



ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ
МЕГАПОЛИС

ЗАДАЧНИК

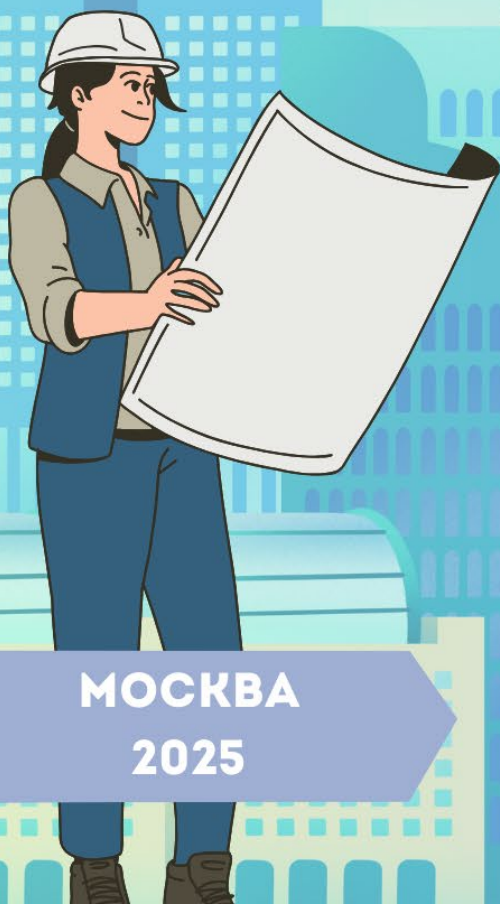


Инженерный класс

В МОСКОВСКОЙ ШКОЛЕ

ИНЖЕНЕРНО-ХИМИЧЕСКОЕ
НАПРАВЛЕНИЕ И
КУРЧАТОВСКИЕ КЛАССЫ

ПРАКТИЧЕСКИЙ ЭТАП



МОСКВА
2025



ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ
МЕГАПОЛИС

ЗАДАЧНИК РАЗРАБОТАН:

Колоколов Ф.А. - доцент кафедры Общей
неорганической химии

Морозов А.Н. - доцент кафедры Физической химии

Дегтярева В.А. — ассистент кафедры Физической
химии

Райтман О.А. - заведующий кафедрой Физической
химии

Василенко О.А. – доцент кафедры Инновационных
материалов и защиты от коррозии

Шумакова А.Д. – ассистент кафедры Инженерного
проектирования технологического оборудования

МОСКВА
2025

Оглавление

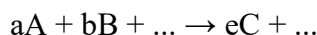
Изучение зависимости скорости химической реакции от концентрации реагентов.....	3
Вариант 1	6
Вариант 2	8
Вариант 3	10
Вариант 4	12
Вариант 5	14
Вариант 6	16
Вариант 7	18
Вариант 8	20
Вариант 9	22
Виды пластиков для 3D печати	24
Вариант 1	26
Вариант 2	27
Вариант 3	28
Вариант 4	29
Вариант 5	30
Вариант 6	31
Вариант 7	32
Вариант 8	33
Вариант 9	34

Изучение зависимости скорости химической реакции от концентрации реагентов

Одной из главных задач химической кинетики, имеющей особое значение для химического производства, является определение зависимости скорости реакции от концентраций реагирующих веществ. В общем случае, чем больше концентрации реагирующих веществ, тем выше скорость химической реакции.

В основе химической кинетики лежит её основной постулат: скорость химической реакции прямо пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ, взятых в некоторых степенях.

То есть для реакции



можно записать:

$$V = k \cdot C_A^n \cdot C_B^m \cdot \dots, \quad (1)$$

где V – скорость реакции;

k – константа скорости химической реакции;

C_A – молярная концентрация вещества А;

C_B – молярная концентрация вещества В;

n – показатель степени (порядок реакции по веществу А);

m – показатель степени (порядок реакции по веществу В).

Зависимость скорости реакции от концентраций реагирующих веществ определяется экспериментально и называется кинетическим уравнением химической реакции. Очевидно, что для записи кинетического уравнения, необходимо экспериментально определить величину константы скорости и показатели степени при концентрациях реагирующих веществ. Показатель степени при концентрации каждого из реагирующих веществ в кинетическом уравнении химической реакции (в уравнении (1) n или m) есть частный порядок реакции по данному компоненту. Сумма показателей степени в кинетическом уравнении химической реакции ($n + m$) представляет собой общий порядок реакции. Следует подчеркнуть, что порядок реакции определяется только из экспериментальных данных и не связан со стехиометрическими коэффициентами при реагентах в уравнении реакции. Стехиометрическое уравнение реакции представляет собой уравнение материального баланса и никоим образом не может определять характер протекания реакции во времени.

Порядок реакции, как общий, так и частный, является формальным параметром и не имеет строгого физического смысла. Однако есть простой способ наглядно объяснить, что это такое, и в чём всё же заключается его смысл.

Но прежде поговорим о молекулярности. Молекулярностью реакции называют число частиц (например, молекул), которое участвует в так называемом элементарном акте реакции. Например, в реакции разложения:



молекулярность равна единице, так как элементарным актом является процесс распада одной единственной частицы.



молекулярность равна двум (в обоих случаях). Так как для первой из указанных реакций элементарный акт заключается в столкновении двух одинаковых молекул исходного соединения А. Для простых реакций порядок совпадает с молекулярностью, для сложных – нет.

Запишем кинетические уравнения для каждой из реакций и рассмотрим, как изменение концентрации одного из веществ влияет на общую скорость реакции.

Реакция 1: $V = kC_A$, порядок этой реакции равен 1. Если увеличить концентрацию А в 3 раза, то и скорость увеличится в 3 раза, что легко видеть из самого кинетического уравнения.

График зависимости скорости реакции от концентрации при этом будет иметь вид наклонной прямой (рис. 1)

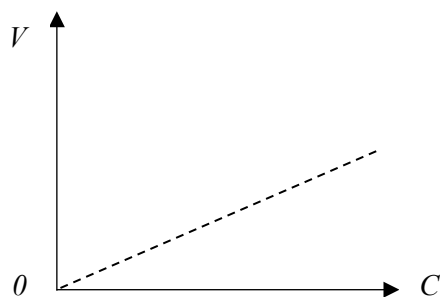


Рисунок 1 – График зависимости скорости реакции от концентрации для реакции первого порядка

Реакция 2: $V = kC_A^2$. Порядок этой реакции равен 2. Если увеличить концентрацию A также в 3 раза, то скорость увеличится уже в $3^2 = 9$ раз! График зависимости скорости реакции от концентрации для реакции второго порядка будет иметь вид параболы (рис. 2)

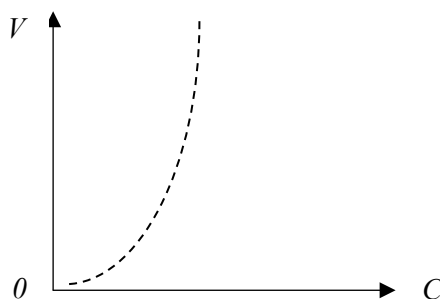


Рисунок 2 – График зависимости скорости реакции от концентрации для реакции второго порядка

Существуют реакции нулевого порядка. Их химическое уравнение выглядит так же, как, например, уравнение 1, но кинетическое уравнение выглядит иначе:

$$V = kC_A^0 = k \cdot 1 = k$$

Если теперь изменить концентрацию вещества A в те же три раза, то со скоростью данной реакции уже ничего не произойдёт – она останется прежней (рис. 3). Вот что означает нулевой порядок.

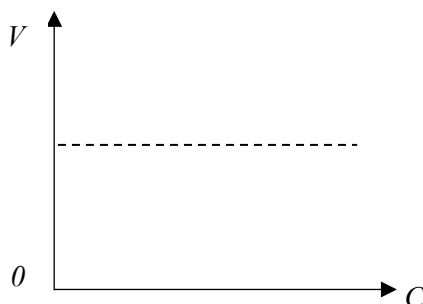


Рисунок 3 – График зависимости скорости реакции от концентрации для реакции нулевого порядка

Таким образом, порядок реакции всё же имеет определённый смысл – он показывает, насколько существенно изменение концентрации данного исходного вещества влияет на общую скорость всей реакции.

Описание работы. Изучение скорости реакции тиосульфата натрия с соляной кислотой в зависимости от концентрации кислоты в растворе и определение порядка реакции по катиону водорода.

Признаком протекания реакции является образование твёрдой фазы серы, которое фиксируется по появлению помутнения. Конечно, правильнее измерять мгновенные скорости реакции в разные моменты времени, но для упрощения в данной работе мы будем измерять среднюю скорость реакции за время τ от момента смешивания реагентов до первых признаков появления серы.

Данная реакция протекает с образованием элементарной серы, которая частично растворяется в воде, поэтому раствор при протекании реакции остается прозрачным до некоторой постоянной предельной концентрации серы C_S в растворе, после чего избыток серы выпадает в осадок (наблюдается помутнение). В этом случае среднюю скорость реакции можно рассчитывать по формуле

$$V = \frac{C_S}{\tau}$$

Поскольку C_S остаётся постоянной, то в качестве условной меры скорости можно считать:

$$V = \frac{1}{\tau}$$

Вариант 1

Последовательность выполнения работы

В соответствии с таблицей 1 было проведено 5 опытов с указанными количествами исходных растворов. Исходные концентрации: $C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 1$ моль/л, $C(\text{HCl}) = 1$ моль/л. Полученные данные по времени помутнения растворов также приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Экспериментальные данные изучения скорости реакции тиосульфата натрия с соляной кислотой в зависимости от концентрации кислоты в растворе

№	Исходные объёмы растворов, мл			Исходные концентрации, моль/л		τ , с	$1/\tau$, с^{-1}
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	кислота	вода	$C(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$	$C(\text{H}^+)$		
1	3	4	13			8	
2	5	5	10			4	
3	8	2	10			37	
4	8	10	2			2	
5	7	7	6			3	

Задание к практической работе

1. Рассчитайте концентрации реагирующих веществ с учетом разбавления с точностью до 0,01 моль/л и занесите их в таблицу 1.
2. Рассчитайте условные скорости реакций как $1/\tau$, с^{-1} , с точностью до 0,01 с^{-1} и занесите данные в таблицу 1.
3. Постройте на миллиметровке или в программе Excel график зависимости условной скорости реакции $1/\tau$, с^{-1} , от рассчитанной вами начальной концентрации катионов водорода $C(\text{H}^+)$, моль/л.
4. По форме графика оцените порядок реакции. Ответ обоснуйте.

