

**ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»**
Министерство образования Пензенской области
ГАОУ ДПО «Институт регионального развития Пензенской области»
Управление образования города Пензы
МБОУ «Лицей современных технологий управления № 2» г. Пензы
МБОУ финансово-экономический лицей № 29 г. Пензы

**Портал поддержки Дистанционных Мультимедийных Интернет-Проектов
«ДМИП.рф»**

**VII открытый региональный конкурс
исследовательских и проектных работ школьников
«Высший пилотаж – Пенза» 2026**

Направление: химия

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КАТАЛИЗАТОРОВ
ПРИ РАЗЛОЖЕНИИ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА**

Выполнил:

Семин Иван Дмитриевич,
обучающийся 9 «Б» класса
МБОУ СОШ № 67 г. Пензы

Руководитель:

Малышева Настальгия Юрьевна,
учитель химии
МБОУ СОШ № 67 г. Пензы

Пенза, 2026

Оглавление

Введение.....	3
1. Теоретическая часть.....	4
1.1. Пероксид водорода. Физические свойства и строение молекулы	4
1.2. Способы получения пероксида водорода	4
1.3. Химические свойства пероксида водорода.....	5
1.4. Применение пероксида водорода.....	6
1.5. Катализаторы	6
2. Практическая часть	8
2.1. Оценка эффективности применения индивидуальных катализаторов при разложении пероксида водорода	8
2.2. Оценка эффективности применения смешанных катализаторов при разложении пероксида водорода.....	10
Заключение.....	12
Список литературы	14
Приложение 1. Практическая часть	15

Введение

Пероксид водорода, известный в быту, как перекись водорода, вещество с формулой H_2O_2 , является уникальным по своим свойствам веществом. Природный пероксид водорода образуется в атмосфере вследствие фотохимических реакций, а также присутствует в дождевой воде и живых организмах. Однако промышленно производимый продукт гораздо чище и концентрированнее. Пероксид водорода и его свойство образовывать кислород при разложении имеют широкое применение, что обусловило выбор темы исследования.

Цель работы: оценить эффективность индивидуальных и смешанных катализаторов в реакции разложения пероксида водорода при нормальных условиях и нагревании.

Задачи:

1. Изучить теоретический материал по данной теме;
2. Осуществить подбор катализаторов из наличия в школьной лаборатории;
3. Провести экспериментальную часть по разложению пероксида водорода;
4. Сделать выводы об эффективности индивидуальных и смешанных катализаторов на основании объема выделившегося кислорода.

Актуальность работы заключается в том, что уникальные свойства пероксида водорода позволяют использовать его в различных отраслях промышленности, так как он не образует вредных остатков, однако его нестабильность и высокая химическая активность требуют наличия эффективных катализаторов для управления скоростью реакции разложения.

Проблема: поиск оптимального решения для увеличения объема кислорода в реакции разложения пероксида водорода, необходимого для широкого спектра промышленных и лабораторных применений.

Гипотеза: смешанные катализаторы и при нормальных условиях и при нагревании позволяют увеличить объем выделившегося кислорода в ходе реакции разложения пероксида водорода.

Новизна: в различных источниках дана информация о катализаторах, ускоряющих химическую реакцию разложения пероксида водорода. Но отсутствует сравнительная характеристика и не изучено влияние твердых смешанных катализаторов.

Объект исследования: пероксид водорода, катализаторы.

Предмет: эффективность катализаторов в реакции разложения пероксида водорода.

Практическая значимость: погружение в данную тему позволяет более качественно проработать вопросы, связанные с окислительно-восстановительными процессами. С точки зрения промышленности, применение оптимальных катализаторов ускоряет процесс разложения H_2O_2 , снижая потребность в больших количествах реагента и делая данный процесс более эффективным и экономичным.

Методы исследования:

- Анализ литературных источников;
- Теоретическое моделирование процессов;
- Наблюдение;
- Сравнение;
- Обобщение;
- Эксперимент.

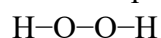
1. Теоретическая часть

1.1. Пероксид водорода. Физические свойства и строение молекулы

При нормальных условиях раствор пероксида водорода представляет собой прозрачную, чуть голубоватую (в концентрированном виде) жидкость без цвета и запаха, хорошо растворимую в воде, спирте и эфире. Температура кипения чистого вещества составляет около 150°C. Однако, нагревание концентрированного раствора H_2O_2 опасно, поскольку он способен разлагаться на воду и кислород, и при этом выделяется большое количество энергии, что приводит к взрыву. Плотность растворов зависит от концентрации, чистый пероксид имеет плотность примерно 1,45 г/см³.

Молекула пероксида водорода состоит из двух атомов кислорода и двух атомов водорода. Её структура отличается от структуры воды (H_2O) наличием дополнительной связи между двумя атомами кислорода ($-\text{O}-\text{O}-$), которая называется перекисной группой [7].

