии 9% раствора дихромата калия при 40°C

$\tau, \text{с}$	$V(O_2)_{\text{ср}}, \text{мл}$	$C(H_2O_2), \text{моль/л}$	$k_x \cdot 10^{-3}, \text{с}^{-1}$	Q-критерий	$\bar{k} \cdot 10^{-3}, \text{с}^{-1}$	$C(H_2O_2)_{\text{ср}}, \text{моль/л}$
10	10	0,71	21,6	+	35,8	0,38
15	20	0,53	33,8	+		
20	30	0,34	47,4	+		
30	37	0,21	47,8	+		
65	41	0,14	28,3	+		

Графическое изображение зависимости объема выделившегося кислорода от времени при различных температурах представлено на рис.18.

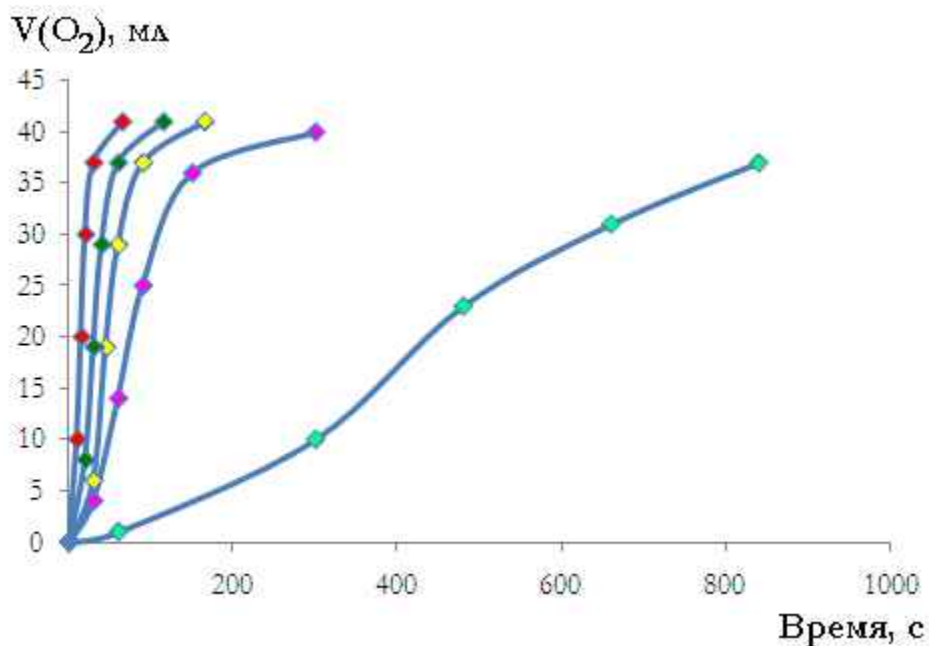


Рис.18. График зависимости объема выделившегося кислорода от времени при различных температурах

■ - 40°C ■ - ■ - 25°C ■ - 17°C ■ - 0°C

35°C

Определение энергии активации практическими методами

1. Для определения энергии активации построим график зависимости величины $\lg(k, \text{с}^{-1})$ от $1/k^{-1}$ [15, 20]. Для этого сначала преобразуем данные, приведенные в табл. 14 в форму, удобную для построения графика. Результат показан в табл. 15. График, построенный при помощи этих данных, показан на рис.14. Тангенс угла наклона = -2933.

Из уравнения Аррениуса в логарифмической форме следует, что

$$\lg k = \lg A - \frac{E_a}{2,303 \cdot RT} \quad (32)$$

Универсальная газовая постоянная R имеет значение $0,008314 \text{ кДж} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$. Отсюда $E_a = 2,303(0,008314 \text{ кДж} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1})(2933) = 56,16 \text{ кДж/моль}$.

2. Константу Аррениуса можно получить непосредственно из логарифмической формы уравнения Аррениуса, если представить ее в виде

$$\lg A = \lg k + \frac{E_a}{2,303 \cdot RT} \quad (33)$$

В этом уравнении можно подставить значение k , соответствующее любой температуре. Например, используя значение k при 17°C , находим:

$$\lg A = -2,21(56,16 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1} / 2,303 (0,008314 \text{ кДж} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}) \cdot (2933 \text{ К})) = -7,916$$

$$A = 7,9 \cdot 10^7 \text{ с}^{-1}$$

$$\lg k = \lg A - \frac{E_a}{2,303 \cdot RT} \quad (34)$$

Подставим найденные значения E_a и $\lg A$, для выведения уравнения, определяющего температурную зависимость k скорости реакции разложения H_2O_2

$$\lg k_{\text{ср}} = 7,916 - (56,16 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1} / 2,303 (0,008314 \text{ кДж} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}) T) = 7,916 - 2933/T$$

$$\lg \bar{k} = 7,916 - \frac{2933}{T} \quad (35)$$

Экспериментальные данные о скорости реакции разложения пероксида водорода (H_2O_2) при разных температурах представлены в табл. 13.

Таблица 13

Средние значения константы скорости реакции разложения пероксида водорода при различных температурах

$t, ^\circ\text{C}$	$k_{\text{ср}} \cdot 10^{-2}, \text{с}^{-1}$
0	0,11

17	0,62
25	1,14
35	2,82
40	3,58

Данные о реакции разложения пероксида водорода (H_2O_2), необходимые для построения графика Аррениуса приведены в табл. 14.

Таблица 14

Данные о реакции разложения пероксида водорода, необходимые для построения графика Аррениуса

T^{-1}, K^{-1}	$T^{-1}10^5, K^{-1}$	$\lg k_{cp}, c^{-1}$
0,00366	366	-2,96
0,00345	345	-2,21
0,00336	336	-1,94
0,00325	325	-1,55
0,00319	319	-1,45

По полученным значениям построили график зависимости $\lg k_{(cp)}$ скорости реакции разложения H_2O_2 от $T \ln k = B A/T$ (рис 19.)

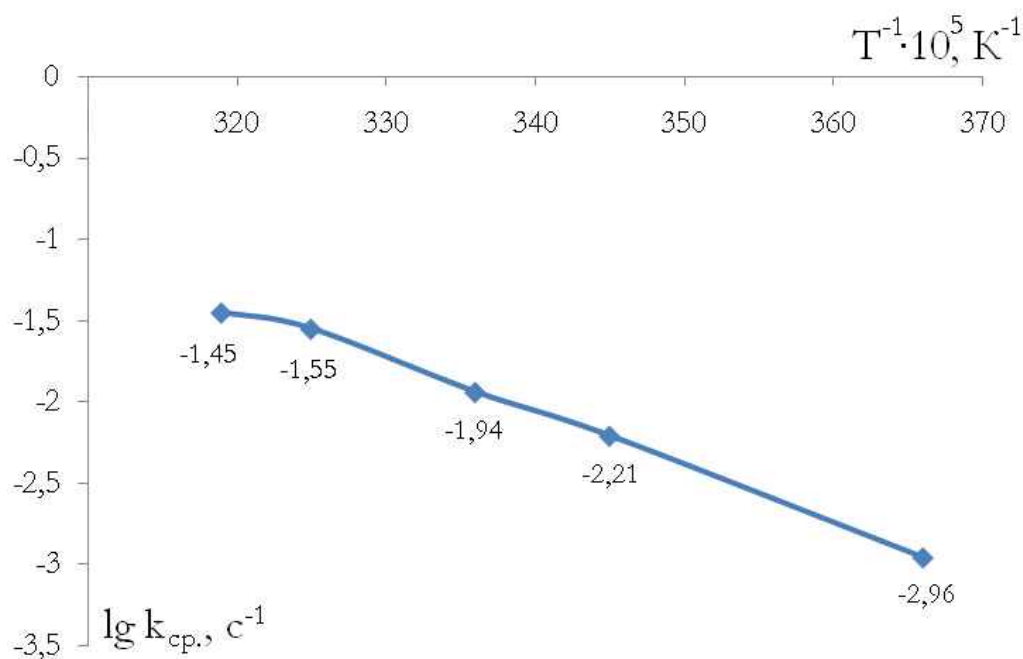


Рис. 19. График зависимости $\lg k_{(cp)}$ скорости реакции разложения H_2O_2 от температуры