Решение и ответ:

1. Концентрацию ионов тиосульфата рассчитывают по формуле:

$$C(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = \frac{C_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) * V_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{V_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) + V_{\text{исх}}(\text{HCl}) + V_{\text{исх}}(\text{H}_2\text{O})}$$

Пример расчета:

$$C_1(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = \frac{1 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} * 3 \text{ мл}}{3 \text{ мл} + 4 \text{ мл} + 13 \text{ мл}} = 0,15 \text{ моль/л}$$

Концентрацию катионов водорода рассчитывают по формуле:

$$C(\text{H}^+) = \frac{C_{\text{исх}}(\text{HCl}) * V_{\text{исх}}(\text{HCl})}{V_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) + V_{\text{исх}}(\text{HCl}) + V_{\text{исх}}(\text{H}_2\text{O})}$$

Пример расчета:

$$C_1(\text{H}^+) = \frac{1 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} * 4 \text{ мл}}{3 \text{ мл} + 4 \text{ мл} + 13 \text{ мл}} = 0,20 \text{ моль/л}$$

Рассчитанные концентрации реагирующих веществ представлены в таблице 1.1.

2. Условную скорость реакции рассчитывают по формуле:

$$V = \frac{1}{\tau}$$

Пример расчета:

$$V_1 = \frac{1}{8} = 0,13 \text{ с}^{-1}$$

Рассчитанные условные скорости реакций представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Экспериментальные и рассчитанные (выделены жирным) данные изучения скорости реакции тиосульфата натрия с соляной кислотой в зависимости от концентрации кислоты в растворе

№	Исходные объёмы растворов, мл			Исходные концентрации, моль/л		τ , с	$1/\tau$, с^{-1}
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	кислота	вода	$C(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$	$C(\text{H}^+)$		
1	3	4	13	0,15	0,20	8	0,13
2	5	5	10	0,25	0,25	4	0,25
3	8	2	10	0,40	0,10	37	0,03
4	8	10	2	0,40	0,50	2	0,50
5	7	7	6	0,35	0,35	3	0,33

3. График зависимости условной скорости реакции от рассчитанной начальной концентрации катионов водорода, построенный в программе Excel, представлен на рисунке 1.1.

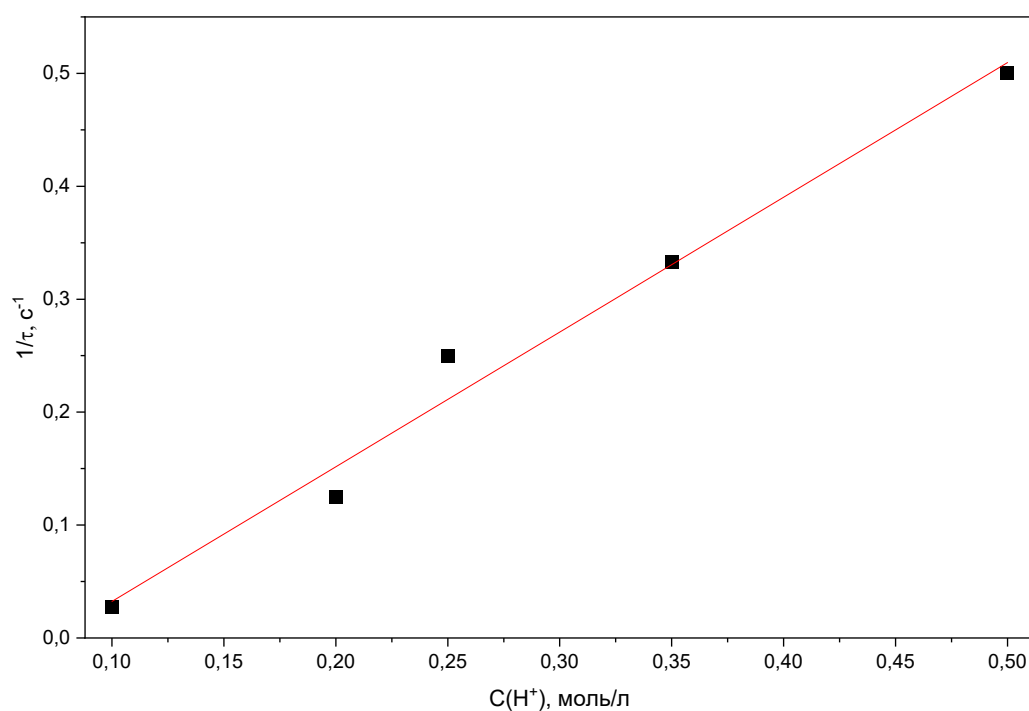


Рисунок 1.1 – График зависимости условной скорости реакции $1/\tau$, с^{-1} , от начальной концентрации катионов водорода $C(\text{H}^+)$, моль/л

4. На графике зависимости условной скорости реакции ($1/\tau$) от начальной концентрации катионов водорода ($C(\text{H}^+)$) видно, что экспериментальные точки лежат вдоль прямой линии. Такая линейная зависимость указывает на то, что скорость исследуемой реакции пропорциональна концентрации ионов H^+ в первой степени. Это позволяет сделать вывод, что порядок реакции по ионам водорода близок к первому в рамках данных экспериментальных условий.

Вариант 2

Последовательность выполнения работы

В соответствии с таблицей 2 было проведено 5 опытов с указанными количествами исходных растворов. Исходные концентрации $C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 1$ моль/л, $C(\text{HCl}) = 1$ моль/л. Полученные данные по времени помутнения растворов также приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Экспериментальные данные изучения скорости реакции тиосульфата натрия с соляной кислотой в зависимости от концентрации кислоты в растворе

№	Исходные объёмы растворов, мл			Исходные концентрации, моль/л		τ , с	$1/\tau$, с^{-1}
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	кислота	вода	$C(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$	$C(\text{H}^+)$		
1	4	2	14			62	
2	2	4	14			12	
3	6	11	3			4	
4	3	13	4			3	
5	4	6	10			6	

Задание к практической работе

1. Рассчитайте концентрации реагирующих веществ с учетом разбавления с точностью до 0,01 моль/л и занесите их в таблицу 2.
2. Рассчитайте условные скорости реакций как $1/\tau$, с^{-1} , с точностью до 0,01 с^{-1} и занесите данные в таблицу 2.
3. Постройте на миллиметровке или в программе Excel график зависимости условной скорости реакции $1/\tau$, с^{-1} , от рассчитанной вами начальной концентрации катионов водорода $C(\text{H}^+)$, моль/л.
4. По форме графика оцените порядок реакции. Ответ обоснуйте.

Решение и ответ:

1. Концентрацию ионов тиосульфата рассчитывают по формуле:

$$C(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = \frac{C_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) * V_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{V_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) + V_{\text{исх}}(\text{HCl}) + V_{\text{исх}}(\text{H}_2\text{O})}$$

Пример расчета:

$$C_1(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = \frac{1 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} * 4 \text{ мл}}{4 \text{ мл} + 2 \text{ мл} + 14 \text{ мл}} = 0,20 \text{ моль/л}$$

Концентрацию катионов водорода рассчитывают по формуле:

$$C(\text{H}^+) = \frac{C_{\text{исх}}(\text{HCl}) * V_{\text{исх}}(\text{HCl})}{V_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) + V_{\text{исх}}(\text{HCl}) + V_{\text{исх}}(\text{H}_2\text{O})}$$

Пример расчета:

$$C_1(\text{H}^+) = \frac{1 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} * 2 \text{ мл}}{4 \text{ мл} + 2 \text{ мл} + 14 \text{ мл}} = 0,10 \text{ моль/л}$$

Рассчитанные концентрации реагирующих веществ представлены в таблице 2.1.

2. Условную скорость реакции рассчитывают по формуле:

$$V = \frac{1}{\tau}$$

Пример расчета:

$$V_1 = \frac{1}{62} = 0,02 \text{ с}^{-1}$$

Рассчитанные условные скорости реакций представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Экспериментальные и рассчитанные (выделены жирным) данные изучения скорости реакции тиосульфата натрия с соляной кислотой в зависимости от концентрации кислоты в растворе

№	Исходные объёмы растворов, мл			Исходные концентрации, моль/л		τ , с	$1/\tau$, с^{-1}
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	кислота	вода	$C(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$	$C(\text{H}^+)$		
1	4	2	14	0,20	0,10	62	0,02
2	2	4	14	0,10	0,20	12	0,08
3	6	11	3	0,30	0,55	4	0,25
4	3	13	4	0,15	0,65	3	0,33
5	4	6	10	0,20	0,30	6	0,17

3. График зависимости условной скорости реакции от рассчитанной начальной концентрации катионов водорода, построенный в программе Excel, представлен на рисунке 2.1.

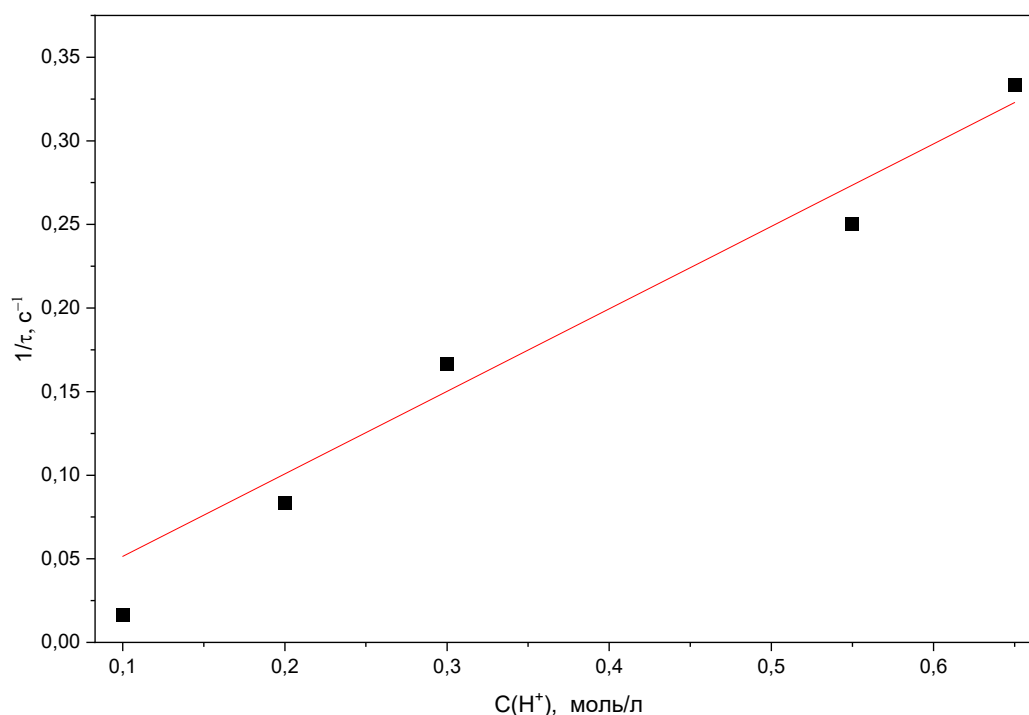


Рисунок 2.1 – График зависимости условной скорости реакции $1/\tau$, с^{-1} , от начальной концентрации катионов водорода $C(\text{H}^+)$, моль/л

4. На графике зависимости условной скорости реакции ($1/\tau$) от начальной концентрации катионов водорода ($C(\text{H}^+)$) видно, что экспериментальные точки лежат вдоль прямой линии. Такая линейная зависимость указывает на то, что скорость исследуемой реакции пропорциональна концентрации ионов H^+ в первой степени. Это позволяет сделать вывод, что порядок реакции по ионам водорода близок к первому в рамках данных экспериментальных условий.