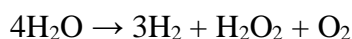
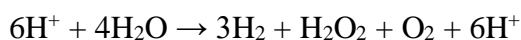
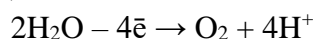
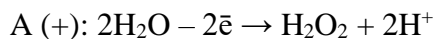
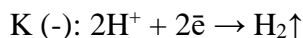
Структура молекулы выглядит следующим образом:



Молекула H_2O_2 имеет угловое строение, аналогичное воде, но с немного меньшим углом из-за влияния дополнительных электронных пар на геометрию молекулы.

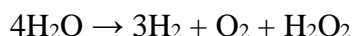
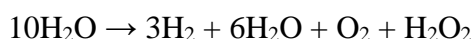
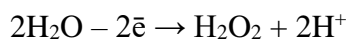
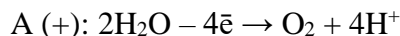
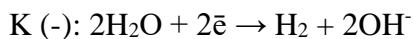
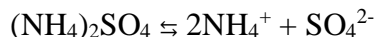
1.2. Способы получения пероксида водорода

Электрохимический метод получения пероксида водорода заключается в электролизе водного раствора серной кислоты:



На катоде будет происходить восстановление катионов водорода H^+ , а на аноде окисление молекул воды, поскольку сульфат-ион является кислородсодержащим кислотным остатком.

Также пероксид водорода может образовываться при электролизе водного раствора сульфата аммония:

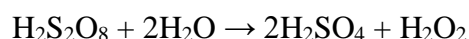


При электролизе на катоде происходит восстановление воды, а на аноде возможны два процесса: полное или неполное окисление. Как раз в случае неполного окисления воды (когда кислород переходит из степени окисления -2 в -1, а не 0) и образуется H_2O_2 .

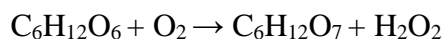
Электрохимический синтез позволяет получать пероксид водорода непосредственно в водном растворе [5].

Метод экологичен и перспективен для малых производств, а более широких промышленных масштабах пероксид водорода получают с применением антрахинона – антрахинон вступает реакцию с водородом в присутствии палладиевого катализатора для получения антрагидрохинона, далее антрагидрохинон окисляется кислородом в антрахинон с одновременным образованием пероксида водорода. Подробнее данные реакции не рассматриваются в нашей работе, поскольку являются методами, применяемыми в органическом синтезе.

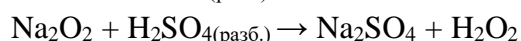
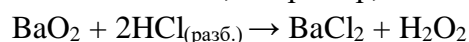
Гидролиз раствора пероксодисерной кислоты – еще один способ получения пероксида водорода. Пероксодисерная кислота переводится в пероксид водорода и серную кислоту при нагревании исходного раствора до температуры кипения, образовавшийся готовый продукт отгоняют.



H_2O_2 также получают путём ферментативного окисления сахаров или аминокислот. Например, глюкоза окисляется ферментом глюкозооксидазой до глюконовой кислоты с образованием H_2O_2 :



В лаборатории пероксид водорода получают, действуя на холоде разбавленными кислотами на пероксиды металлов, например, BaO_2 или Na_2O_2 [6].

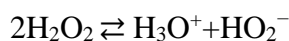
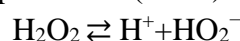


1.3. Химические свойства пероксида водорода

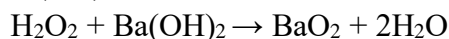
Химические свойства пероксида водорода (H_2O_2) определяются структурой его молекулы, содержащей две группы $-\text{OH}$, соединённые перекисной связью ($-\text{O}-\text{O}-$).

Пероксид водорода проявляет слабо выраженные кислотные свойства, а также вступает в окислительно-восстановительные реакции. В окислительно-восстановительных реакциях кислород, имея промежуточную степень окисления -1 , может либо понижать её до -2 , играя роль окислителя, либо повышать до 0 , выступая восстановителем [7].

1. Раствор пероксида водорода имеет кислую реакцию среды, что объясняется образованием ионов водорода H^+ (или гидроксония (H_3O^+)):



Пероксид водорода – очень слабая кислота. Но как кислота H_2O_2 может реагировать с некоторыми щелочами (например, $\text{Ba}(\text{OH})_2$):

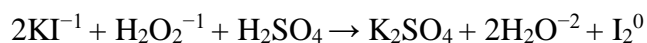


2. При хранении на свету H_2O_2 разлагается на кислород и воду:



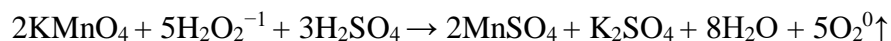
Пероксид водорода и его растворы хранят в тёмной посуде, а для стабилизации добавляют ингибиторы.

3. В реакциях с восстановителями (например, KI) кислород в пероксиде понижает степень окисления:



Серная кислота в данном случае создает более кислую среду раствора.