Определение энергии активации алгебраическим методом

В общем виде зависимость константы скорости от температуры (T) описывается уравнением:

$$\ln k = B - \frac{A}{T}, \quad (36)$$

где A и B – постоянные. Чтобы определить значение постоянных A и B , нужно знать как минимум два значения константы скорости при любых

произвольно выбранных двух температурах. Пусть при температуре T_1 , константа скорости равна k_1 , а при температуре T_2 , константа скорости равна k_2 . Составим систему из уравнений с двумя переменными A и B [3, 4].

$$\ln k_1 = B - \frac{A}{T_1} \quad (37)$$

$$\ln k_2 = B - \frac{A}{T_2} \quad (38)$$

Вычитая первое уравнение из второго, получаем

$$\ln k_2 - \ln k_1 = \frac{A}{T_2} - \frac{A}{T_1} \quad (39)$$

Далее

$$\ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{A(T_2 - T_1)}{T_1 \cdot T_2} \quad (40)$$

Откуда

$$A = \frac{T_1 \cdot T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{k_2}{k_1} \quad (41)$$

Подставляя A в любое из двух уравнений при известных k и T , вычисляем постоянную B . Подстановкой A и B в уравнение получаем уравнение зависимости константы скорости от температуры.

Возьмем значения: $t_1=17^\circ\text{C}$; $t_2=40^\circ\text{C}$; $k_1=0,617 \cdot 10^{-2}$; с^{-1} , $k_2=3,576 \cdot 10^{-2}$; с^{-1} ; $T_1=290 \text{ K}$, $T_2=313 \text{ K}$.

Подставим эти значения в уравнение (41). Имеем:

$$A = 290 \text{ K} \cdot 313 \text{ K} / 313 - 290 \text{ K} \cdot \ln 3,576 \cdot 10^{-2}, \text{с}^{-1} / 0,617 \cdot 10^{-2}, \text{с}^{-1} = 90816/23 \cdot \ln 5,8 = 6941 \text{ K}$$

$$B = \ln k_1 + A/T_1 = (-5) + 6941/290 = 18.9$$

Тогда уравнение $\ln k = B - A/T$ имеет вид

$$\ln k = 18,9 - \frac{6941}{T} \quad (42)$$

От натурального логарифма можно перейти к десятичному

$$2,303 \cdot \lg k = 18,9 - 6941/T$$

$$\lg k = 8,2 - \frac{3014}{T} \quad (43)$$

Выполним проверку:

Подставим значение $t=10^\circ\text{C}$, $T=283 \text{ K}$. Тогда $\lg k_{\text{ср.}} = 8,2 - 3014/T = -2,45$ с^{-1} . По графику (см. рис 14) температуре 283 K соответствует значение $\lg k_{\text{ср.}} = -2,45$ с^{-1} . Зная постоянную A в уравнении Аррениуса можно найти E_a , умножив A на универсальную постоянную R :

$$E_a = A \cdot R = 6944 \cdot 8,314 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 57,7 \text{ кДж} / \text{моль}.$$

Определение энергии активации через уравнение прямой

Так как зависимость k от T линейная, то можно вывести уравнение прямой. Оно будет иметь вид уравнения (30), выражается уравнением (31), а b , выражается уравнением (32): $(x_1; y_1)$ и $(x_2; y_2)$ – координаты двух произвольно выбранных точек графика:

$$\begin{aligned} x_1 &= 345; y_1 = -2,21 & x_2 &= 319; y_2 = -1,45 \\ a &= (2,21 \cdot 319) - (-1,45 \cdot 345) / (319 - 345) = -204,74 / -26 = 7,87 \\ b &= -1,45 - (-2,21) / 319 - 345 = 0,76 / -26 = -0,02923 \end{aligned}$$

Уравнение прямой имеет вид:

$$y = 7,87 - 0,02923 \cdot x,$$

где $y = \lg k_{\text{ср.}}$, $ax = T^{-1}$.

Тогда $\lg k_{\text{ср.}} = 7,87 - 0,02923 / T \cdot 10^5$

$$\lg k = 7,87 - \frac{2923}{T} \quad (44)$$

Выполним проверку. Подставим значение $t = 30^\circ\text{C}$; $T = 303 \text{ K}$.

Тогда $\lg k_{\text{ср.}} = 7,87 - 2923 / 303 = -1,78$. По графику (см. рис. 14) температуре 303 K соответствует значение $\lg k_{\text{ср.}} = -1,78$, что вполне соответствует расчету по полученному уравнению прямой.

Так как $\lg k_{\text{ср.}} \cdot 2,303 = \ln k_{\text{ср.}}$, то $E_a = 2923 \cdot 2,303 \cdot 0,008314 = 55,9 \text{ кДж/моль}$

Найдём среднее значение экспериментально полученной E_a при использовании в качестве катализатора: ионов $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ в водном растворе.

$$E_a = (E_{a1} + E_{a2} + E_{a3}) \cdot 1/3 = (57,7 + 55,9 + 56,16) / 3 = 56,6 \text{ кДж/моль.}$$

Сравним экспериментально полученные результаты с литературными данными. Для этого составим табл. 15 [6, 19].

Таблица 15

Энергия активации каталитического
и некаталитического разложения пероксида водорода $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$

Катализатор	E_a , кДж/моль
Без катализатора	75,5
ионы $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ в водном растворе *	56,6
Ионы I^-	56,5
Ионы Fe^{3+} в водном растворе	54,6
Коллоидная платина	49,0
Платиновая чернь	47,0
Каталаза (фермент)	20,0

Как видно из табл. 15, наибольшей каталитической активностью из представленных катализаторов обладает фермент каталаза (именно поэтому в следующей части работы исследовано количественное содержание каталазы в некоторых продуктах питания). Его действие объясняется особой специфичностью к изучаемой реакции, свойственной

* обозначено экспериментально полученное значение

биокатализаторам. Активность же используемого в работе катализатора (ионы $Cr_2O_7^{2-}$) можно оценить как среднюю.

Если сравнивать энергию активации реакции с использованием дихромата калия и каталазы, то видно, что они отличаются примерно в три раза. Для сравнения скоростей реакции разложения пероксида водорода в присутствии указанных катализаторов необходимо сделать расчеты по уравнению Аррениуса. Приведенные в табл. 15 данные соответствуют температуре 20°C, тогда:

$$\frac{k(\text{каталазы})}{k(K_2Cr_2O_7)} = \frac{e^{\frac{-20000}{RT}}}{e^{\frac{-56600}{RT}}} = e^{\frac{56600-20000}{RT}} = e^{\frac{36600}{8,314 \cdot 293}} = 3350493$$

Разложение пероксида водорода в присутствии каталазы происходит более чем в 3 млн раз быстрее, чем в присутствии дихромата калия.

Вывод: экспериментально показано, что использование $Cr_2O_7^{2-}$ ионов ($K_2Cr_2O_7$) в качестве катализатора уменьшает энергию активации (E_a) реакции разложения пероксида водорода примерно на 19 кДж/моль.

ВЫЯВЛЕНИЕ ИНГИБИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ НЕКОТОРЫХ ВЕЩЕСТВ ПО ОТНОШЕНИЮ К ПЕРОКСИДУ ВОДОРОДА

Общеизвестно, что раствор пероксида водорода при хранении в домашних условиях постепенно разрушается на воду и кислород. Чтобы предотвратить этот процесс необходимо выявить катализатор по отношению к изучаемой реакции ингибирующего действия.

Для проведения серии экспериментов (после анализа соответствующей литературы) были выбраны следующие вещества: глицерин, уксусная кислота, серная кислота, желатин, крахмал, сахароза, питьевая сода, этиленгликоль и этанол.

Для определения скорости протекания реакции каталитического разложения пероксида водорода использовали 1% водные растворы вышеуказанных веществ. Для этого 3 мл раствора потенциального ингибитора добавляли к 10 мл 2,8% раствора пероксида водорода, находящихся в одном из колен двухколенной пробирки, и прилили 1 мл насыщенного раствора дихромата калия, содержащегося в другом колене пробирки. Результаты данной части исследования представлены в табл. 16 и на рис. 20.