Вариант 3

Последовательность выполнения работы

В соответствии с таблицей 3 было проведено 5 опытов с указанными количествами исходных растворов. Исходные концентрации $C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 1$ моль/л, $C(\text{HCl}) = 1$ моль/л. Полученные данные по времени помутнения растворов также приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Экспериментальные данные изучения скорости реакции тиосульфата натрия с соляной кислотой в зависимости от концентрации кислоты в растворе

№	Исходные объёмы растворов, мл			Исходные концентрации, моль/л		τ , с	$1/\tau$, с^{-1}
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	кислота	вода	$C(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$	$C(\text{H}^+)$		
1	5	2	13			87	
2	4	4	12			17	
3	6	8	6			9	
4	4	13	3			7	
5	6	14	0			6	

Задание к практической работе

1. Рассчитайте концентрации реагирующих веществ с учетом разбавления с точностью до 0,01 моль/л и занесите их в таблицу 3.
2. Рассчитайте условные скорости реакций как $1/\tau$, с^{-1} , с точностью до 0,01 с^{-1} и занесите данные в таблицу 3.
3. Постройте на миллиметровке или в программе Excel график зависимости условной скорости реакции $1/\tau$, с^{-1} , от рассчитанной вами начальной концентрации катионов водорода $C(\text{H}^+)$, моль/л.
4. По форме графика оцените порядок реакции. Ответ обоснуйте.

Решение и ответ:

1. Концентрацию ионов тиосульфата рассчитывают по формуле:

$$C(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = \frac{C_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) * V_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{V_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) + V_{\text{исх}}(\text{HCl}) + V_{\text{исх}}(\text{H}_2\text{O})}$$

Пример расчета:

$$C_1(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = \frac{1 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} * 5 \text{ мл}}{5 \text{ мл} + 2 \text{ мл} + 13 \text{ мл}} = 0,25 \text{ моль/л}$$

Концентрацию катионов водорода рассчитывают по формуле:

$$C(\text{H}^+) = \frac{C_{\text{исх}}(\text{HCl}) * V_{\text{исх}}(\text{HCl})}{V_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) + V_{\text{исх}}(\text{HCl}) + V_{\text{исх}}(\text{H}_2\text{O})}$$

Пример расчета:

$$C_1(\text{H}^+) = \frac{1 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} * 2 \text{ мл}}{5 \text{ мл} + 2 \text{ мл} + 13 \text{ мл}} = 0,10 \text{ моль/л}$$

Рассчитанные концентрации реагирующих веществ представлены в таблице 3.1.

2. Условную скорость реакции рассчитывают по формуле:

$$V = \frac{1}{\tau}$$

Пример расчета:

$$V_1 = \frac{1}{87} = 0,01 \text{ с}^{-1}$$

Рассчитанные условные скорости реакций представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Экспериментальные и рассчитанные (выделены жирным) данные изучения скорости реакции тиосульфата натрия с соляной кислотой в зависимости от концентрации кислоты в растворе

№	Исходные объёмы растворов, мл			Исходные концентрации, моль/л		τ , с	$1/\tau$, с^{-1}
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	кислота	вода	$C(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$	$C(\text{H}^+)$		
1	5	2	13	0,25	0,10	87	0,01
2	4	4	12	0,20	0,20	17	0,06
3	6	8	6	0,30	0,40	9	0,11
4	4	13	3	0,20	0,65	7	0,14
5	6	14	0	0,30	0,70	6	0,17

3. График зависимости условной скорости реакции от рассчитанной начальной концентрации катионов водорода, построенный в программе Excel, представлен на рисунке 3.1.

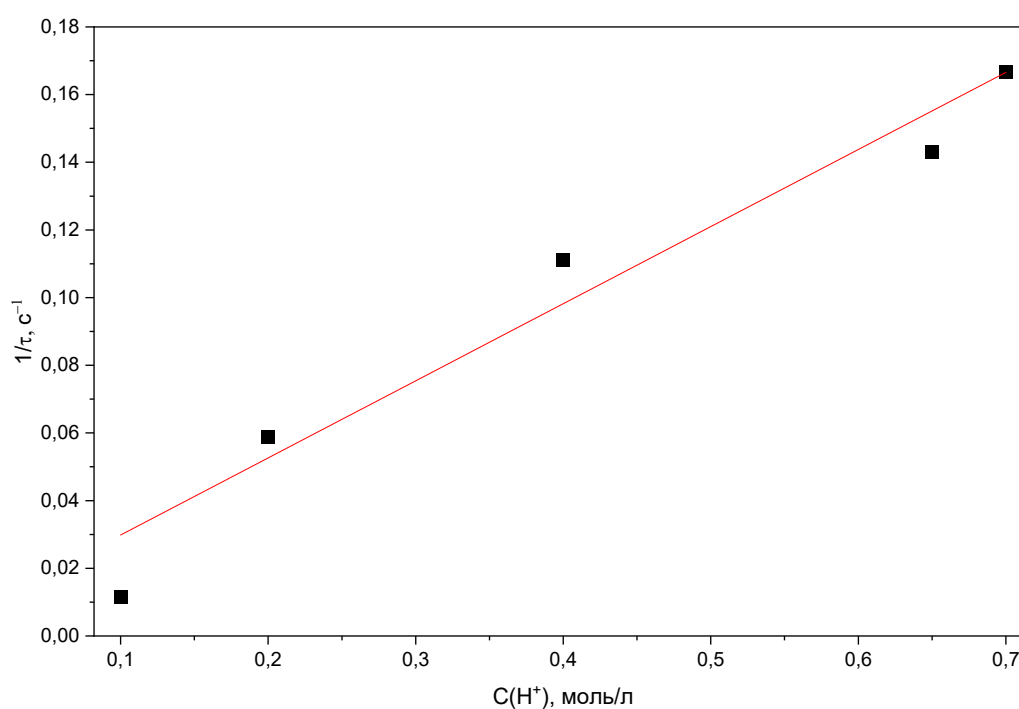


Рисунок 3.1 – График зависимости условной скорости реакции $1/\tau$, с^{-1} , от начальной концентрации катионов водорода $C(\text{H}^+)$, моль/л

4. На графике зависимости условной скорости реакции ($1/\tau$) от начальной концентрации катионов водорода ($C(\text{H}^+)$) видно, что экспериментальные точки лежат вдоль прямой линии. Такая линейная зависимость указывает на то, что скорость исследуемой реакции пропорциональна концентрации ионов H^+ в первой степени. Это позволяет сделать вывод, что порядок реакции по ионам водорода близок к первому в рамках данных экспериментальных условий.

Вариант 4

Последовательность выполнения работы

В соответствии с таблицей 4 было проведено 5 опытов с указанными количествами исходных растворов. Исходные концентрации $C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 1$ моль/л, $C(\text{HCl}) = 1$ моль/л. Полученные данные по времени помутнения растворов также приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Экспериментальные данные изучения скорости реакции тиосульфата натрия с соляной кислотой в зависимости от концентрации кислоты в растворе

№	Исходные объёмы растворов, мл			Исходные концентрации, моль/л		τ , с	$1/\tau$, с^{-1}
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	кислота	вода	$C(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$	$C(\text{H}^+)$		
1	3	5	12			11	
2	6	7	7			6	
3	4	11	5			4	
4	4	13	3			3	
5	7	4	9			55	

Задание к практической работе

1. Рассчитайте концентрации реагирующих веществ с учетом разбавления с точностью до 0,01 моль/л и занесите их в таблицу 4.
2. Рассчитайте условные скорости реакций как $1/\tau$, с^{-1} , с точностью до 0,01 с^{-1} и занесите данные в таблицу 4.
3. Постройте на миллиметровке или в программе Excel график зависимости условной скорости реакции $1/\tau$, с^{-1} , от рассчитанной вами начальной концентрации катионов водорода $C(\text{H}^+)$, моль/л.
4. По форме графика оцените порядок реакции. Ответ обоснуйте.

Решение и ответ:

1. Концентрацию ионов тиосульфата рассчитывают по формуле:

$$C(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = \frac{C_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) * V_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{V_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) + V_{\text{исх}}(\text{HCl}) + V_{\text{исх}}(\text{H}_2\text{O})}$$

Пример расчета:

$$C_1(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = \frac{1 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} * 3 \text{ мл}}{3 \text{ мл} + 5 \text{ мл} + 12 \text{ мл}} = 0,15 \text{ моль/л}$$

Концентрацию катионов водорода рассчитывают по формуле:

$$C(\text{H}^+) = \frac{C_{\text{исх}}(\text{HCl}) * V_{\text{исх}}(\text{HCl})}{V_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) + V_{\text{исх}}(\text{HCl}) + V_{\text{исх}}(\text{H}_2\text{O})}$$

Пример расчета:

$$C_1(\text{H}^+) = \frac{1 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} * 5 \text{ мл}}{3 \text{ мл} + 5 \text{ мл} + 12 \text{ мл}} = 0,25 \text{ моль/л}$$

Рассчитанные концентрации реагирующих веществ представлены в таблице 4.1.

2. Условную скорость реакции рассчитывают по формуле:

$$V = \frac{1}{\tau}$$

Пример расчета:

$$V_1 = \frac{1}{11} = 0,09 \text{ с}^{-1}$$

Рассчитанные условные скорости реакций представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Экспериментальные и рассчитанные (выделены жирным) данные изучения скорости реакции тиосульфата натрия с соляной кислотой в зависимости от концентрации кислоты в растворе

№	Исходные объёмы растворов, мл			Исходные концентрации, моль/л		τ , с	$1/\tau$, с^{-1}
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	кислота	вода	$C(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$	$C(\text{H}^+)$		
1	3	5	12	0,15	0,25	11	0,09
2	6	7	7	0,30	0,35	6	0,17
3	4	11	5	0,20	0,55	4	0,25
4	4	13	3	0,20	0,65	3	0,33
5	7	4	9	0,35	0,20	55	0,02

3. График зависимости условной скорости реакции от рассчитанной начальной концентрации катионов водорода, построенный в программе Excel, представлен на рисунке 4.1.