4. В реакциях с сильными окислителями (например, KMnO_4) кислород в перексиде водорода повышает степень окисления:



1.4. Применение пероксида водорода

Пероксид водорода находит широкое применение в различных областях благодаря своим уникальным свойствам. Вот основные сферы использования:

- *Медицинская практика:*

Как антисептик используется для обработки ран, царапин благодаря бактерицидному действию. Как отбеливатель зубов, входит в состав многих зубных паст и ополаскивателей для осветления эмали. Также пероксид водорода применяют для стерилизации медицинских приборов и поверхностей.

- *Химическая промышленность:*

Производство органических соединений: участвует в процессах синтеза красителей, лекарственных препаратов и синтетических волокон. Как сырье для производства пластмасс: применяется в получении полиуретанов [1].

- *Бытовая химия:*

Средства бытовой очистки: включается в составы моющих и отбеливающих средств для удаления пятен и загрязнений. Также пероксид водорода применяют для окрашивания волос и осветления ткани.

- *Экология и охрана окружающей среды:*

Очистка сточных вод: способствует удалению вредных примесей из отходов производства. В водоподготовке используется для обеззараживания питьевой воды и водоемов.

- *Косметология и эстетическая медицина:*

Косметические процедуры: служит компонентом масок, кремов и лосьонов для ухода за кожей лица и тела, помогает осветлять участки кожи с повышенной пигментацией.

- *Агротехника и сельское хозяйство:*

Протравливание семян: улучшает всхожесть и устойчивость растений к болезням. Также пероксид водорода применяют для профилактики болезней растений [7].

- *Энергетика и ракетостроение:*

Топливо и реактивы: может использоваться как компонент топлива в ракетных двигателях и системах подачи газа.

Применение пероксида водорода настолько обширно, что охватывает практически все отрасли жизнедеятельности человека. Его безопасность и эффективность сделали его незаменимым веществом в современной науке и технике.

Таким образом, исследование перекиси водорода способствует развитию медицины, химии, экологии и косметологии, обеспечивая безопасность и эффективность использования этого вещества в различных областях.

1.5. Катализаторы

Катализаторы – это вещества, ускоряющие скорость химических реакций, не расходуясь сами в процессе реакции. Они помогают снизить энергию активации, необходимую для начала реакции, тем самым делая её более эффективной и быстрой.

Катализаторы играют ключевую роль во многих сферах. Например, нефтеперегонные заводы используют катализаторы для повышения качества бензина и дизельного топлива.

В фармацевтике многие лекарства производятся с использованием катализаторов для ускорения нужных химических реакций. В пищевой промышленности, например, производство маргарина основано на реакции гидрогенизации растительных масел, которую ускоряет никелевый катализатор.

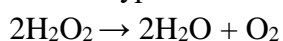
Правильно подобранный катализатор существенно влияет на производительность и стоимость производственных процессов. Иногда незначительное изменение состава катализатора может увеличить эффективность на десятки процентов.

Существует два типа катализаторов: гомогенные (однородные) и гетерогенные [1].

Однородные катализаторы находятся в той же фазе, что и реагирующие вещества (например, жидкий катализатор и жидкости-реагенты).

Гетерогенные катализаторы расположены в разных фазах относительно реагентов (например, твёрдый катализатор и жидкие реагенты).

Пероксид водорода (H_2O_2) способен разлагаться на воду и кислород в присутствии ряда катализаторов. Разложение идет в соответствии с уравнением реакции [7]:



К основным катализаторам, которые используются для разложения пероксида водорода, относят металлические (Zn, Ag, Pt, Au, Ni и Cu и их сплавы), диоксид марганца MnO_2 [7], железная окалина (магнетит) Fe_3O_4 , катализаторы на основе нитрида бора BN, диоксид титана TiO_2 , оксид цинка ZnO [3], органические катализаторы (каталаза, белковые комплексы). Также для разложения пероксида водорода используют гептагидрат сульфата никеля (II) [8], для создания щелочной среды и ускорения реакции разложения применяют гидроксид калия [9], сульфат марганца (II) [2], тригидрат ацетата свинца (II) [4].

Выбор подходящего катализатора зависит от условий реакции, наличия побочных эффектов и стоимости материала. Например, железосодержащие катализаторы дешевы, но чувствительны к изменению pH среды. Оксиды металлов эффективны, но могут терять активность при длительном использовании (вероятнее всего, из-за появления на поверхности оксидной пленки) [3].

2. Практическая часть

2.1. Оценка эффективности применения индивидуальных катализаторов при разложении пероксида водорода

Для оценки эффективности различных катализаторов для реакции разложения пероксида водорода был осуществлен подбор следующих катализаторов: диоксид марганца, гептагидрат сульфата никеля (II), оксид железа (III), тригидрат ацетата свинца (II) (приложение 1, рис. 1).

Выбор осуществлялся на основании наличия необходимых веществ в химической лаборатории МБОУ СОШ №67 г. Пензы.

Для выполнения эксперимента мы взяли по 3 мл 3% пероксида водорода, и добавляли одинаковое количество различных катализаторов – по 0,8 грамма (приложение 1, рис. 2-5).