Таблица 16

Результаты выявления ингибирующей способности некоторых веществ по отношению к пероксиду водорода

Вещество	$\Sigma V(O_2)$ (мл)	Δt , с	$v_{\text{ср}} \cdot 10^{-2}$, мл/с
Глицерин	0,0	670	0,00
Уксусная кислота	20,0	620	3,23
Серная кислота	9,3	670	1,39
Желатин	0,0	670	0,00
Крахмал	1,0	670	0,15
Сахароза	14,3	670	2,13
Питьевая сода	8,1	670	1,21
Этиленгликоль	16,1	670	2,40
Этанол	20,0	475	4,21



Рис. 20. Сравнительные данные по средним значениям скорости каталитического разложения пероксида водорода в присутствии различных веществ-ингибиторов

Вывод: установлено, что наибольшей ингибирующей способностью обладают 1% растворы глицерина, желатина и крахмала.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КАТАЛАЗЫ В НЕКОТОРЫХ ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ

Проводя литературный обзор по теме исследования, на официальном сайте ИД «Первое сентября» (всероссийский фестиваль творческих и исследовательских работ «ПОРТФОЛИО»), была обнаружена работа учащихся 9 класса МОУ «Даниловская СОШ им. А.С.Макаренко» Волгоградской области (р.п. Даниловка) Беликова В. и Макарова А. «Каталитическое разложение пероксида водорода» [26].

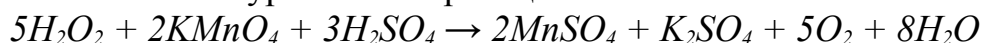
В своей работе учащиеся приходят к выводу: *«Самыми богатыми по содержанию каталазы являются морковь, картофель и капуста. Особенно МОРКОВЬ! Ешьте побольше свежих овощей, особенно морковь и выводите из организма вредный пероксид водорода!!!»*

Понятно, что данный вывод не достаточно обоснован авторами исследования. Во-первых, методика, по которой выполнена работа, не учитывает разложение пероксида водорода под действием других ферментов, содержащихся в продуктах питания (каталитическое разложение пероксида возможно под действием и оксидоредуктазы или бета-каротиноидов, также содержащихся в продуктах). Во-вторых, необходимо учитывать, что каталаза, имеющая белковую природу, инактивируется под воздействием желудочного сока (соляной кислоты).

Для проверки представленных результатов было решено повторить эксперимент по определению содержания каталазы в продуктах питания, используя методику А.Н. Баха и А.И. Опарина. В экспериментальной части использовали следующие продукты питания (картофель, яблоко, морковь, огурец, груша, банан, помидор, капуста).

2 г свежего растительного сырья растирали с кварцевым песком в ступке, постепенно добавляя 2-3 мл воды. Для уменьшения кислой реакции добавляли на кончике шпателя карбонат кальция до прекращения выделения пузырьков углекислого газа. Растертую массу количественно переносили в мерную колбу и доводили дистиллированной водой до 100 мл. Смесь оставляли стоять в течение 30-60 мин, после чего ее фильтровали. В коническую колбу на 200 мл брали пипеткой 25 мл 0,1 Н раствора пероксида водорода и добавляли туда же пипеткой 20 мл вытяжки фермента. Через 30 мин действие фермента прекращали прибавлением 5 мл 10%-ного раствора серной кислоты и титровали смесь 0,1 Н раствором перманганата калия (до образования устойчивого в течение примерно 1 мин розового окрашивания). Отмечали количество миллилитров раствора перманганата калия, пошедшего на титрование оставшегося пероксида водорода. Одновременно ставили контроль с инактивированным нагреванием в кипящей водяной бане в течение 5 мин ферментного раствора (20 мл). К этому раствору после охлаждения добавляли 25 мл 0,1 Н раствора пероксида водорода. Смесь оставляли стоять на 30 мин, после чего добавляли 5 мл 10%-ного раствора серной кислоты и титровали 0,1 Н раствором перманганата калия. Отмечали количество миллилитров перманганата калия, пошедшего на титрование всего количества пероксида водорода. По разности между опытным и контрольным титрованием находили количество перманганата, эквивалентное количеству разложенного ферментом пероксида водорода.

Расчет количества пероксида водорода, разложенного ферментом, вели в соответствии с уравнением реакции:



согласно которому 1 мл 0,1 Н раствора перманганата калия соответствует 1,7 мг пероксида водорода.

Пример расчета: из 1,25 г моркови приготовлена вытяжка каталазы объемом 100 мл.: на титрование опытной пробы затрачено 15,5 мл, контрольной – 30,2 мл 0,1 Н раствора перманганата калия. Количество разложенного пероксида водорода в пробе эквивалентно $(30,2 - 15,5) \cdot 1,7$ 14,7 мл 0,1 Н раствора перманганата калия и, следовательно, равно $(14,7 \cdot 1,7)$ 24,99 мг. В 1 г сырой моркови содержится количество каталазы, способное за 30 мин разложить $(\frac{24,99 \cdot 100}{20 \cdot 1,25})$ 99,96 мг пероксида водорода, а за 1 мин – $(99,96:30)$ 3,33 мг. Так как 1 мкмоль пероксида водорода составляет 0,034 мг, то в 1 г моркови присутствует $(3,33:0,034)$ 100 Е каталазы.

Результаты представлены в табл. 17 и на рис. 21.

Таблица 17

Результаты экспериментального определения каталазы в продуктах питания
(в пересчете на 1 г продукта)

Продукт	$V_{p-ра}(KMnO_4)$, мл		$m(H_2O_2)$, мг	Содержание каталазы, Е
	титрование			
	опытное	контрольно е		
яблоко	26,1	30,1	17,0	16,6
морковь	17,1	20,3	13,6	13,3
огурец	35,1	37,6	10,6	10,4
картофель	18,7	26,4	32,7	32,1
банан	21,2	21,5	1,3	1,2
томат	30,1	35,5	22,9	22,5
капуста	27,0	35,8	37,4	36,6
груша	20,3	25,1	20,4	20,0

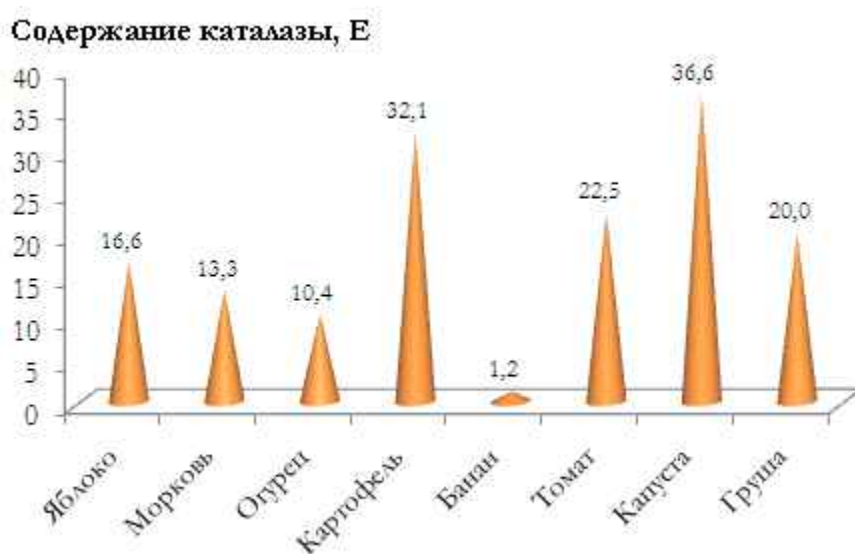


Рис. 21. Сравнительные данные по средним значениям содержания каталазы в различных продуктах питания

Вывод: наибольшее количество каталазы содержится в следующих продуктах питания: капусте, картофеле и томатах; а наименьшее количество – в бананах и огурцах.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОТБЕЛИВАТЕЛЕЙ И ПЯТНОВЫВОДИТЕЛЕЙ

Для экспериментальной части работы были взяты следующие образцы средств для выведения пятен: «Бос», «Био актив 5+», «Пятноль», «Персоль», «Vanish», «Аист», «Sarma», «Белизна», «Бархат», «Антипятин», «АСЕ» и 3% раствор пероксида водорода (см. ПРИЛОЖЕНИЕ 5).