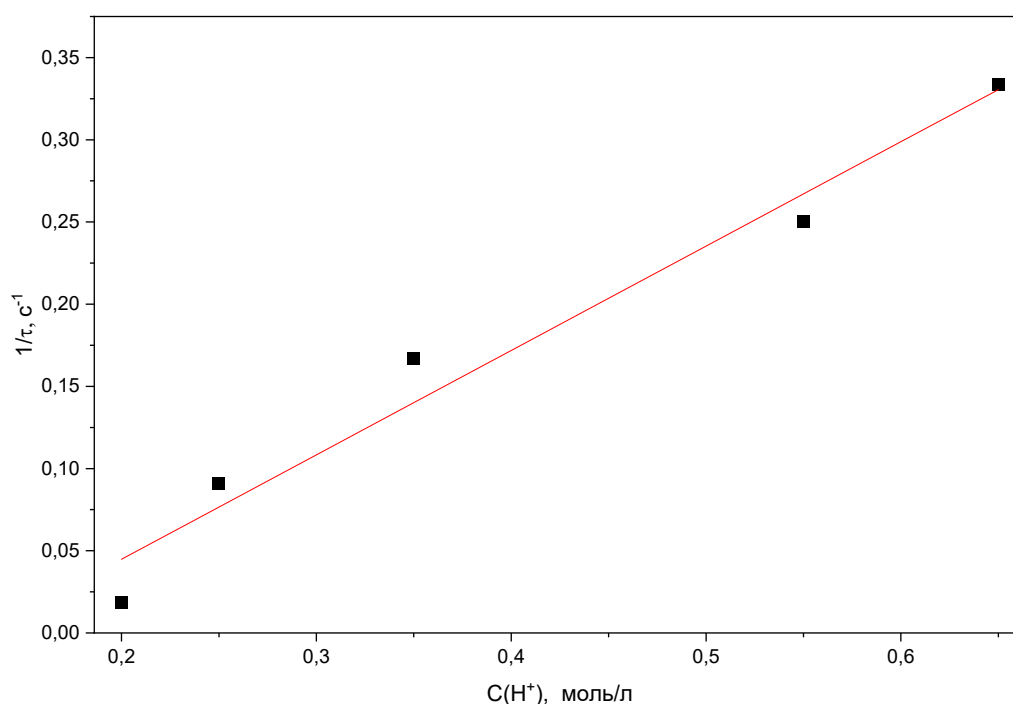


Рисунок 4.1 – График зависимости условной скорости реакции $1/\tau$, с^{-1} , от начальной концентрации катионов водорода $C(\text{H}^+)$, моль/л

4. На графике зависимости условной скорости реакции ($1/\tau$) от начальной концентрации катионов водорода ($C(\text{H}^+)$) видно, что экспериментальные точки лежат вдоль прямой линии. Такая линейная зависимость указывает на то, что скорость исследуемой реакции пропорциональна концентрации ионов H^+ в первой степени. Это позволяет сделать вывод, что порядок реакции по ионам водорода близок к первому в рамках данных экспериментальных условий.

Вариант 5

Последовательность выполнения работы

В соответствии с таблицей 5 было проведено 5 опытов с указанными количествами исходных растворов. Исходные концентрации $C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 1$ моль/л, $C(\text{HCl}) = 0,1$ моль/л. Полученные данные по времени помутнения растворов также приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Экспериментальные данные изучения скорости реакции тиосульфата натрия с соляной кислотой в зависимости от концентрации кислоты в растворе

№	Исходные объёмы растворов, мл			Исходные концентрации, моль/л		τ , с	$1/\tau$, с^{-1}
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	кислота	вода	$C(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$	$C(\text{H}^+)$		
1	4	7	9			4	
2	5	2	13			62	
3	6	6	8			6	
4	6	3	11			14	
5	7	4	9			8	

Задание к практической работе

1. Рассчитайте концентрации реагирующих веществ с учетом разбавления с точностью до 0,001 моль/л и занесите их в таблицу 5.
2. Рассчитайте условные скорости реакций как $1/\tau$, с^{-1} , с точностью до 0,01 с^{-1} и занесите данные в таблицу 5.
3. Постройте на миллиметровке или в программе Excel график зависимости условной скорости реакции $1/\tau$, с^{-1} , от рассчитанной вами начальной концентрации катионов водорода $C(\text{H}^+)$, моль/л.
4. По форме графика оцените порядок реакции. Ответ обоснуйте.

Решение и ответ:

1. Концентрацию ионов тиосульфата рассчитывают по формуле:

$$C(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = \frac{C_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) * V_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{V_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) + V_{\text{исх}}(\text{HCl}) + V_{\text{исх}}(\text{H}_2\text{O})}$$

Пример расчета:

$$C_1(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = \frac{1 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} * 4 \text{ мл}}{4 \text{ мл} + 7 \text{ мл} + 9 \text{ мл}} = 0,200 \text{ моль/л}$$

Концентрацию катионов водорода рассчитывают по формуле:

$$C(\text{H}^+) = \frac{C_{\text{исх}}(\text{HCl}) * V_{\text{исх}}(\text{HCl})}{V_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) + V_{\text{исх}}(\text{HCl}) + V_{\text{исх}}(\text{H}_2\text{O})}$$

Пример расчета:

$$C_1(\text{H}^+) = \frac{0,1 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} * 7 \text{ мл}}{4 \text{ мл} + 7 \text{ мл} + 9 \text{ мл}} = 0,035 \text{ моль/л}$$

Рассчитанные концентрации реагирующих веществ представлены в таблице 5.1.

2. Условную скорость реакции рассчитывают по формуле:

$$V = \frac{1}{\tau}$$

Пример расчета:

$$V_1 = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ с}^{-1}$$

Рассчитанные условные скорости реакций представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Экспериментальные и рассчитанные (выделены жирным) данные изучения скорости реакции тиосульфата натрия с соляной кислотой в зависимости от концентрации кислоты в растворе

№	Исходные объёмы растворов, мл			Исходные концентрации, моль/л		τ , с	$1/\tau$, с^{-1}
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	кислота	вода	$C(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$	$C(\text{H}^+)$		
1	4	7	9	0,200	0,035	4	0,25
2	5	2	13	0,250	0,010	62	0,02
3	6	6	8	0,300	0,030	6	0,17
4	6	3	11	0,300	0,015	14	0,07
5	7	4	9	0,350	0,020	8	0,13

3. График зависимости условной скорости реакции от рассчитанной начальной концентрации катионов водорода, построенный в программе Excel, представлен на рисунке 5.1.

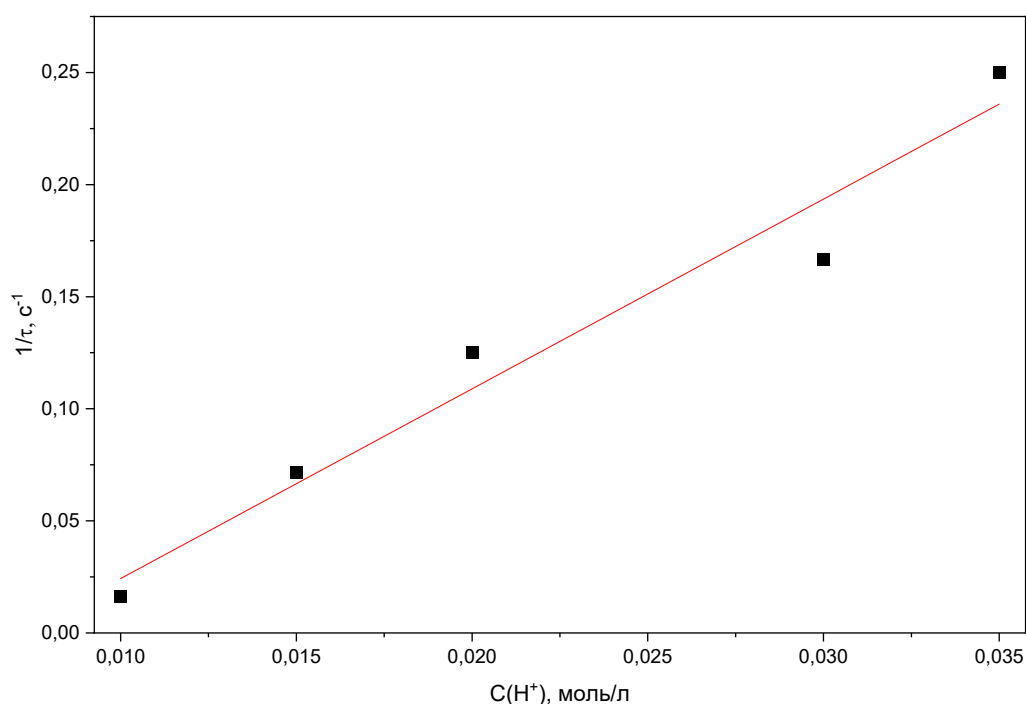


Рисунок 5.1 – График зависимости условной скорости реакции $1/\tau$, с^{-1} , от начальной концентрации катионов водорода $C(\text{H}^+)$, моль/л

4. На графике зависимости условной скорости реакции ($1/\tau$) от начальной концентрации катионов водорода ($C(\text{H}^+)$) видно, что экспериментальные точки лежат вдоль прямой линии. Такая линейная зависимость указывает на то, что скорость исследуемой реакции пропорциональна концентрации ионов H^+ в первой степени. Это позволяет сделать вывод, что порядок реакции по ионам водорода близок к первому в рамках данных экспериментальных условий.

Вариант 6

Последовательность выполнения работы

В соответствии с таблицей 6 было проведено 5 опытов с указанными количествами исходных растворов. Исходные концентрации $C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 1$ моль/л, $C(\text{HCl}) = 0,3$ моль/л. Полученные данные по времени помутнения растворов также приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Экспериментальные данные изучения скорости реакции тиосульфата натрия с соляной кислотой в зависимости от концентрации кислоты в растворе

№	Исходные объёмы растворов, мл			Исходные концентрации, моль/л		τ , с	$1/\tau$, с^{-1}
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	кислота	вода	$C(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$	$C(\text{H}^+)$		
1	2	3	15			32	
2	2	9	9			6	
3	3	6	11			4	
4	4	5	11			3	
5	5	4	11			2	

Задание к практической работе

1. Рассчитайте концентрации реагирующих веществ с учетом разбавления с точностью до 0,001 моль/л и занесите их в таблицу 6.
2. Рассчитайте условные скорости реакций как $1/\tau$, с^{-1} , с точностью до 0,01 с^{-1} и занесите данные в таблицу 6.
3. Постройте на миллиметровке или в программе Excel график зависимости условной скорости реакции $1/\tau$, с^{-1} , от рассчитанной вами начальной концентрации катионов водорода $C(\text{H}^+)$, моль/л.
4. По форме графика оцените порядок реакции. Ответ обоснуйте.

Решение и ответ:

1. Концентрацию ионов тиосульфата рассчитывают по формуле:

$$C(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = \frac{C_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) * V_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{V_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) + V_{\text{исх}}(\text{HCl}) + V_{\text{исх}}(\text{H}_2\text{O})}$$

Пример расчета:

$$C_1(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = \frac{1 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} * 2 \text{ мл}}{2 \text{ мл} + 3 \text{ мл} + 15 \text{ мл}} = 0,100 \text{ моль/л}$$

Концентрацию катионов водорода рассчитывают по формуле:

$$C(\text{H}^+) = \frac{C_{\text{исх}}(\text{HCl}) * V_{\text{исх}}(\text{HCl})}{V_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) + V_{\text{исх}}(\text{HCl}) + V_{\text{исх}}(\text{H}_2\text{O})}$$

Пример расчета:

$$C_1(\text{H}^+) = \frac{0,3 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} * 3 \text{ мл}}{2 \text{ мл} + 3 \text{ мл} + 15 \text{ мл}} = 0,045 \text{ моль/л}$$

Рассчитанные концентрации реагирующих веществ представлены в таблице 6.1.