Каждую реакцию для точности результатов эксперимента проводили по 3 раза, чтобы уменьшить влияние случайных ошибок на окончательный результат.

Результаты оформлены в виде таблицы, где указан объем выделившегося кислорода, который рассчитывали по формуле: $V(O_2) = M_{\text{кон}}(H_2O) - M_{\text{нач}}(H_2O)$, где $M_{\text{кон}}(H_2O)$ – уровень воды в мерном цилиндре после выделения кислорода, $M_{\text{нач}}(H_2O)$ – уровень воды в мерном цилиндре перед началом эксперимента.

Для проведения практической части использовалось следующее оборудование и реактивы:

- Прибор для проведения химических реакций
- Мерная пробирка
- Мерный цилиндр
- Кристаллизатор
- Химический шпатель (ложка)
- Спиртовка, спички.
- MnO_2 , Fe_2O_3 , $(CH_3COO)_2Pb \cdot 3H_2O$, $NiSO_4 \cdot 7H_2O$, H_2O_2 .

Ход эксперимента:

Подготовили прибор для проведения химических реакций: прилили 3 мл раствора H_2O_2 в бюретку, добавили 0,8 г катализатора в реакционную колбу. Погрузили конец трубки в воду в мерном цилиндре таким образом, чтобы кислород в ходе протекания реакции попадал внутрь нее, вытесняя воду (приложение 1, рис. 6). После герметизации аппарата повернули кран и наблюдали протекание химической реакции. Аналогичным образом проводили все опыты, предварительно очищая аппарат. Результаты представлены в таблице 1:

Таблица 1. Результаты эксперимента с индивидуальными катализаторами

№ опыта	Катализатор	Уровень воды до начала эксперимента (метка)	Уровень воды после окончания эксперимента (метка)	Объем выделившегося кислорода (мл)
1.	MnO_2 (при н.у.)	1	54	53
2.	MnO_2 (при нагревании)	1	85	84
3.	$NiSO_4 \cdot 7H_2O$ (только при нагревании)	1	6	5
4.	Fe_2O_3 (только при нагревании)	1	4	3
5.	$(CH_3COO)_2Pb \cdot 3H_2O$ (при н.у.)	1	15	14
6.	$(CH_3COO)_2Pb \cdot 3H_2O$ (при нагревании)	1	14	15

Выводы: разложение пероксида водорода с диоксидом марганца при нагревании протекало наиболее активно. Без нагревания кислорода выделилось на 31 мл меньше.

Второй по эффективности катализатор – тригидрат ацетата свинца (II), причем и при н.у. и при нагревании объем выделившегося кислорода был примерно одинаковым.

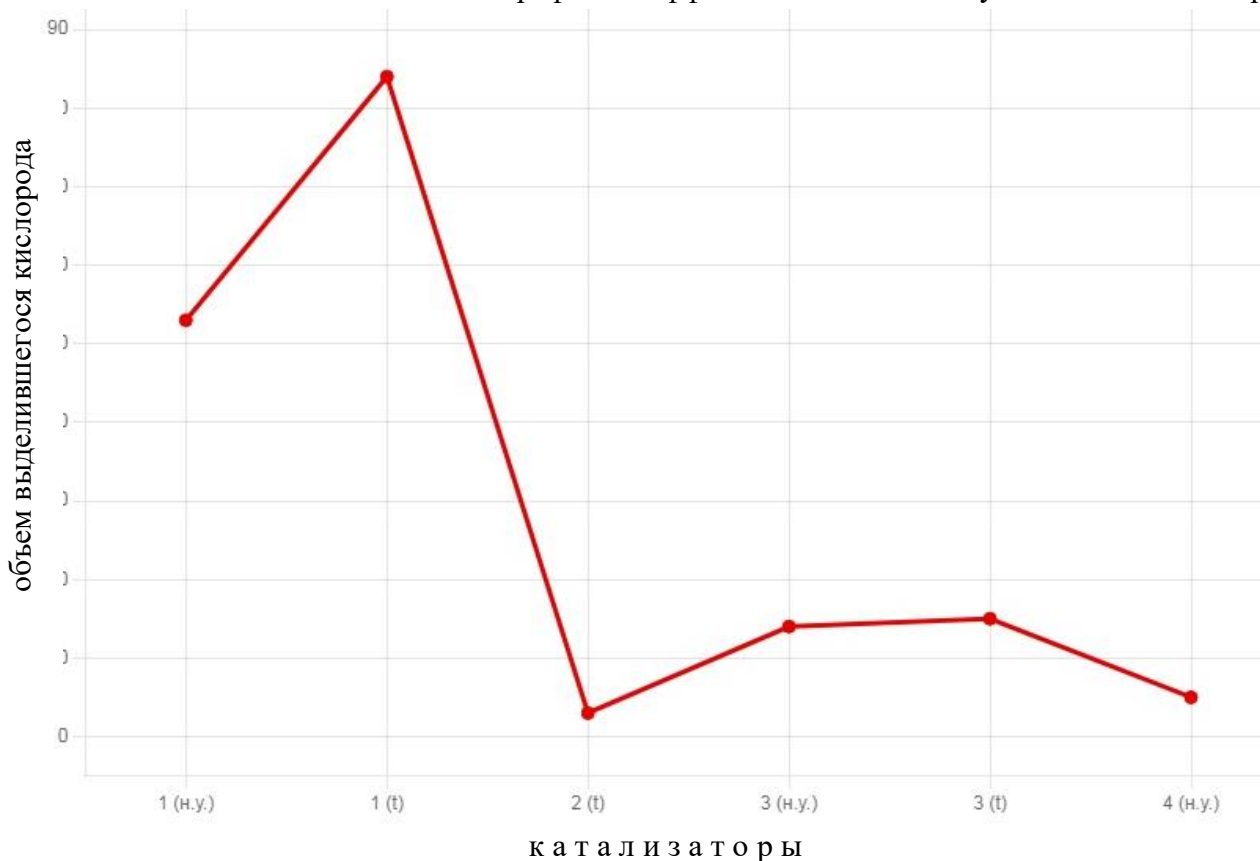
Разложение H_2O_2 с использованием гептагидрата сульфата никеля (II) и оксида железа (III) при нормальных условиях не протекало, либо выделение кислорода было минимальным, что не позволяло воде изменить свой уровень в мерном цилиндре (весь кислород остался в реакционной колбе). Для оценки эффективности катализаторов мы нагрели реакционную смесь и через небольшое время (порядка 5 секунд) наблюдали более активное выделение кислорода и смещение воды в мерном цилиндре. При этом смещение воды в случае гептагидрата сульфата никеля (II) было больше на 2 мл.