Для всех исследованных образцов определяли растворимость в холодной водопроводной воде, качественный состав (по информации на упаковке), кислотность (щелочность) раствора средства, способность к пенообразованию, восстановительную способность средства (по титрованию с перманганатом калия), способность средств выводить пятна различной природы.

РАСТВОРИМОСТЬ В ХОЛОДНОЙ ВОДОПРОВОДНОЙ ВОДЕ

Для определения растворимости испытуемых образцов навеску массой ≈ 1 г (с точностью до 0,001) растворяли в дистиллированной воде, добавляя каждый раз по 0,5 мл. Затем тщательно перемешивали полученную смесь и определяли точный объем необходимой для растворения воды.

Результаты представлены в табл. 18.

Таблица 18

Результаты определения растворимости (S) средств для умягчения воды
при комнатной температуре (20°C)

Название средства	m(средства), г	m(H ₂ O), г	S ²⁰ , г/100 г воды
«АСЕ»	0,998	4,0	24,95
«Бос»	0,999	4,0	24,75
«Sarma»	0,996	5,0	19,92
«Vanish»	0,997	5,0	19,94
«Пятноль» (ж)	0,997	∞	∞
«Белизна»	0,998	8,0	12,48
«Бархат»	0,997	7,5	13,29
«Персоль»	0,995	12,5	7,96
«Антипятин»	0,998	15,0	6,65
«Био актив 5+»	0,999	8,5	11,75
«Аист»	0,997	2,5	39,88
Пероксид водорода	0,997	∞	∞

Вывод: *наибольшей растворимостью обладают пероксид водорода, средства «Пятноль», «АСЕ», «Бос», «Vanish», «Sarma»; хуже других растворяется в воде средство «Персоль».*

КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ

Для определения качественного состава исследуемых образцов использовали информацию на упаковке. Результаты представлены в табл. 19.

Таблица 19

Качественный состав исследуемых образцов

Название средства	Компоненты, входящие в состав средства																		
	Кислородсодержащий компонент	Оптический отбеливатель	ТАЭД	ПАВ	Сода	Ароматизатор	Энзимы	Отдушка	Фосфаты	Линалоол	Поликондбуксилаты	Фосфонаты	Силикаты	Изопропанол	Триэтаноламин	Вода	Наполнитель	Пероксикарбонат натрия	кислородаОтбеливатель на основе
«АСЕ»	+	+	–	+	+	+	+	–	+	+	+	–	–	–	–	–	–	–	–
«Бос»	+	–	+	+	–	–	–	–	+	–	+	+	+	–	–	–	–	–	–
«Sarma»	+	+	–	+	–	–	+	+	+	–	–	+	–	–	–	–	–	–	–
«Vanish»	+	–	–	+	–	–	+	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
«Пятноль» (ж)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
«Белизна»	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+	–	–
«Бархат»	+	+	–	–	–	–	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–	+	–	–
«Персоль»	+	+	–	–	–	–	–	+	–	–	–	–	–	+	+	+	+	+	–
«Антипятин»	+	+	+	+	+	+	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
«Био актив 5+»	–	+	–	+	–	+	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+	–	+
«Аист»	+	+	–	–	–	–	+	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Пероксид водорода	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Вывод: основными компонентами средств для выведения пятен являются кислородсодержащее вещество, оптический отбеливатель, ПАВ и энзимы.

КИСЛОТНОСТЬ (ЩЕЛОЧНОСТЬ) РАСТВОРА СРЕДСТВА

Для анализа готовили 3% раствор средства. Кислотность (щелочность) средств для выведения пятен определяли методом кислотно-основного титрования с использованием индикатора фенолфталеина. Титрование проводили раствором соляной кислоты с точной молярной концентрацией 0,2 моль/л или раствором гидроксида калия (0,2 моль/л).

Результаты исследования приведены в табл. 20.

Таблица 20

Результаты определения кислотности (щелочности) средств для выведения пятен

Название средства	Среда 3% раствора средства	$V_{p-ра} (HCl)$, мл	$V_{p-ра} (KOH)$, мл
«АСЕ»	щелочная	1,4	
«Бос»	щелочная	1,6	
«Sarma»	щелочная	2,4	
«Vanish»	щелочная	4,2	
«Пятноль» (ж)	кислотная		16,4
«Белизна»	щелочная	1,0	
«Бархат»	щелочная	3,0	
«Персоль»	щелочная	1,7	
«Антипятин»	щелочная	6,6	
«Био актив 5+»	щелочная	2,2	
«Аист»	щелочная	2,1	
Пероксид водорода	кислотная		19,5

Аномально высокая кислотность пероксида водорода, возможно, обусловлена примесями бензоата натрия, который намеренно добавляют в раствор пероксида водорода в качестве стабилизатора [23].

Вывод: наименьшей кислотностью (щелочностью) обладают средства «Белизна», «АСЕ», «Бос» и «Персоль»; хуже других проявили себя «Антипятин», «Пятноль» и раствор пероксида водорода.

СПОСОБНОСТЬ К ПЕНООБРАЗОВАНИЮ

Для изучения способности исследуемых средств к пенообразованию использовали 3% растворы. 15 мл раствора помещали в узкую стеклянную трубку, закрытую каучуковыми пробками и встряхивали на протяжении 2 минут. Далее с помощью сантиметровой линейки измеряли высоту столба пены в начальный момент и через каждые 40 секунд. Результаты представлены в табл. 21. и на рис. 22.

Таблица 21

Результаты изучения пенообразования 3% растворов исследуемых средств

Название средства	h (max), см	h через 40 с, см	h через 80 с, см	h через 120 с, см	h через 160 с, см	h через 200 с, см	Устойчивость пены, %
«АСЕ»	4,5	4,4	4,4	4,4	4,3	4,3	95,6
«Бос»	4,5	4,5	4,5	4,5	4,2	4,2	93,3
«Sarma»	5,1	5,0	5,0	4,6	4,5	4,5	88,2
«Vanish»	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	100,0
«Пятноль» (ж)	8,0	8,0	8,0	8,0	7,8	7,8	97,5
«Белизна»	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	100,0
«Бархат»	4,8	4,8	4,6	4,5	4,5	4,5	93,8
«Персоль»	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	100,0
«Антипятин»	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	100,0
«Био актив 5+»	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	100,0
«Аист»	4,6	4,5	4,4	4,4	4,2	4,0	87,0
Пероксид водорода	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

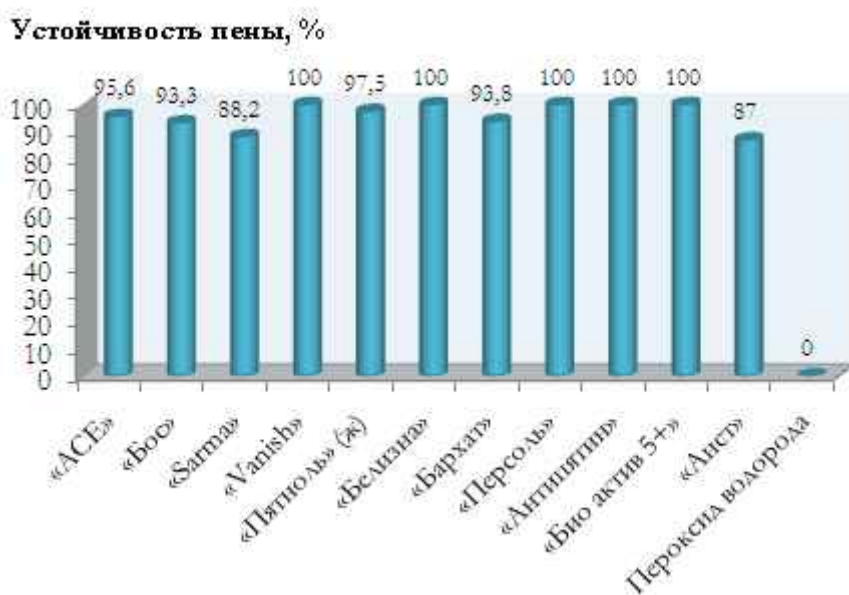


Рис. 22. Устойчивость пены исследуемых средств для выведения пятен

Вывод: наибольшую высоту пены образует средство «Пятноль», наименьшую – пероксид водорода; максимальная устойчивость пены у средств «Белизна», «Персоль», «Vanish», «Антипятин» и «Био актив 5+»; хуже других проявили себя пероксид водорода, «Sarma» и «Аист».

ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ СРЕДСТВА

Для определения восстановительной способности средств проводили окислительно-восстановительное титрование 3% растворов объемом 5 мл 0,1 моль(э)/л раствором перманганата калия по появления устойчивого характерного окрашивания.

Результаты приведены в табл. 22. и на рис. 23.

Таблица 22

Результаты изучения восстановительной способности 3% растворов исследуемых средств

Название средства	$V_{p-ра} (KMnO_4)$, мл
«АСЕ»	0,3
«Бос»	8,1
«Sarma»	5,1
«Vanish»	4,7
«Пятноль» (ж)	11,6
«Белизна»	2,5
«Бархат»	2,3
«Персоль»	5,4
«Антипятин»	4,6
«Био актив 5+»	8,1
«Аист»	5,1
Пероксид водорода	2,1

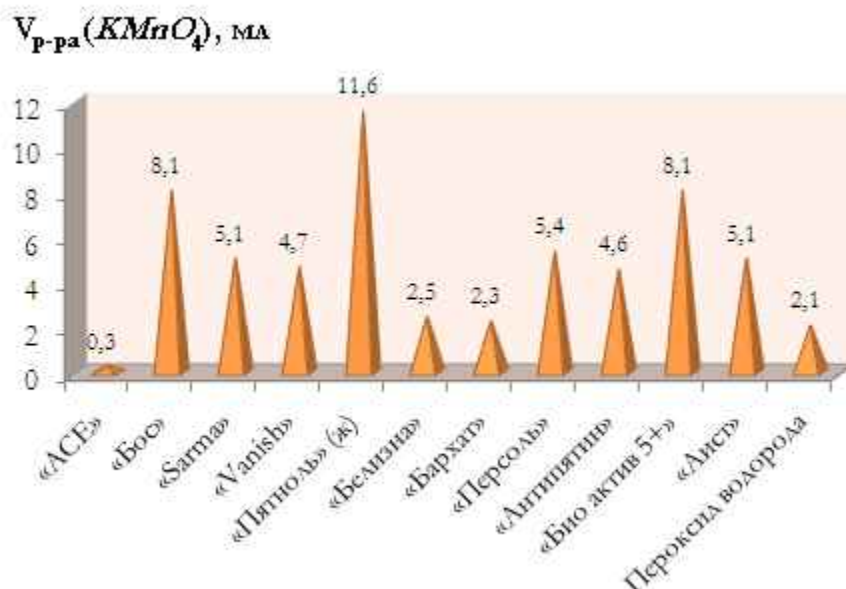


Рис. 23. Устойчивость пены исследуемых средств для выведения пятен

Вывод: наибольшую восстановительную способность по отношению к перманганату калия имеет средство «Пятноль», наименьшую – «АСЕ».

СПОСОБНОСТЬ СРЕДСТВ ВЫВОДИТЬ ПЯТНА РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ

Для проведения серии экспериментов подготовили (загрязнили) образцы ваты ($\approx 0,5$ г) различными загрязнителями (кровь, свекла, томатный сок, Coca-Cola, вишневый сок, подсолнечное масло, кофе, чай). Образцы высушивали до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре 60°C . Далее определяли точную массу образца ваты с загрязнителем (рис. 24), помещали его

в 3% раствор испытываемого средства, встряхивали (имитировали стирку в машине-автомате) на протяжении 10 минут. Полученные образцы после фильтрования помещали в сушильный шкаф, проводили высушивание при температуре 60⁰С до постоянной массы. Расчеты % удаления загрязнения рассчитывали по формуле (с учетом холостого опыта):

$$\Xi = \frac{m(\text{удал.загрязнения})}{m(\text{загрязнения})} \cdot 100\%$$

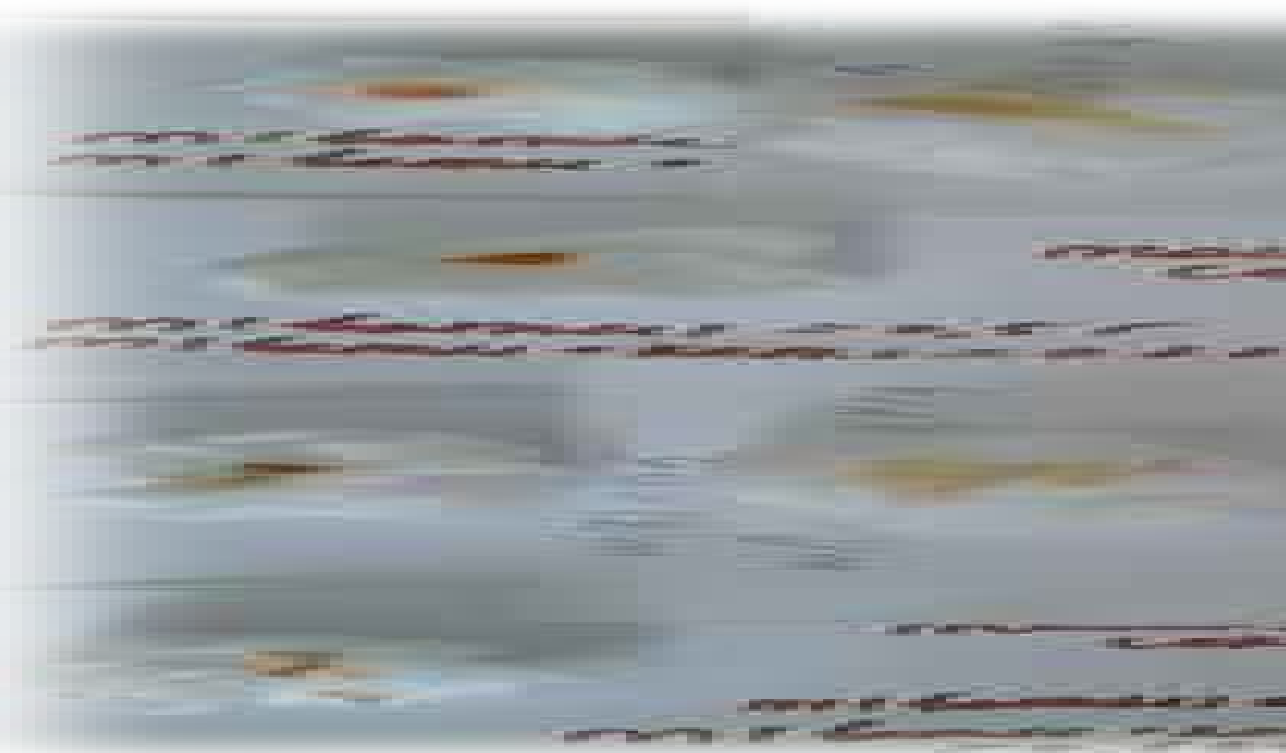


Рис. 24. Фотография загрязненных образцов

Результаты эксперимента представлены в табл. 23-30.