2. Условную скорость реакции рассчитывают по формуле:

$$V = \frac{1}{\tau}$$

Пример расчета:

$$V_1 = \frac{1}{32} = 0,03 \text{ с}^{-1}$$

Рассчитанные условные скорости реакций представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Экспериментальные и рассчитанные (выделены жирным) данные изучения скорости реакции тиосульфата натрия с соляной кислотой в зависимости от концентрации кислоты в растворе

№	Исходные объёмы растворов, мл			Исходные концентрации, моль/л		τ , с	$1/\tau$, с^{-1}
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	кислота	вода	$C(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$	$C(\text{H}^+)$		
1	2	3	15	0,100	0,045	32	0,03
2	2	9	9	0,100	0,135	6	0,50
3	3	6	11	0,150	0,090	4	0,33
4	4	5	11	0,200	0,075	3	0,25
5	5	4	11	0,250	0,060	2	0,17

3. График зависимости условной скорости реакции от рассчитанной начальной концентрации катионов водорода, построенный в программе Excel, представлен на рисунке 6.1.

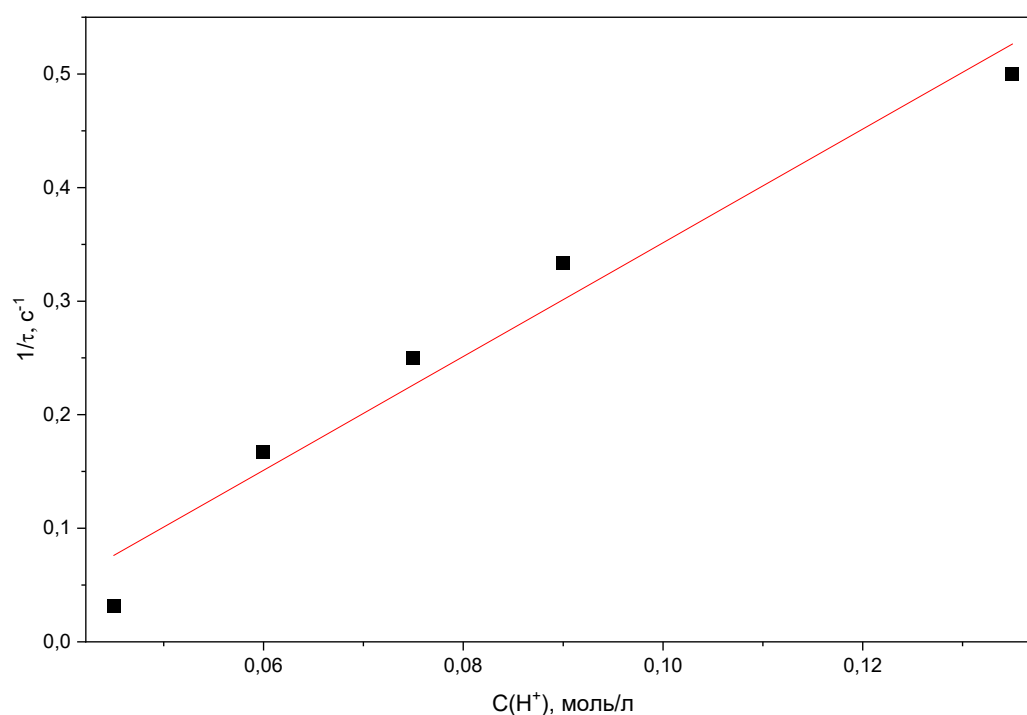


Рисунок 6.1 – График зависимости условной скорости реакции $1/\tau$, с^{-1} , от начальной концентрации катионов водорода $C(\text{H}^+)$, моль/л

4. На графике зависимости условной скорости реакции ($1/\tau$) от начальной концентрации катионов водорода ($C(\text{H}^+)$) видно, что экспериментальные точки лежат вдоль прямой линии. Такая линейная зависимость указывает на то, что скорость исследуемой реакции пропорциональна концентрации ионов H^+ в первой степени. Это позволяет сделать вывод, что порядок реакции по ионам водорода близок к первому в рамках данных экспериментальных условий.

Вариант 7

Последовательность выполнения работы

В соответствии с таблицей 7 было проведено 5 опытов с указанными количествами исходных растворов. Исходные концентрации $C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 1$ моль/л, $C(\text{HCl}) = 0,5$ моль/л. Полученные данные по времени помутнения растворов также приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Экспериментальные данные изучения скорости реакции тиосульфата натрия с соляной кислотой в зависимости от концентрации кислоты в растворе

№	Исходные объёмы растворов, мл			Исходные концентрации, моль/л		τ , с	$1/\tau$, с^{-1}
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	кислота	вода	$C(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$	$C(\text{H}^+)$		
1	3	3	14			76	
2	4	6	10			15	
3	5	8	7			8	
4	6	11	3			5	
5	6	10	4			6	

Задание к практической работе

1. Рассчитайте концентрации реагирующих веществ с учетом разбавления с точностью до 0,01 моль/л и занесите их в таблицу 7.
2. Рассчитайте условные скорости реакций как $1/\tau$, с^{-1} , с точностью до 0,01 с^{-1} и занесите данные в таблицу 7.
3. Постройте на миллиметровке или в программе Excel график зависимости условной скорости реакции $1/\tau$, с^{-1} , от рассчитанной вами начальной концентрации катионов водорода $C(\text{H}^+)$, моль/л.
4. По форме графика оцените порядок реакции. Ответ обоснуйте.

Решение и ответ:

1. Концентрацию ионов тиосульфата рассчитывают по формуле:

$$C(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = \frac{C_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) * V_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{V_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) + V_{\text{исх}}(\text{HCl}) + V_{\text{исх}}(\text{H}_2\text{O})}$$

Пример расчета:

$$C_1(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = \frac{1 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} * 3 \text{ мл}}{3 \text{ мл} + 3 \text{ мл} + 14 \text{ мл}} = 0,150 \text{ моль/л}$$

Концентрацию катионов водорода рассчитывают по формуле:

$$C(\text{H}^+) = \frac{C_{\text{исх}}(\text{HCl}) * V_{\text{исх}}(\text{HCl})}{V_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) + V_{\text{исх}}(\text{HCl}) + V_{\text{исх}}(\text{H}_2\text{O})}$$

Пример расчета:

$$C_1(\text{H}^+) = \frac{0,5 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} * 3 \text{ мл}}{3 \text{ мл} + 3 \text{ мл} + 14 \text{ мл}} = 0,075 \text{ моль/л}$$

Рассчитанные концентрации реагирующих веществ представлены в таблице 7.1.

2. Условную скорость реакции рассчитывают по формуле:

$$V = \frac{1}{\tau}$$

Пример расчета:

$$V_1 = \frac{1}{76} = 0,01 \text{ с}^{-1}$$

Рассчитанные условные скорости реакций представлены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Экспериментальные и рассчитанные (выделены жирным) данные изучения скорости реакции тиосульфата натрия с соляной кислотой в зависимости от концентрации кислоты в растворе

№	Исходные объёмы растворов, мл			Исходные концентрации, моль/л		τ , с	$1/\tau$, с^{-1}
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	кислота	вода	$C(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$	$C(\text{H}^+)$		
1	3	3	14	0,150	0,075	76	0,01
2	4	6	10	0,200	0,150	15	0,07
3	5	8	7	0,250	0,200	8	0,12
4	6	11	3	0,300	0,275	5	0,20
5	6	10	4	0,300	0,250	6	0,17

3. График зависимости условной скорости реакции от рассчитанной начальной концентрации катионов водорода, построенный в программе Excel, представлен на рисунке 7.1.

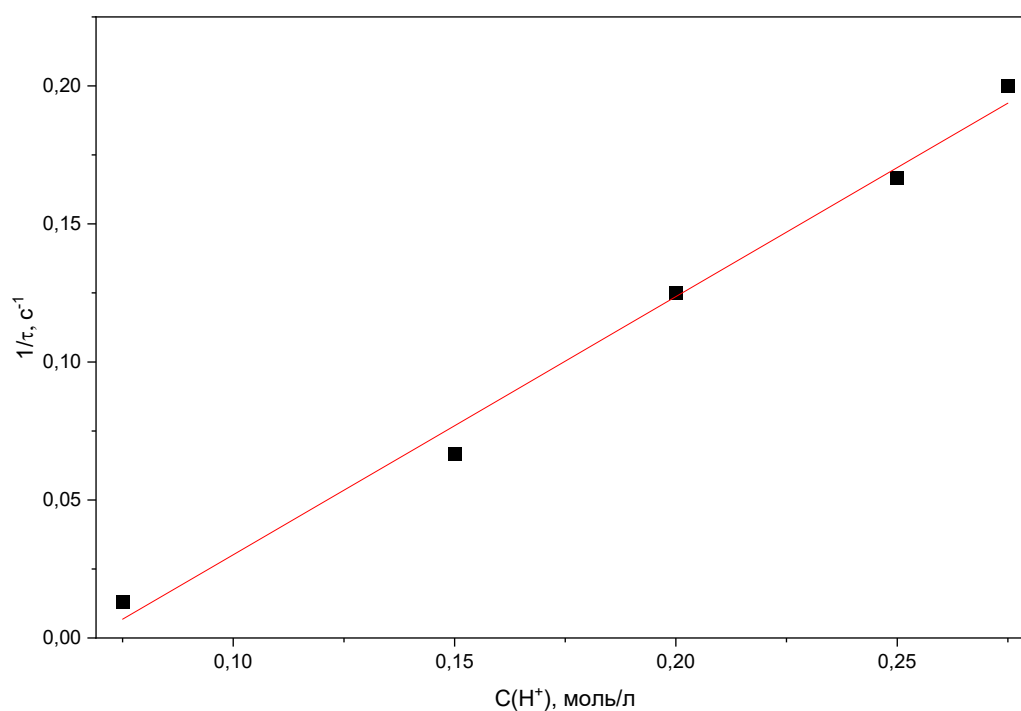


Рисунок 7.1 – График зависимости условной скорости реакции $1/\tau$, с^{-1} , от начальной концентрации катионов водорода $C(\text{H}^+)$, моль/л

4. На графике зависимости условной скорости реакции ($1/\tau$) от начальной концентрации катионов водорода ($C(\text{H}^+)$) видно, что экспериментальные точки лежат вдоль прямой линии. Такая линейная зависимость указывает на то, что скорость исследуемой реакции пропорциональна концентрации ионов H^+ в первой степени. Это позволяет сделать вывод, что порядок реакции по ионам водорода близок к первому в рамках данных экспериментальных условий.

Вариант 8

Последовательность выполнения работы

В соответствии с таблицей 8 было проведено 5 опытов с указанными количествами исходных растворов. Исходные концентрации $C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 1$ моль/л, $C(\text{HCl}) = 0,5$ моль/л. Полученные данные по времени помутнения растворов также приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Экспериментальные данные изучения скорости реакции тиосульфата натрия с соляной кислотой в зависимости от концентрации кислоты в растворе

№	Исходные объёмы растворов, мл			Исходные концентрации, моль/л		τ , с	$1/\tau$, с^{-1}
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	кислота	вода	$C(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$	$C(\text{H}^+)$		
1	2	4	14			63	
2	3	7	10			13	
3	3	10	7			6	
4	4	13	3			5	
5	6	14	0			4	

Задание к практической работе

1. Рассчитайте концентрации реагирующих веществ с учетом разбавления с точностью до 0,001 моль/л и занесите их в таблицу 8.
2. Рассчитайте условные скорости реакций как $1/\tau$, с^{-1} , с точностью до 0,01 с^{-1} и занесите данные в таблицу 8.
3. Постройте на миллиметровке или в программе Excel график зависимости условной скорости реакции $1/\tau$, с^{-1} , от рассчитанной вами начальной концентрации катионов водорода $C(\text{H}^+)$, моль/л.
4. По форме графика оцените порядок реакции. Ответ обоснуйте.