При проведении повторных опытов, количество выделившегося кислорода не изменялось или изменялось незначительно (менее 1-2 мл), поэтому в таблице представлены результаты для одного эксперимента.

Таким образом, наиболее эффективным катализатором оказался диоксид марганца (при нагревании), наименее эффективным – оксид железа (III). Для наглядности построен график 1, где представлена зависимость объема выделившегося кислорода от катализатора, где:

- 1 - MnO_2 ,
- 2 – Fe_2O_3 ,
- 3 – $(CH_3COO)_2Pb \cdot 3H_2O$,
- 4 – $NiSO_4 \cdot 7H_2O$.

График 1. Эффективность индивидуальных катализаторов



2.2. Оценка эффективности применения смешанных катализаторов при разложении пероксида водорода

Далее мы проверили, какое количество кислорода будет выделяться при использовании смешанных катализаторов. Для проведения эксперимента брали по 0,8 г каждого катализатора (суммарно получалось 1,6 г) (приложение 1, рис. 6-12) и увеличили количество пероксида водорода до 6 мл для чистоты эксперимента, поскольку в предыдущем случае на 0,8 г одного катализатора мы брали 3 мл пероксида. Результаты эксперимента представлены в таблице 2:

Таблица 2. Результаты эксперимента со смешанными катализаторами

№ опыта	Катализатор	Уровень воды до начала эксперимента (метка)	Уровень воды после окончания эксперимента (метка)	Объем кислорода (мл)
1.	MnO ₂ + NiSO ₄ *7H ₂ O (при н.у.)	1	71	70
	MnO ₂ + NiSO ₄ *7H ₂ O (при нагревании)	1	103	102
2.	MnO ₂ + Fe ₂ O ₃ (при н.у.)	1	61	60
	MnO ₂ + Fe ₂ O ₃ (при нагревании)	1	87	86
3.	MnO ₂ + (CH ₃ COO) ₂ Pb*3H ₂ O (при н.у.)	1	85	84
	MnO ₂ + (CH ₃ COO) ₂ Pb*3H ₂ O (при нагревании)	1	111	110
4.	NiSO ₄ *7H ₂ O + Fe ₂ O ₃ (только при нагревании)	1	23	22
5.	NiSO ₄ *7H ₂ O + (CH ₃ COO) ₂ Pb*3H ₂ O (при н.у.)	1	15	14
	NiSO ₄ *7H ₂ O + (CH ₃ COO) ₂ Pb*3H ₂ O (при нагревании)	1	49	48
6.	Fe ₂ O ₃ + (CH ₃ COO) ₂ Pb*3H ₂ O (при н.у.)	1	15	14
	Fe ₂ O ₃ + (CH ₃ COO) ₂ Pb*3H ₂ O (при нагревании)	1	19	18

Выводы: смешанный катализатор MnO₂ + NiSO₄*7H₂O при нагревании дал выделение 102 мл кислорода. При этом в предыдущем эксперименте при использовании только диоксида марганца при нагревании выделилось 84 мл кислорода, а при использовании гептагидрата сульфата никеля (II) выделилось 5 мл кислорода. Данные эксперименты подтверждают нашу гипотезу, что при использовании смешанного катализатора выделится больший объем кислорода.