Таблица 23

Результаты определения эффективности средств по устранению загрязнения «Свекла»

Образец	m(загрязнения) (г)	m(удаления) (г)	Эффективность удаления, %
«Бос»	0,157	0,054	34,4
«Био актив 5+»	0,962	0,767	76,7
«Пятноль»	0,298	0,257	86,2
«Персоль»	0,360	0,329	91,4
«Vanish»	0,403	0,393	97,5
«Аист»	0,487	0,302	62,0
«Sarma»	0,720	0,709	98,5
«Белизна»	0,175	0,157	89,7
«Бархат»	0,452	0,435	96,2
«Антипятин»	0,301	0,108	35,9
«АСЕ»	0,226	0,214	94,7
H ₂ O ₂	0,596	0,573	96,1

Таблица 24

Результаты определения эффективности средств по устранению загрязнения «Coca-cola»

Образец	m(загрязнения) (г)	m(удаления) (г)	Эффективность удаления, %
«Бос»	0,444	0,391	88,1
«Био актив 5+»	0,357	0,286	80,1
«Пятноль»	0,516	0,413	80,0
«Персоль»	0,530	0,494	93,2
«Vanish»	0,213	0,169	79,3
«Аист»	0,229	0,033	14,4
«Sarma»	0,311	0,189	60,8
«Белизна»	0,310	0,279	90,0
«Бархат»	0,127	0,090	70,9
«Антипятин»	0,362	0,325	89,8
«АСЕ»	0,253	0,182	71,9
H_2O_2	0,273	0,250	91,6

Таблица 25

Результаты определения эффективности средств по устранению загрязнения «Вишневый сок»

Образец	m(загрязнения) (г)	m(удаления) (г)	Эффективность удаления, %
«Бос»	1,342	1,302	97,0
«Био актив 5+»	1,143	0,855	74,8
«Пятноль»	0,839	0,801	95,5
«Персоль»	1,100	1,091	99,2
«Vanish»	1,644	1,626	98,9
«Аист»	0,722	0,471	65,2
«Sarma»	1,161	1,085	93,5
«Белизна»	0,643	0,600	93,3
«Бархат»	0,673	0,632	93,9
«Антипятин»	1,494	1,480	99,1
«АСЕ»	1,809	1,806	99,8
H_2O_2	0,855	0,816	95,4

Таблица 26

Результаты определения эффективности средств по устранению загрязнения «Черный чай»

Образец	m(загрязнения) (г)	m(удаления) (г)	Эффективность удаления, %
«Бос»	0,248	0,144	58,1
«Био актив 5+»	0,340	0,311	91,5
«Пятноль»	0,243	0,224	92,2

«Персоль»	0,384	0,340	88,5
«Vanish»	0,238	0,107	45,0
«Аист»	0,200	0,087	43,5
«Sarma»	0,443	0,309	69,8
«Белизна»	0,244	0,027	11,1
«Бархат»	0,184	0,010	5,4
«Антипятин»	0,358	0,268	74,9
«АСЕ»	0,479	0,384	80,2
H_2O_2	0,303	0,100	33,0

Таблица 27

Результаты определения эффективности средств по устранению загрязнения «Томатный сок»

Образец	m(загрязнителя)(г)	m(устранения) (г)	Эффективность удаления, %
«АСЕ»	0,319	0,211	66,1
«Бос»	0,133	0,086	64,7
«Sarma»	0,310	0,163	52,6
«Vanish»	0,370	0,306	82,7
«Пятноль» (ж)	0,274	0,137	50,0
«Белизна»	0,323	0,122	37,8
«Бархат»	0,239	0,098	41,0
«Персоль»	0,244	0,143	58,6
«Антипятин»	0,214	0,077	36,0
«Био актив 5+»	0,199	0,116	58,3
«Аист»	0,191	0,142	74,3
H_2O_2	0,260	0,123	47,3

Таблица 28

Результаты определения эффективности средств по устранению загрязнения
«Подсолнечное масло»

Образец	m(загрязнителя)(г)	m(устранения) (г)	Эффективность удаления, %
«АСЕ»	0,303	0,030	9,9
«Бос»	0,174	0,127	73,0
«Sarma»	0,257	0,124	48,2
«Vanish»	0,247	0,116	47,0
«Пятноль» (ж)	0,283	0,080	28,3
«Белизна»	0,190	0,107	56,3
«Бархат»	0,195	0,148	75,9
«Персоль»	0,133	0,092	69,2
«Антипятин»	0,310	0,076	24,5
«Био актив 5+»	0,136	0,109	80,0
«Аист»	0,181	0,098	54,1
H_2O_2	0,178	0,081	45,5

Таблица 29

Результаты определения эффективности средств по устранению загрязнения
«Натуральный кофе»

Образец	m(загрязнителя)(г)	m(устранения) (г)	Эффективность удаления, %
«АСЕ»	0,375	0,108	28,8
«Бос»	0,356	0,355	99,71

«Sarma»	1,161	0,798	68,73
«Vanish»	0,389	0,235	60,41
«Пятноль» (ж)	0,313	0,179	57,18
«Белизна»	0,399	0,255	63,91
«Бархат»	0,444	0,113	25,45
«Персоль»	0,258	0,12	46,51
«Антипятин»	1,494	0,996	66,66
«Био актив 5+»	0,388	0,111	28,6
«Аист»	0,281	0,108	38,43
H_2O_2	0,855	0,482	56,37

Таблица 30

Результаты определения эффективности средств по устранению загрязнения «Кровь»

Образец	m(загрязнения) (г)	m(удаления) (г)	Эффективность удаления, %
«Бос»	0,243	0,106	43,6
«Био актив 5+»	0,284	0,150	52,8
«Пятноль»	0,280	0,169	60,4
«Персоль»	0,390	0,137	35,1
«Vanish»	0,264	0,221	83,7
«Аист»	0,456	0,088	19,3
«Sarma»	0,218	0,054	24,8
«Белизна»	0,138	0,104	75,4
«Бархат»	0,211	0,079	37,4
«Антипятин»	0,384	0,281	73,2
«АСЕ»	0,228	0,123	53,9
H_2O_2	0,196	0,144	73,5

31. Средние результаты эффективности удаления пятен средствами представлены в табл.

Таблица 31

Средние значения эффективности средств по выведению пятен

Образец	Средние значения эффективности удаления, %
«АСЕ»	63,2
«Бос»	60,2
«Sarma»	64,6
«Vanish»	74,3
«Пятноль» (ж)	68,7
«Белизна»	64,8
«Бархат»	55,7
«Персоль»	72,7
«Антипятин»	62,5
«Био актив 5+»	67,8
«Аист»	46,4
Пероксид водорода	67,3

Вывод: *наибольшей эффективностью по удалению загрязнений обладают средства «Vanish», «Персоль», «Пятноль»; наименьшую – «Бархат».*

РАСЧЕТ СТОИМОСТИ 100 ГРАММОВ СРЕДСТВА

Для проведения расчетов стоимости средств воспользовались информацией на упаковке (масса упаковки) и стоимостью за упаковку (по информации кассового чека). Результаты пересчета цены средств за 100 г приведены в табл. 32.

Таблица 32

Расчеты стоимости исследуемых средств

Название средства	m(средства), г	Стоимость, в руб. за упаковку	Цена (в рублях) за 100 г вещества
«ACE»	200	34,50	17,25
«Бос»	500	53,00	10,60
«Sarma»	600	69,00	11,50
«Vanish»	600	159,90	26,65
«Пятноль» (ж)	50	14,00	28,00
«Белизна»	100	5,90	5,90
«Бархат»	300	26,50	8,83
«Персоль»	200	15,00	7,50
«Антипятин»	300	52,00	17,33
«Био актив 5+»	300	53,00	10,60
«Аист»	200	30,00	15,00
H_2O_2	100	13,00	13,00

Вывод: *самыми дорогими средствами являются «Пятноль»(ж), «Vanish» ; минимальная стоимость у средств «Белизна», «Персоль».*

ОБОБЩЕНИЕ И АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Для проведения обобщения полученных результатов использовали систему присвоения баллов по следующей схеме: 1 результат – «+5» баллов; 2 результат – «+4» балла; 3 результат – «+3» балл; 4 результат – «+2» балла; 5 результат – «+1» балл; 6 результат – «0» баллов и т.п. Для близких значений условные баллы выставляли одинаковые. Результаты представлены в табл. 33.