Решение и ответ:

1. Концентрацию ионов тиосульфата рассчитывают по формуле:

$$C(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = \frac{C_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) * V_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{V_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) + V_{\text{исх}}(\text{HCl}) + V_{\text{исх}}(\text{H}_2\text{O})}$$

Пример расчета:

$$C_1(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = \frac{1 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} * 2 \text{ мл}}{2 \text{ мл} + 4 \text{ мл} + 14 \text{ мл}} = 0,100 \text{ моль/л}$$

Концентрацию катионов водорода рассчитывают по формуле:

$$C(\text{H}^+) = \frac{C_{\text{исх}}(\text{HCl}) * V_{\text{исх}}(\text{HCl})}{V_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) + V_{\text{исх}}(\text{HCl}) + V_{\text{исх}}(\text{H}_2\text{O})}$$

Пример расчета:

$$C_1(\text{H}^+) = \frac{0,5 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} * 4 \text{ мл}}{2 \text{ мл} + 4 \text{ мл} + 14 \text{ мл}} = 0,100 \text{ моль/л}$$

Рассчитанные концентрации реагирующих веществ представлены в таблице 8.1.

2. Условную скорость реакции рассчитывают по формуле:

$$V = \frac{1}{\tau}$$

Пример расчета:

$$V_1 = \frac{1}{63} = 0,02 \text{ с}^{-1}$$

Рассчитанные условные скорости реакций представлены в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Экспериментальные и рассчитанные (выделены жирным) данные изучения скорости реакции тиосульфата натрия с соляной кислотой в зависимости от концентрации кислоты в растворе

№	Исходные объёмы растворов, мл			Исходные концентрации, моль/л		τ , с	$1/\tau$, с^{-1}
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	кислота	вода	$C(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$	$C(\text{H}^+)$		
1	2	4	14	0,100	0,100	63	0,02
2	3	7	10	0,150	0,175	13	0,08
3	3	10	7	0,150	0,250	6	0,17
4	4	13	3	0,200	0,325	5	0,20
5	6	14	0	0,300	0,350	4	0,25

3. График зависимости условной скорости реакции от рассчитанной начальной концентрации катионов водорода, построенный в программе Excel, представлен на рисунке 8.1.

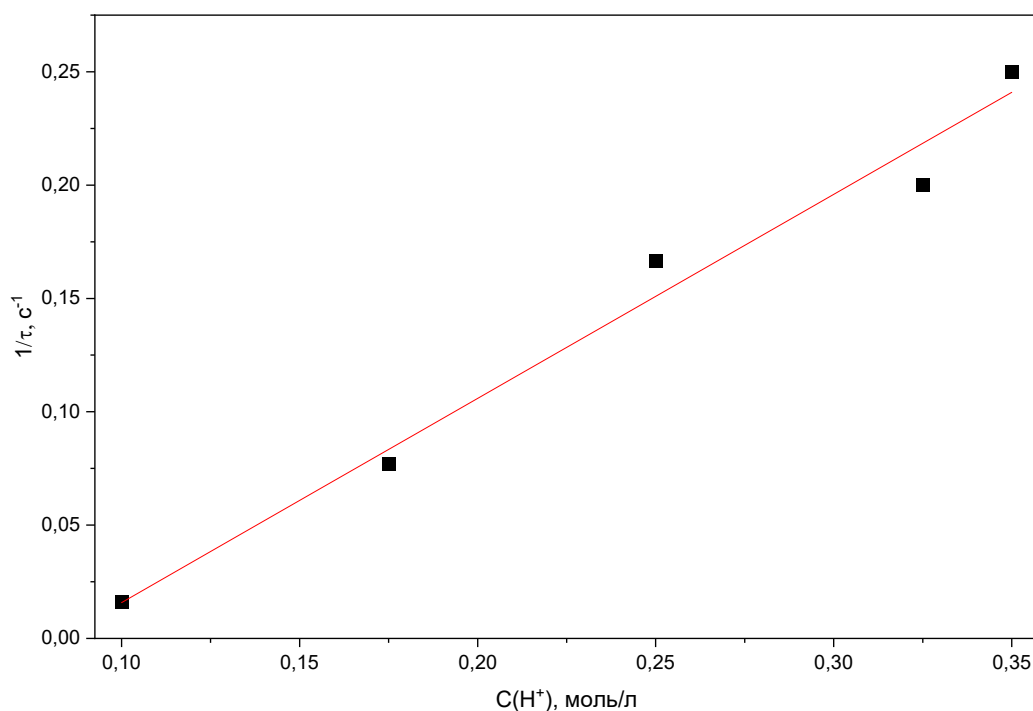


Рисунок 8.1 – График зависимости условной скорости реакции $1/\tau$, с^{-1} , от начальной концентрации катионов водорода $C(\text{H}^+)$, моль/л

4. На графике зависимости условной скорости реакции ($1/\tau$) от начальной концентрации катионов водорода ($C(\text{H}^+)$) видно, что экспериментальные точки лежат вдоль прямой линии. Такая линейная зависимость указывает на то, что скорость исследуемой реакции пропорциональна концентрации ионов H^+ в первой степени. Это позволяет сделать вывод, что порядок реакции по ионам водорода является близким к первому в рамках данных экспериментальных условий.

Вариант 9

Последовательность выполнения работы

В соответствии с таблицей 9 было проведено 5 опытов с указанными количествами исходных растворов. Исходные концентрации $C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 1$ моль/л, $C(\text{HCl}) = 1$ моль/л. Полученные данные по времени помутнения растворов также приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Экспериментальные данные изучения скорости реакции тиосульфата натрия с соляной кислотой в зависимости от концентрации кислоты в растворе

№	Исходные объёмы растворов, мл			Исходные концентрации, моль/л		τ , с	$1/\tau$, с^{-1}
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	кислота	вода	$C(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$	$C(\text{H}^+)$		
1	5	1	14			37	
2	5	5	10			8	
3	5	10	5			4	
4	5	13	2			3	
5	5	15	0			2	

Задание к практической работе

1. Рассчитайте концентрации реагирующих веществ с учетом разбавления с точностью до 0,01 моль/л и занесите их в таблицу 9.
2. Рассчитайте условные скорости реакций как $1/\tau$, с^{-1} , с точностью до 0,01 с^{-1} и занесите данные в таблицу 9.
3. Постройте на миллиметровке или в программе Excel график зависимости условной скорости реакции $1/\tau$, с^{-1} , от рассчитанной вами начальной концентрации катионов водорода $C(\text{H}^+)$, моль/л.
4. По форме графика оцените порядок реакции. Ответ обоснуйте.

Решение и ответ:

1. Концентрацию ионов тиосульфата рассчитывают по формуле:

$$C(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = \frac{C_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) * V_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{V_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) + V_{\text{исх}}(\text{HCl}) + V_{\text{исх}}(\text{H}_2\text{O})}$$

Пример расчета:

$$C_1(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = \frac{1 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} * 5 \text{ мл}}{5 \text{ мл} + 1 \text{ мл} + 14 \text{ мл}} = 0,25 \text{ моль/л}$$

Концентрацию катионов водорода рассчитывают по формуле:

$$C(\text{H}^+) = \frac{C_{\text{исх}}(\text{HCl}) * V_{\text{исх}}(\text{HCl})}{V_{\text{исх}}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) + V_{\text{исх}}(\text{HCl}) + V_{\text{исх}}(\text{H}_2\text{O})}$$

Пример расчета:

$$C_1(\text{H}^+) = \frac{1 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} * 1 \text{ мл}}{5 \text{ мл} + 1 \text{ мл} + 14 \text{ мл}} = 0,05 \text{ моль/л}$$

Рассчитанные концентрации реагирующих веществ представлены в таблице 9.1.

2. Условную скорость реакции рассчитывают по формуле:

$$V = \frac{1}{\tau}$$

Пример расчета:

$$V_1 = \frac{1}{37} = 0,03 \text{ с}^{-1}$$

Рассчитанные условные скорости реакций представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Экспериментальные и рассчитанные (выделены жирным) данные изучения скорости реакции тиосульфата натрия с соляной кислотой в зависимости от концентрации кислоты в растворе

№	Исходные объёмы растворов, мл			Исходные концентрации, моль/л		τ , с	$1/\tau$, с^{-1}
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	кислота	вода	$C(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$	$C(\text{H}^+)$		
1	5	1	14	0,25	0,05	37	0,03
2	5	5	10	0,25	0,25	8	0,12
3	5	10	5	0,25	0,50	4	0,25
4	5	13	2	0,25	0,65	3	0,33
5	5	15	0	0,25	0,75	2	0,50

3. График зависимости условной скорости реакции от рассчитанной начальной концентрации катионов водорода, построенный в программе Excel, представлен на рисунке 9.1.

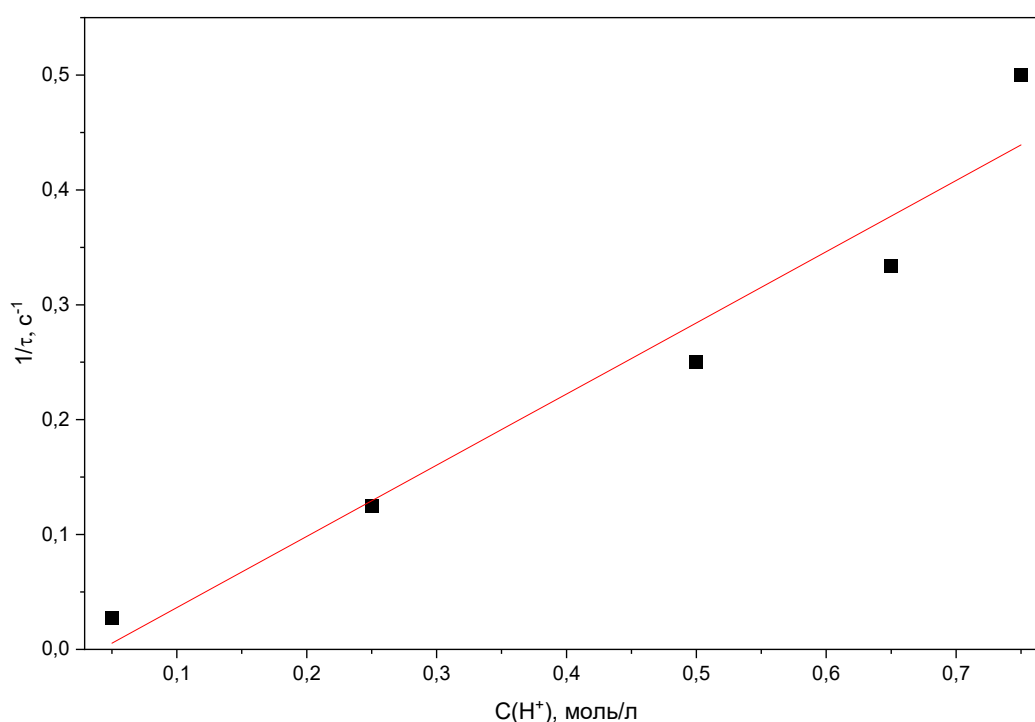


Рисунок 9.1 – График зависимости условной скорости реакции $1/\tau$, с^{-1} , от начальной концентрации катионов водорода $C(\text{H}^+)$, моль/л

4. На графике зависимости условной скорости реакции ($1/\tau$) от начальной концентрации катионов водорода ($C(\text{H}^+)$) видно, что экспериментальные точки лежат вдоль прямой линии. Такая линейная зависимость указывает на то, что скорость исследуемой реакции пропорциональна концентрации ионов H^+ в первой степени. Это позволяет сделать вывод, что порядок реакции по ионам водорода близок к первому в рамках данных экспериментальных условий.