При использовании смешанного катализатора MnO₂ + Fe₂O₃ при нагревании выделилось 86 мл кислорода, а по отдельности при нагревании индивидуальные катализаторы суммарно давали 87 мл, то есть данные катализаторы практически не усилили действие друг друга. Таким образом, при нагревании, ожидаемого увеличения объема выделившегося кислорода не наблюдалось, но при этом объем и не уменьшился. При н.у. смешанный катализатор дал выделение 60 мл кислорода. Суммарная эффективность индивидуальных катализаторов будет равна 53 мл, то есть объему кислорода, выделившегося с помощью MnO₂, так как без

нагревания реакция с оксидом железа (III) не шла. Это говорит о небольшом, но всё же усилении действия смешанного катализатора при н.у., что вновь подтверждает нашу гипотезу.

При использовании смешанного катализатора $\text{MnO}_2 + (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ при н.у. выделилось 84 мл кислорода. При использовании катализаторов по отдельности выделилось 67 мл кислорода. При нагревании смешанный катализатор дал выделение 110 мл кислорода, а по отдельности диоксид марганца и тригидрат ацетата свинца (II) суммарно давали 99 мл кислорода.

При использовании смешанного катализатора $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ при н.у. реакция не пошла. Таким образом, совместное использование $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и Fe_2O_3 при н.у. не дало желаемого результата увеличения выделения объема кислорода. Но это подтверждает результаты предыдущих опытов по использованию индивидуальных катализаторов без нагревания, когда реакция так же не протекала. При нагревании смешанный катализатор дал выделение 22 мл кислорода, а по отдельности катализаторы суммарно давали выделение 8 мл.

При использовании смешанного катализатора $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} + (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ при н.у. выделилось 14 мл кислорода. При использовании индивидуальных катализаторов также выделилось 14 мл. Соответственно, при нормальных условиях выделение кислорода происходило только за счет наличия в смеси катализаторов тригидрата ацетата свинца (II), так как сульфат никеля (II) при н.у. не сработал. Таким образом, совместное использование $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ при н.у. не дало желаемого результата увеличения выделения объема O_2 . Но это подтверждает результаты предыдущих опытов по использованию индивидуальных катализаторов без нагревания. При нагревании и использовании смешанного катализатора выделилось 48 мл кислорода, а при использовании индивидуальных катализаторов по отдельности суммарно выделилось 20 мл, что вновь подтверждает нашу гипотезу.

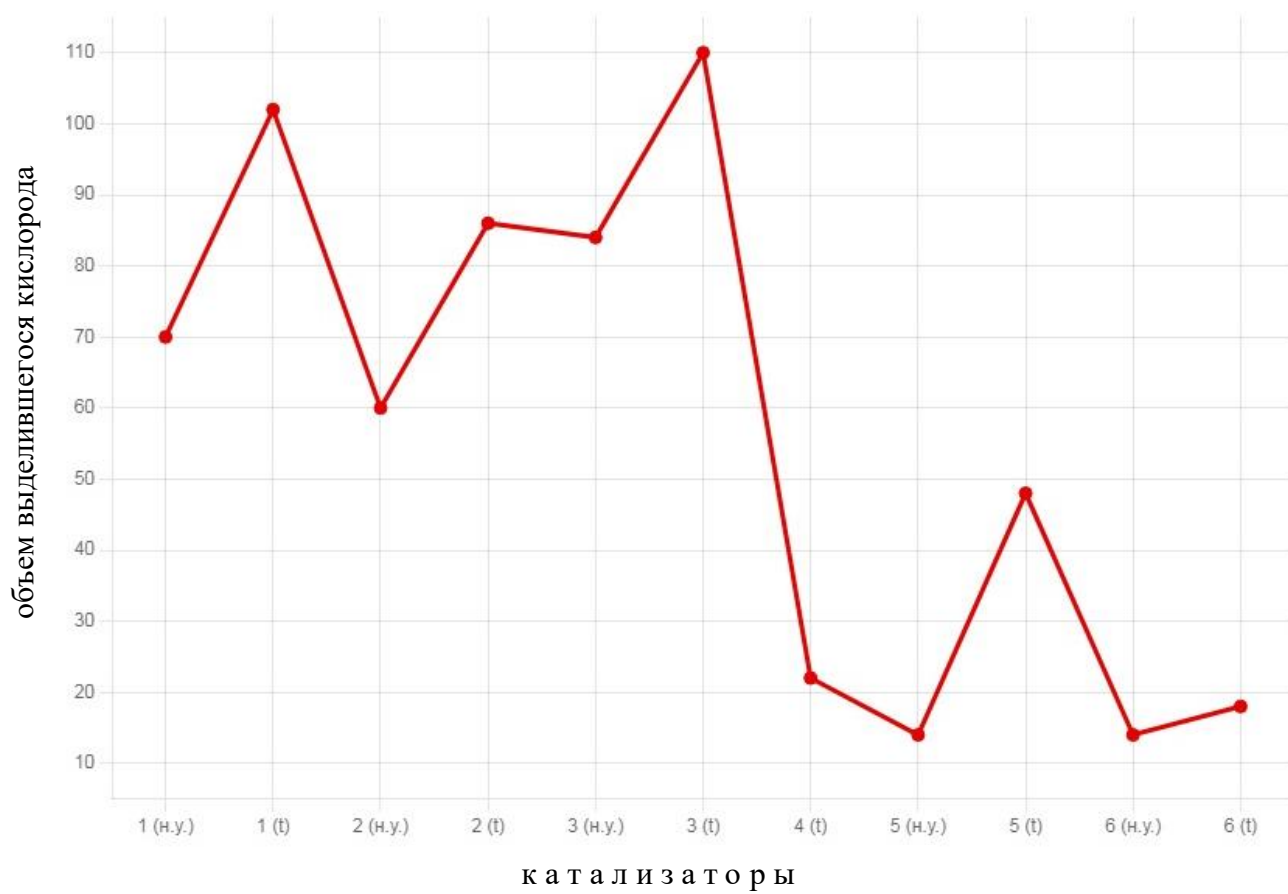
При использовании смешанного катализатора $\text{Fe}_2\text{O}_3 + (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ при н.у. выделилось 14 мл кислорода, а по отдельности, при н.у., данные катализаторы давали выделение 14 мл (то есть только за счет $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, так как оксид железа (III) при н.у. не давал реакцию). Данные результаты подтверждают результаты предыдущих опытов. При нагревании смешанный катализатор дал выделение 18 мл кислорода, без нагревания катализаторы по отдельности суммарно тоже давали выделение 18 мл кислорода. Таким образом, данные катализаторы не усиливают и не уменьшают действие друг друга в реакции разложения пероксида водорода.