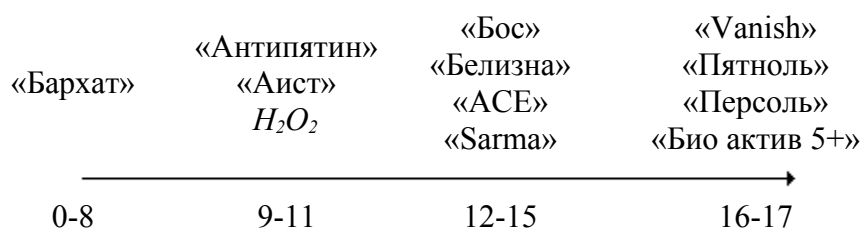
Таблица 33

Результаты исследования средств для удаления пятен (сводная таблица)

Название средства	S ²⁰ , г/100 г воды	Условный балл	Устойчивость пены, %	Условный балл	V раствора кислоты (щелочи), мл	Условный балл	Восстановительная способность, мл раствора перманганата калия	Условный балл	Эффективность, %	Условный балл	Сумма условных баллов
«ACE»	24,9 5	+3	95,6	+4	1,4	+4	0,3	0	63,2	+1	12
«Бос»	24,7 5	+3	93,3	+3	1,6	+4	8,1	+4	60,2	0	14
«Sarma»	19,9 2	+2	88,2	+2	2,4	+3	5,1	+3	64,6	+2	12
«Vanish»	19,9	+2	100,	+5	4,2	+2	4,7	+2	74,3	+5	16

	4		0								
«Пятноль» (ж)	∞	+5	97,5	+4	16,4	0	11,6	+5	68,7	+3	17
«Белизна»	12,4 8	+1	100, 0	+5	1,0	+5	2,5	+1	64,8	+2	14
«Бархат»	13,2 9	+1	93,8	+3	3,0	+2	2,3	+1	55,7	-1	6
«Персоль»	7,96	0	100, 0	+5	1,7	+4	5,4	+3	72,7	+4	16
«Антипятин»	6,65	0	100, 0	+5	6,6	+1	4,6	+2	62,5	+1	9
«Био актив 5+»	11,7 5	+1	100, 0	+5	2,2	+3	8,1	+4	67,8	+3	16
«Аист»	39,8 8	+4	87,0	+1	2,1	+3	5,1	+3	46,4	-2	9
H_2O_2	∞	+5	0,0	0	19,5	0	2,1	+1	67,3	+3	9

Рейтинг средств для выведения пятен различных производителей

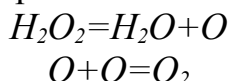


ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1. Результаты социологического опроса показали, что обучающиеся школы недостаточно информированы о влиянии пероксида водорода на организм человека; стараются использовать в домашнем обиходе (78%) средства для выведения пятен (например, «Vanish»).

2. Экспериментально определено среднее значение константы скорости реакции разложения пероксида водорода. Установлено, что исследуемая реакция первого порядка, то есть разложение проходит по схеме:



и описывается следующим уравнением скорости реакции

$$n = k \cdot C(H_2O_2).$$

3. Исследовано влияние концентрации раствора дихромата калия на скорость разложения пероксида водорода. Зависимость между скоростью реакции и концентрацией катализатора прямопропорциональна и определяется уравнением:

$$\bar{k} = 0,5 \cdot 10^{-3} + 23 \cdot 10^{-3} \cdot C_{K_2Cr_2O_7}$$

4. Изучена зависимость скорости реакции разложения пероксида водорода в присутствии постоянной концентрации (9%) дихромата калия от температуры. Получено уравнение Аррениуса для данной реакции:

$$k = 6944 \cdot e^{-\frac{56,6}{RT}}$$

5. Экспериментально показано, что использование $Cr_2O_7^{2-}$ ионов в качестве катализатора для изучаемой реакции уменьшает энергию активации в среднем на 19 кДж/моль.

6. Выявлено, что наибольшей ингибирующей способностью по отношению к 3% раствору пероксида водорода обладают 1% растворы глицерина, желатина и крахмала. Последние можно использовать в домашних условиях в качестве добавки к раствору пероксида водорода, чтобы замедлить скорость его самопроизвольного разложения.

7. Определено содержание фермента каталазы в продуктах растительного происхождения (наибольшее количество каталазы содержится в капусте, картофеле и томате; а наименьшее количество – в банане и огурце).

8. Проведен комплексный анализ 11 средств для выведения пятен различных производителей (и 3% раствора пероксида водорода) по таким физико-химическим показателям как качественный состав, растворимость, кислотность (щелочность), пенообразование, восстановительная способность, эффективность по устранению пятен различной природы. Установлено, что наиболее качественными являются средства «Vanish», «Пятноль», «Персоль» и «Био актив 5+». Подтверждено, что пероксид водорода можно использовать в качестве универсального средства по выведению пятен в домашних условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глинка Н.Л. Задачи и упражнения по общей химии: Учеб. пособие для вузов. – Л., 1988. – С.81.
2. Зайцев О.С. Исследовательский практикум по общей химии. – М., 1994. – С.140-148, 471-476.
3. Зайцев О.С. Неорганическая химия: Учебник для общеобразовательных учреждений с углубленным изучением предмета. – М., 1997. – С.212-217.
4. Зайцев О.С. Химия. Современный краткий курс. Учебное пособие. – М., 1997. – С.108-130.
5. Зоммер К. Аккумулятор знаний по химии. – М., 1977. – С.74.
6. Исаев Д.С. Об организации научно-исследовательской работы учащихся//Химия в школе. – 2002. – №10. – С.68-71.
7. Исаев Д.С. Практические работы исследовательского характера по неорганической химии. Тверь, 2001. – С.41-55.
8. Курс лекций по общей химии. – Л., 1989. – С.105.
9. Лидин Р.А., Молочко В.А., Андреева Л.Л. Химические свойства неорганических веществ/Под ред. Р.А. Лидина. – 5-е изд., стер. – М.: КолосС, 2006. – С. 211-212.
10. Некрасов Б.В. Основы общей химии. Т.1. – М., 1973. – С.151.
11. Общая биология: Учебник для 10-11 классов средней школы. – М., 1991.
12. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов. – М., 2000. – С.227-230.
13. Перекись водорода и перекисные соединения. – Л., 1951.
14. Полинг Л., Полинг П. Химия. – М., 1978. – С.195, 350.
15. Рэмсден Э.Н. Начало современной химии. – Л., 1989. – С. 340-341.
16. Спицын В.И., Мартыненко Л.И. Неорганическая химия. Ч.1. – М., 1991. – С.40.
17. Степин Б.Д., Цветков А.А. Неорганическая химия. – М., 1994. – С.563.
18. Суворов А.В., Никольский А.Б. Общая химия. Учебное пособие для вузов. – СПб., 1995. – С.306.
19. Физическая химия. Кн.2. Электрохимия. Химическая кинетика и катализ: Учеб. для вузов. – М., 1995. – С.239.
20. Фримантл М. Химия в действии. – М., 1998. Ч. 1. – С. 425-442; Ч. 2. С.243-244.
21. Химия и технология перекиси водорода. – Л., 1984. – С.19-25.
22. Шамб У., Сеттерфильд Ч., Вентворс Р. Перекись водорода. – М., 1958. – С.438.
23. Шкоденко Л., Павленко Д. Удивительная перекись водорода//Тез. докл. VIII Региональных Менделеевских чтений (Удомля, 16-17 марта 2012 г.) Тверь: ТвГУ, 2012. С.37-38.
24. Юдин А.М., Сучков В.Н., Коростелин Ю.А. Химия для вас. – М.: Химия, 1983. – С.114-119.
25. http://laundering.scud.ru/bleach_powdering/03/03.php
26. <http://portfolio.1september.ru/work.php?id=572731>

27. http://laundrying.scud.ru/bleach-wash_tissues.php

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 34

Методы удаления некоторых видов загрязнений в домашних условиях
без использования специальных средств