Виды пластиков для 3D-печати

Выбрать пластик для 3D-принтера очень важно, особенно когда перед вами стоит цель напечатать функциональную модель с определенными свойствами. При этом важно понимать, сможет ли конкретный принтер работать с выбранным пластиком. Инженерные пластики (из которых печатаются изделия, пригодные к эксплуатации), например, требуют определённых условий для успешной печати, а модели, напечатанные из декоративных пластиков, должны сохранять свою красоту длительное время.

Прежде чем приступить к печати модели (инженерной, функциональной или декоративной) необходимо четко определить её свойства – прочность, состояние поверхности, возможность дальнейшей механической или химической обработки, способность к окрашиванию, токсичность, биоразлагаемость, стойкость к воздействию ультрафиолета и т.д.

При выполнении задания 5 необходимо оценить возможность использования того или иного пластика, представленного в таблице 10, исходя из требований к функциональной модели и возможностей материалов.

На первом этапе оценивают необходимые свойства функциональной модели. Если это шестерёнка, то очевидно, что она должна быть прочной, износостойкой и термостойкой. Исходя из этих требований, подбираем возможные варианты и исключаем те материалы, которые точно не могут обеспечить необходимое качество детали.

На втором этапе оценивают возможности механической и химической обработки напечатанной модели и исключают те пластики, которые не обеспечивают простоту проведения этих процессов.

На третьем этапе оценивают негативные последствия печати (например, наличие запаха).

На последнем этапе следует оценить износостойкость материала (одно из основных свойств, которым должна обладать шестерёнка).

При выполнении задания 6 следует учесть рабочие температуры экструзии для пластиков, приведённых в таблице 11. Нужно исключить те материалы, у которых верхние и нижние границы экструзии выходят за пределы рабочей температуры экструдера. Поэтому выбор может включать несколько видов пластиков.

Таблица 10 – Материалы для 3D-печати и их свойства (к заданию 5)

Название	Токсичность	Склонность к биоразложению	Износостойкость	Специфические требования к принтеру	Запах при печати	Простота механической и химической обработки	Наличие деформаций при небольшом нагреве	Прочность	Термостойкость	Разрушение под действием УФ	Возможность изготовления габаритных или составных моделей	Способность к окрашиванию
PLA	нет	да	Нет	нет	да (приятный)	нет	да	нет	нет	да	да	да
ABS	да	нет	Да	да	да (неприятный)	да	нет	да	да	нет	нет	да
HIPS	нет	нет	Да	да	да	да	нет	нет	нет	нет	нет	да (-)
PVA	нет	нет	Нет	да	нет		да	нет	нет	нет	нет	
PETG	нет	нет	Да	да	нет	да (химической)	нет	да	да	нет	да	
SBS	нет	нет	Нет	да	нет	да	нет	да	да	нет	нет	да
Нейлон	нет	нет	самая высокая	да	нет	да	нет	да	да	нет	нет	да
FLEX	нет	нет	Нет	да	нет	нет		да	да	нет	нет	да

Таблица 11 – Температуры экструзии и размягчения пластика, применяющегося для реализации технологии послойного наплавления (к заданию 6)

Название	Температура экструзии пластика, °С	Температура размягчения пластика, °С
PLA	190-220	50
ABS	220-240	100-110
HIPS	230-260	96
PVA	190-210	38
PETG	220-240	80
SBS	230-260	80
Нейлон	240-260	120
FLEX	200-240	175-200

Вариант 1

Задание к практической работе

5. Перед разработчиком стоит задача изготовить декоративную подставку, например, для удержания цветочной вазы. Пользуясь таблицей 10, подберите подходящий недорогой нетоксичный материал для её печати на 3D-принтере. К принтеру не должны предъявляться специфические требования. Относится ли выбранный вами пластик к разряду инженерных или декоративных? Обоснуйте свой ответ.

6. Для реализации технологии послойного наплавления (Fused deposition modeling – FDM) приобретён 3D-принтер с двумя экструдерами (рабочая температура одного из них – 240 °С). Пользуясь таблицей 11, подберите подходящий растворимый в лимонене рабочий материал для печати поддержки изделия из ABS. Обоснуйте ответ.

Решение и ответ

5. На первом этапе оцениваем необходимые свойства модели. Если это подставка для цветочной вазы, то очевидно, что каких-либо особых требований к ней не предъявляется. Необходимо учесть, что в задании указаны нетоксичность и относительная дешевизна материала. Исходя из этих требований, подбираем возможные варианты и исключаем те материалы, которые точно не могут обеспечить необходимые требования к изделию. Из всех пластиков, представленных в таблице 10, токсичным является только ABS, поэтому его мы исключаем из дальнейшего рассмотрения.

На втором этапе оцениваем необходимость учёта специфических требований к принтеру при печати. По этому показателю подходят не все пластики, представленные в таблице 10, за исключением PLA.

Согласно методическим указаниям, PLA (полилактид) является самым популярным нетоксичным, биоразлагаемым и доступным пластиком для 3D-печати и отлично подходит для изготовления габаритных или составных моделей, например, декоративных предметов интерьера.

Поэтому подставку для цветочной вазы следует делать из PLA, который относится к декоративным пластикам.

6. При выполнении задания следует учесть рабочие температуры экструзии для пластиков, приведённых в таблице 11. Температуры размягчения пластиков в данном случае не играют роли. Из условия задачи известно также, что этот пластик растворяется в лимонене и выступает в качестве поддержки при печати основного изделия из ABS.

Исходя из приведённых в таблице 11 значений температур экструзии, для печати полноценной модели из ABS пластика с поддержкой, растворимой в лимонене, следует использовать пластик HIPS ($T_{\text{экс}} = 230-260^{\circ}\text{C}$).

Вариант 2

Задание к практической работе

5. Перед разработчиком стоит задача изготовить модель гибкой и мягкой уплотнительной прокладки. Пользуясь таблицей 10, подберите подходящий материал для её печати на 3D-принтере. Относится ли выбранный вами пластик к разряду инженерных или декоративных? Обоснуйте свой ответ.

6. Для реализации технологии послойного наплавления (Fused deposition modeling – FDM) приобретён 3D-принтер с двумя экструдерами (рабочая температура одного из них – 200°C). Пользуясь таблицей 11, подберите подходящий водорастворимый рабочий материал для печати поддержки изделия из PLA. Обоснуйте ответ.

Решение и ответ

5. На первом этапе оцениваем необходимые свойства модели. Если это гибкая и мягкая уплотнительная прокладка, то очевидно, что изготовить её можно из пластиков группы FLEX.

Согласно методическим указаниям FLEX, или флекс-филаменты, – обобщающее название группы пластиков для FDM-печати, объединённых одним главным определяющим свойством: все они гибкие, резиноподобные, то есть эластичные.

Поэтому модель гибкой и мягкой уплотнительной прокладки следует делать из пластика FLEX, который относится как к декоративным (с различными наполнителями), так и к инженерным пластикам.

6. При выполнении задания следует учесть рабочие температуры экструзии для пластиков, приведённых в таблице 11. Температуры размягчения пластиков в данном случае не играют роли. Из условия задачи известно также, что этот пластик водорастворим и выступает в качестве поддержки при печати основного изделия из PLA.

Исходя из приведённых в таблице 11 значений температур экструзии, для печати полноценной модели из PLA с поддержкой, растворимой в воде, следует использовать пластик PVA ($T_{\text{экс}} = 190\text{-}210^\circ\text{C}$).

Вариант 3

Задание к практической работе

5. Перед разработчиком стоит задача изготовить несложное функциональное изделие, например, прототип автомобиля. При этом допускается наличие неприятного запаха при печати. Пользуясь таблицей 10, подберите подходящий материал для его печати на 3D-принтере. Относится ли выбранный вами пластик к разряду инженерных или декоративных? Обоснуйте свой ответ.

6. Для реализации технологии послойного наплавления (Fused deposition modeling – FDM) приобретён 3D-принтер с одним экструдером (рабочая температура – 210°C). Пользуясь таблицей 11, подберите подходящий нетоксичный рабочий материал для печати функциональной модели, которая может контактировать с пищевыми продуктами. Обоснуйте ответ.

Решение и ответ

5. На первом этапе оцениваем необходимые свойства модели. Если это функциональное изделие (прототип автомобиля), то к нему предъявляются определённые требования по прочностным характеристикам (прочность, износостойкость). Необходимо учесть, что в задании указана возможность возникновения неприятного запаха при печати, что влечёт за собой соблюдение специфических требований к принтеру.

По показателям прочности и соблюдения специфических требований к принтеру мы можем рассмотреть для использования следующие пластики: ABS, PETG, SBS, нейлон и FLEX. С учётом показателя износостойкости из предыдущего списка выбывают SBS и FLEX. Следует отметить, что пластики группы FLEX не подходят также по причине их гибкости.

Нейлон обладает лучшими характеристиками по износостойкости и прочности, но и он не подходит, поскольку мы собираемся печатать не рабочую деталь, например, шестерёнку, а прототип автомобиля.

Пластик PETG – очень прочный и износостойкий материал, но его чаще всего используют для изготовления изделий, допускающих контакт с пищевыми продуктами.

Поэтому прототип автомобиля следует печатать из пластика ABS, который относится к разряду инженерных пластиков.

6. При выполнении задания следует учесть рабочие температуры экструзии для пластиков, приведённых в таблице 11. Температуры размягчения пластиков в данном случае не играют роли. Из условия задачи известно также, что этот пластик допускает контакт с пищевыми продуктами. Поскольку изделие планируют печатать на принтере с одним экструдером, то поддержки при печати не требуется.

Исходя из приведённых в таблице значений температур экструзии для печати, а также из представленных в методическом пособии сведений о пластиках, допущенных к контакту с пищевыми продуктами, следует использовать пластик PETG ($T_{\text{экс}} = 220\text{-}240^\circ\text{C}$).