При проведении повторных опытов, количество выделившегося кислорода не изменялось или изменялось незначительно (менее 1-2 мл), поэтому в таблице представлены результаты для одного эксперимента.

Для наглядности построен график 2, где представлена зависимость объема выделившегося кислорода от катализаторов, где:

- 1 – $\text{MnO}_2 + \text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$;
- 2 – $\text{MnO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3$;
- 3 – $\text{MnO}_2 + (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$;
- 4 – $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} + \text{Fe}_2\text{O}_3$;
- 5 – $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} + (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$;
- 6 – $\text{Fe}_2\text{O}_3 + (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

График 2. Эффективность смешанных катализаторов



Заключение

Нами был изучен теоретический материал по пероксиду водорода и его соединениям, катализаторам. В процессе исследования мы достигли поставленной цели, выполнили задачи и подтвердили гипотезу: использование смешанных катализаторов позволяет увеличить объем кислорода в ходе реакции разложения пероксида водорода. Мы исследовали эффективность катализаторов как при нормальных условиях, так и при нагревании, поскольку некоторые из веществ ($\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, Fe_2O_3) не давали видимого результата при н.у. Для чистоты эксперимента все опыты проводились в тройной повторности, и результаты изменялись незначительно (1-2 мл), поэтому в таблицах представлены результаты для одного эксперимента.

Наиболее эффективно из смешанных катализаторов проявил себя MnO_2 и $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ при нагревании, так как при его использовании выделилось 110 мл кислорода. При этом использование данных катализаторов по отдельности давало меньший объем выделившегося кислорода.

Наименее эффективным из смешанных оказался $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} + \text{Fe}_2\text{O}_3$, который давал выделение 22 мл кислорода. По отдельности данные катализаторы так же давали наименьший суммарный объем выделившегося кислорода.

Использование полученных данных может способствовать разработке способов получения кислорода из пероксида водорода, так как применение оптимальных катализаторов ускоряет процесс разложения H_2O_2 , делая данный процесс более эффективным и экономичным. При этом катализаторы снижают потребность в больших количествах реагентов, что говорит о реальной практической значимости данного исследования.

Список литературы

1. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. Учеб. Для вузов. – 4-е изд., испр. – М.: Высшая школа, изд. центр «Академия», 2001. – 743 с.
2. Бойцова Т.Б. Практикум по неорганическому синтезу: учебное. – Санкт-Петербург: РГПУ им. Герцена, 2020. – 188 с.
3. Камбарова Г.Б., Ли С.П., Худайбергенова Э.М., Жоробекова Ш.Ж. Разложение пероксида водорода // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2025. № 7.
4. Каталитическое разложение пероксида водорода. [Электронный ресурс]. URL: <https://forum.xumuk.ru/topic/72559-каталитическое-разложение-перекиси-водорода/page/2/> (дата обращения: 22.10.2025).
5. Козлова Л.С. Электрохимический синтез раствора пероксида. РХТУ им Д.И. Менделеева. М.: 2015 – 98 с.
6. Коровин Н.В., Камышева В.К., Харис В.К. Практикум по общей химии. Учебное пособие. – М.: КНОРУС, 2015. — 336 с.
7. Кузьменко Н.Е., Еремин, В.В., Попков В.А. Начала химии. Современный курс для поступающих в вузы. – М.: Издательство «Экзамен», 2007. – 831 с.
8. Морозов А. Р., Родионов А. И., Каменчук И. Н. Разложение пероксида водорода в воде // «Успехи в химии и химической технологии». 2014. № 5
9. Хуснутдинова Г. Р. Катализ (учебное пособие для СПО). – Нижнекамск: НХТИ ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2015. – 54 с.