Вид загрязнения	Способ удаления пятна без использования специальных средств
Жирные и масляные пятна (со всех тканей, кроме – ацетатных)	<p>С изнанки подложить белую хлопчатобумажную ткань или сложенную в несколько раз фильтровальную бумагу, а затем протереть загрязненный участок круговыми движениями смоченным в бензине ватным тампоном.</p> <p>Применить смесь равных количеств ацетона и бензина (удаление этих пятен ускоряется при пропаривании).</p>
Свежие жирные и масляные пятна	<p>Прогладить ткань теплым утюгом (нагретым до 100 °С) через несколько слоев фильтровальной бумаги, положенной как с внутренней, так и с лицевой стороны ткани.</p> <p>Протереть загрязненный участок ткани ватным тампоном, смоченным теплым раствором смеси нашатырного спирта и любого универсального моющего средства (по одной чайной ложке на полстакана теплой воды), а затем прогладить горячим утюгом через чистую белую хлопчатобумажную ткань.</p> <p>Посыпать загрязненный участок порошком мела, который спустя 2-4 ч удалить встряхиванием или платяной щеткой.</p>
Старые жирные и масляные пятна на шерстяных вещах	<p>Смочить загрязненный участок бензином и, подождав 2-5 мин, прогладить горячим утюгом через несколько слоев фильтровальной бумаги.</p>
Жирные и масляные пятна с шелковой ткани	<p>Погрузить загрязненный участок на 5-10 мин в теплый раствор, состоящий из половины столовой ложки нашатырного спирта, столовой ложки глицерина и столовой ложки воды.</p>
Застарелые жирные пятна, пятна масляной краски и олифы	<p>Обрабатывают олеиновой кислотой и оставляют на 30-60 мин (в зависимости от степени загрязнения). Затем удаляют загрязнение шпателем и обрабатывают пятно органическим растворителем.</p>
Жирные пятна со страницы книги	<p>Присыпать загрязненный участок молотым мелом и прогладить его через белую бумагу горячим утюгом.</p> <p>Из молотого мела и бензина замешать кашицу, нанести ее на загрязненный участок, дать высохнуть, остатки мела удалить мягкой сухой тряпочкой.</p>
Плесень на книгах	<p>Просушить, а заплесневелые места протереть тряпкой, увлажненной 2%-ным раствором формалина.</p> <p>На загрязненный участок следует осторожно нанести с помощью ватного тампона пероксид водорода, проложить страницу листами плотной белой бумаги, выдержать в течение 10-15 мин. При необходимости операцию повторить 2-3 раза.</p>
Жирные пятна с воротничков верхней одежды	<p>Протереть ватным тампоном, смоченным раствором поваренной соли (половина чайной ложки) в нашатырном спирте (три столовые ложки).</p> <p>Протереть смесью, состоящей из 4 масс. ч. 2%-ного раствора аммиака и 1 масс. ч. поваренной соли, либо из 7 масс. ч. этилового спирта, 4 масс. ч. 2%-ного раствора аммиака и 1 масс. ч. бензина.</p>
Пятна от спиртовых и	Удаляют ватным тампоном, смоченным в этиловом спирте.

Вид загрязнения	Способ удаления пятна без использования специальных средств
Пятна танинного происхождения (чай, ягоды, вино)	<p>Замочить вещь в растворе, содержащем 1 масс. ч. щавелевой кислоты, 2 масс. ч. лимонной кислоты и 50 масс. ч. воды.</p> <p>Для всех тканей, кроме ацетатных, можно применить смесь равных массовых частей этилового спирта и винной кислоты и смесь этилового спирта (10 масс. ч.) и лимонной кислоты (2 масс. ч.).</p> <p>Протереть загрязненный участок ватным тампоном, смоченным в смеси нашатырного спирта (половина чайной ложки) и глицерина (две чайные ложки).</p>
Пятна от хны (краска для волос)	Удаляют, помещая загрязненный участок ткани на 20 мин в смесь равных объемов перекиси водорода ² , нашатырного спирта и воды.
Пятно от сургуча	Протереть ватным тампоном, смоченным смесью равных объемов этилового спирта и скипидара.
Пятна от сажи и копоти	Протереть их ватным тампоном, смоченным в скипидаре.
Следы от мух	Удаляют ватным тампоном, смоченным в нашатырном спирте.
Пятна стеарина и парафина	Прогладить загрязненный участок горячим утюгом через положенную с обеих сторон в несколько слоев фильтровальную бумагу.
Пятна мочи	Опустить загрязненный участок ткани на 1 ч в раствор уксуса (столовая ложка на полстакана воды).
Свежие чернильные пятна	<p>Простирать загрязненный участок ткани теплым парным молоком или простоквашей.</p> <p>Удаляют ватным тампоном, смоченным в смеси равных количеств глицерина и этилового спирта. Тампон необходимо менять несколько раз. Ткань затем промыть водой.</p>
Пятна от туши и гуашевых красок	Удалить с помощью холодной воды, в которую добавлено какое-нибудь моющее средство. Загрязненный участок вымачивают в холодном моющем растворе, а после высыхания чистят щеткой.
Пятна от ржавчины	<p>Применяют «кислую соль» – раствор кислого щавелевокислого калия, получаемый путем растворения в 1 л воды 126 г щавелевой кислоты и 69 г карбоната калия. Кислоту и поташ отдельно растворяют в 0,5 л воды, затем растворы осторожно смешивают. «Кислую соль» перед употреблением следует подогреть до 70 °С. После удаления пятен обработанные места тщательно промывают водой.</p> <p>Положить на загрязненный участок завернутый в марлю или промокательную бумагу кусочек лимона и прижать его горячим утюгом. Можно поступить и другим образом: погрузить загрязненный участок на 3-5 мин в раствор уксусной кислоты (две столовые ложки на стакан воды), подогретый до 80-90 °С. (Заметим, что кислоту нужно подогревать в прочной эмалированной посуде, не имеющей повреждений.) Затем ткань</p>

² Подробнее об использовании пероксида водорода для удаления пятен, в т.ч. белении тканей см. [27].

	промывают теплой водой, в которую добавлен нашатырный спирт – одна столовая ложка 10%-ного нашатырного спирта на 2 л воды.
--	--

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица 35

Значения водяного давления $p(H_2O)$ при различных температурах (t)

t, °C	$p(H_2O)$, мм рт.ст.
0	4,6
5	6,5
10	9,2
15	12,8
20	17,5
25	23,8
30	31,8
35	42,2
40	55,3
45	71,9

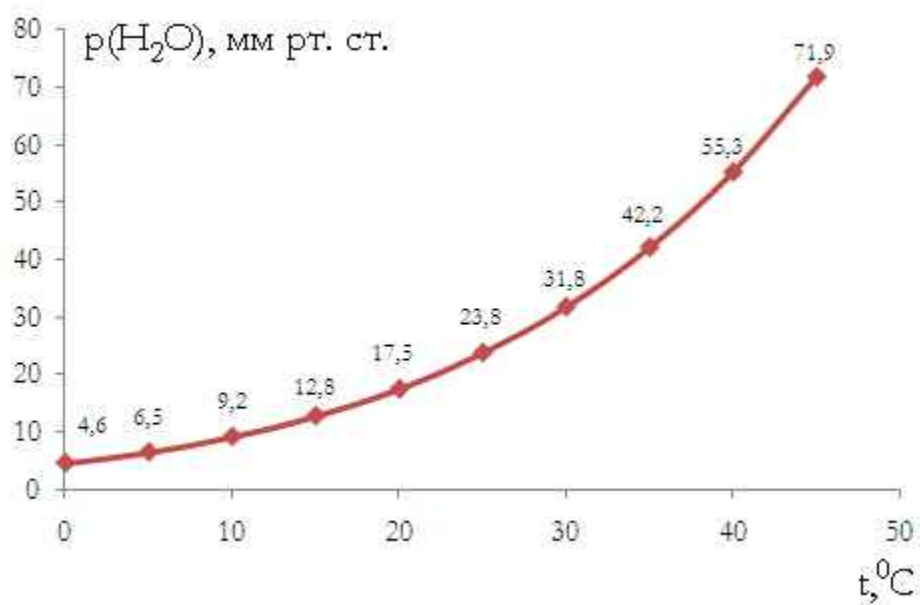


Рис.25. Графическое представление в зависимости давления водяного пара $p(\text{H}_2\text{O})$ от температуры (T)

Таблица 36

Критические значения Q-критерия

N	Q
3	0,94
4	0,76
5	0,64
6	0,56
7	0,51
8	0,47
9	0,44
10	0,41

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ЭТИКЕТКИ ОБРАЗЦОВ ИССЛЕДУЕМЫХ СРЕДСТВ