Рис 1. H_2O_2 и катализаторы



Рис 2. Взвешивание MnO_2

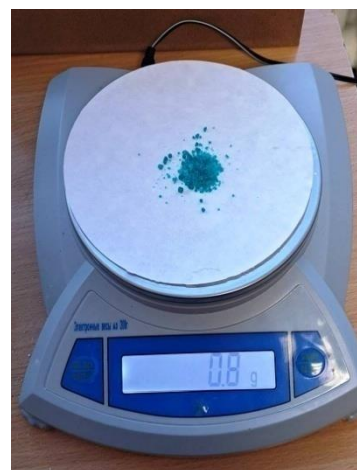


Рис 3. Взвешивание $NiSO_4 \cdot 7H_2O$



Рис 4. Взвешивание $(CH_3COO)_2Pb \cdot 3H_2O$



Рис 5. Взвешивание Fe_2O_3

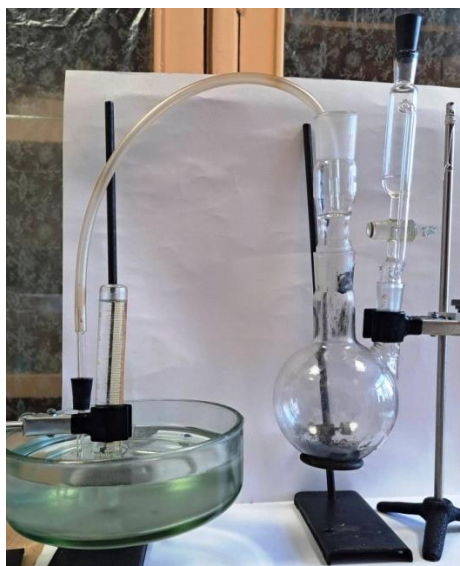


Рис 6. Аппарат для проведения химических реакций

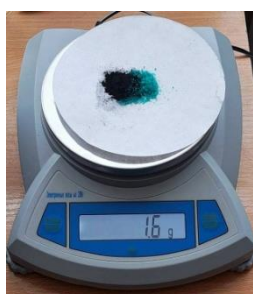


Рис 7. Взвешивание MnO_2 и $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$



Рис 8. Взвешивание MnO_2 и Fe_2O_3



Рис 9. Взвешивание MnO_2 и $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

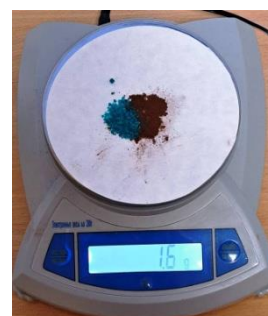


Рис 10. Взвешивание $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и Fe_2O_3



Рис 11. Взвешивание $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

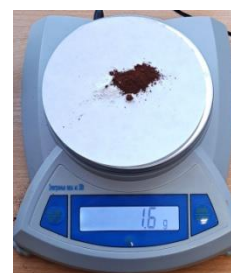


Рис 12. Взвешивание $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ и Fe_2O_3

Рецензия руководителя на исследовательскую работу

обучающегося 9 «Б» класса

МБОУ СОШ №67 г. Пензы

Семина Ивана Дмитриевича

«Оценка эффективности катализаторов при разложении пероксида водорода»

Работа Семина Ивана представляет собой исследование об эффективности катализаторов при разложении пероксида водорода. Актуальность работы заключается в том, что уникальные свойства пероксида водорода позволяют использовать его в различных отраслях промышленности, так как он не образует вредных остатков, однако его нестабильность и высокая химическая активность требуют наличия эффективных катализаторов для управления скоростью реакции разложения. Содержание работы соответствует заявленной теме.

Работа включает в себя введение, оглавление, основную часть из двух глав, заключение, список литературы, приложение. Во введении указывается актуальность исследования, цель, задачи, проблема, гипотеза, новизна, объект и предмет исследования, практическая значимость.

В первой главе рассматриваются теоретические аспекты данной темы. Первая часть работы носит в том числе и исследовательский характер, потому что именно на основе данного теоретического материала была реализована практическая часть. Вторая часть работы представляет собой практическое исследование.

Работу Семина Иван выполнял самостоятельно, используя литературу, рекомендованную для исследования. Под руководством учителя самостоятельно провел практическую часть работы. При выполнении работы обучающийся проявил творчество, инициативу, способность решать соответствующие исследовательские проблемы. Чётко выполнял все рекомендации научного руководителя, и вовремя устранил замечания в процессе доработки исследовательской работы.



Директор МБОУ СОШ №67 г. Пензы:

М. П. _____ Волчкова Ирина Юрьевна

Научный руководитель:

Мальшева Настальгия Юрьевна,

_____ учитель химии МБОУ СОШ №67 г. Пензы

29.12.2025