Вариант 4

Задание к практической работе

5. Перед разработчиком стоит задача изготовить модель (допускается невысокая прочность), которая впоследствии будет контактировать с пищевыми продуктами. Обязательное условие – простота механической обработки. Допускаются специфические требования к принтеру. Пользуясь таблицей 10, подберите подходящий материал для её печати на 3D-принтере. Относится ли выбранный вами пластик к разряду инженерных или декоративных? Обоснуйте свой ответ.

6. Для реализации технологии послойного наплавления (Fused deposition modeling – FDM) приобретён 3D-принтер с одним экструдером (рабочая температура – 250°C). Пользуясь таблицей 11, подберите подходящий рабочий материал для печати прозрачной ёмкости, которую можно использовать для хранения пищевых продуктов. Обоснуйте ответ.

Решение и ответ

5. По условию задачи известно, что модель будет впоследствии контактировать с пищевыми продуктами и должна легко подвергаться механической обработке. Исходя из методических указаний, этому требованию отвечает только два из приведённых в таблице 10 пластика – HIPS и PETG. Они удовлетворяют также еще одному требованию, указанному в задании, – простоте механической обработки.

В задании также сказано, что допускается невысокая прочность модели. По этой причине исключаем пластик PETG, обладающий высокой прочностью.

Модель, которая впоследствии будет контактировать с пищевыми продуктами, следует делать из HIPS, который относится к инженерным пластикам.

6. При выполнении задания следует учесть рабочие температуры экструзии для пластика, приведённых в таблице 11. Температуры размягчения пластика в данном случае не играют роли. Из условия задачи известно также, что этот пластик должен обладать высокой прозрачностью. Поскольку изделие планируют печатать на принтере с одним экструдером, поддержки при печати не требуется.

Исходя из приведённых в таблице значений температур экструзии для печати, а также из представленных в методическом пособии сведений о пластиках с высокой прозрачностью, следует использовать пластик SBS ($T_{\text{экс}} = 230\text{-}260^\circ\text{C}$).

Вариант 5

Задание к практической работе

5. Перед разработчиком стоит задача подобрать пластик, который можно использовать в качестве растворимой поддержки для изделий из PLA (полилактида). Пользуясь таблицей 10, подберите подходящий материал для её печати на 3D-принтере. Относится ли выбранный вами пластик к разряду инженерных или декоративных? Обоснуйте свой ответ.

6. Для реализации технологии послойного наплавления (Fused deposition modeling – FDM) приобретён 3D-принтер с одним экструдером (рабочая температура – 230°C). Пользуясь таблицей 11, подберите подходящий рабочий материал для печати несложного функционального изделия, например, модели автомобиля. При этом допускается наличие неприятного запаха при печати. Обоснуйте ответ.

Решение и ответ

5. Согласно методическим указаниям, единственным материалом из приведённых в таблице 10, который разрабатывался как водорастворимая поддержка при печати PLA является PVA.

В качестве водорастворимой поддержки при печати PLA следует использовать PVA, который не относится ни к декоративным, ни к инженерным пластикам, а используется только в качестве материала поддержки.

6. При выполнении задания следует учесть рабочие температуры экструзии для пластиков, приведённых в таблице 11. Температуры размягчения пластиков в данном случае не играют роли. Из условия задачи известно также, что при печати модели допускается наличие неприятного запаха при печати. Поскольку изделие планируют печатать на принтере с одним экструдером, поддержки при печати не требуется.

Исходя из приведённых в таблице 11 значений температур экструзии для печати, а также из представленных в методическом пособии сведений об условиях печати с использованием различных пластиков, следует использовать пластик ABS ($T_{\text{экс}} - 220-240^{\circ}\text{C}$).

Вариант 6

Задание к практической работе

5. Перед разработчиком стоит задача подобрать пластик, из которого можно изготовить несложное функциональное изделие (например, формочки для печенья). В дальнейшем для этого пластика допустим контакт с пищевыми продуктами. Допускаются специфические требования к принтеру. Пользуясь таблицей 10, подберите подходящий материал для его печати на 3D-принтере. Относится ли выбранный вами пластик к разряду инженерных или декоративных? Обоснуйте свой ответ.

6. Для реализации технологии послойного наплавления (Fused deposition modeling – FDM) приобретён 3D-принтер с одним экструдером (рабочая температура – 195°C). Пользуясь таблицей 11, подберите подходящий рабочий материал для печати декоративной вазы из биоразлагаемого материала. Обоснуйте ответ.

Решение и ответ

5. По условию задачи известно, что модель представляет собой несложное функциональное изделие, будет впоследствии контактировать с пищевыми продуктами, и при печати допускаются специфические требования к принтеру. Исходя из таблицы 10 и методических указаний, этому требованию отвечает только три из приведённых в таблице пластика – HIPS, PETG и SBS, но пластик HIPS чаще всего используется как растворимая поддержка для печати такими материалами, как ABS и нейлон. Кроме того, HIPS и SBS допускаются к контакту с пищевыми продуктами, но не с горячими. А нам необходимо напечатать формочки для печенья, которые в процессе выпечки будут подвергаться действию высокой температуры.

Модель, которая впоследствии будет контактировать с горячими пищевыми продуктами, следует делать из PETG, который относится к инженерным пластикам.

6. При выполнении задания следует учесть рабочие температуры экструзии для пластика, приведённых в таблице 11. Температуры размягчения пластика в данном случае не играют роли. Из условия задачи известно также, что пластик является биоразлагаемым материалом. Поскольку изделие планируют печатать на принтере с одним экструдером, поддержки при печати не требуется.

Исходя из приведённых в таблице 11 значений температур экструзии для печати, а также из представленных в методическом пособии сведений о склонности различных материалов к биоразложению, следует использовать пластик PLA ($T_{\text{экс}} - 190-220^{\circ}\text{C}$).

Вариант 7

Задание к практической работе

5. Перед разработчиком стоит задача подобрать пластик, из которого можно изготовить прозрачные или полупрозрачные изделия, в том числе ёмкости для пищевых продуктов, светильники, кастомные поворотники на мотоциклы и машины. Пользуясь таблицей 10, выберите подходящий материал для его печати на 3D-принтере. Относится ли выбранный вами пластик к разряду инженерных или декоративных? Обоснуйте свой ответ.

6. Для реализации технологии послойного наплавления (Fused deposition modeling – FDM) приобретён 3D-принтер с одним экструдером (рабочая температура – 235°C). Пользуясь таблицей 11, выберите подходящий рабочий материал для печати резиноподобного ремня передачи. Обоснуйте ответ.

Решение и ответ

5. По условию задачи известно, что модель представляет собой прозрачное или полупрозрачное изделие, для которого возможен контакт с пищевыми продуктами. Исходя из таблицы 10 и методических указаний, первому требованию отвечает только один пластик – SBS. Это материал с высокой прозрачностью, прочный и упругий. Два других пластика – HIPS и PETG, хотя и допущены к контакту с пищевыми продуктами, но прозрачностью, как у SBS, не обладают.

Прозрачные или полупрозрачные изделия, в том числе ёмкости для пищевых продуктов, светильники, кастомные поворотники на мотоциклы и машины, следует делать из SBS, который относится к инженерным пластикам.

6. При выполнении задания следует учесть рабочие температуры экструзии для пластиков, приведённых в таблице 11. Температуры размягчения пластиков в данном случае не играют роли. Из условия задачи известно также, что пластик относится к классу мягких материалов, поскольку из него предполагается изготовить резиноподобный ремень передачи. Поскольку изделие планируют печатать на принтере с одним экструдером, поддержки при печати не требуется.

Исходя из приведённых в таблице 11 значений температур экструзии для печати, а также из представленных в методическом пособии сведений о мягких пластиках, следует использовать пластик FLEX ($T_{\text{экст}} - 200-240^{\circ}\text{C}$).

Вариант 8

Задание к практической работе

5. Перед разработчиком стоит задача изготовить модель резиноподобного ремня передачи, стойкого к стандартным растворителям. Пользуясь таблицей 10, подберите подходящий материал для его печати на 3D-принтере. Относится ли выбранный вами пластик к разряду инженерных или декоративных? Обоснуйте свой ответ.

6. Для реализации технологии послойного наплавления (Fused deposition modeling – FDM) приобретён 3D-принтер с одним экструдером (рабочая температура – 255°C). Пользуясь таблицей 11, подберите подходящий рабочий материал для печати износостойкой втулки. Обоснуйте ответ.

Решение и ответ

5. На первом этапе оцениваем необходимые свойства модели. Если это резиноподобный ремень передачи, стойкий к стандартным растворителям, то очевидно, что изготовить его можно из пластиков группы FLEX.

Согласно методическим указаниям FLEX, или флекс-филаменты, – обобщающее название группы пластиков для FDM-печати, объединённых одним главным определяющим свойством: все они гибкие, резиноподобные, то есть эластичные.

Поэтому модель резиноподобного ремня передачи следует делать из пластика FLEX, который относится как к декоративным (с различными наполнителями), так и к инженерным пластикам.

6. При выполнении задания следует учесть рабочие температуры экструзии для пластиков, приведённых в таблице 11. Температуры размягчения пластиков в данном случае не играют роли. Из условия задачи известно также, что пластик должен обладать определёнными значениями прочности, износостойкости и термостойки. Поскольку изделие планируют печатать на принтере с одним экструдером, поддержки при печати не требуется.

Исходя из приведённых в таблице 11 значений температур экструзии для печати, а также из представленных в методическом пособии сведений о свойствах различных пластиков, следует использовать пластик нейлон ($T_{экс} - 240-260^{\circ}\text{C}$).

Вариант 9

Задание к практической работе

5. Перед разработчиком стоит задача изготовить износостойкую деталь, например шестерёнку. Пользуясь таблицей 10, выберите подходящий материал для её печати на 3D-принтере. Относится ли выбранный вами пластик к разряду инженерных? Обоснуйте свой ответ.

6. Для реализации технологии послойного наплавления (Fused deposition modeling – FDM) приобретён 3D-принтер с одним экструдером (рабочая температура – 200-230 °С). Пользуясь таблицей 11, выберите подходящий рабочий материал для печати полноценной модели. Обоснуйте ответ.

Решение и ответ

5. На первом этапе оцениваем необходимые свойства функциональной модели. Если это шестерёнка, то очевидно, что она должна быть прочной, износостойкой и термостойкой. Исходя из этих требований, подбираем возможные варианты и исключаем те материалы, которые точно не могут обеспечить необходимое качество детали. По этому показателю не подходят следующие пластики: PLA, PVA, SBS, FLEX.

На втором этапе оцениваем возможности механической и химической обработки напечатанной модели и исключаем те пластики, которые не обеспечивают простоту проведения этих процессов. По этому показателю не подходит PETG.

На третьем этапе оцениваем негативные последствия печати (например, наличие запаха). По этому показателю не подходит ABS.

В итоге осталось два пластика – HIPS и нейлон, но у пластика HIPS показатели по прочности и термостойкости хуже, чем у нейлона. К тому же у нейлона самые высокие показатели по износостойкости.

Поэтому шестерёнку следует делать из нейлона.

6. При выполнении задания следует учесть рабочие температуры экструзии для пластиков, приведённых в таблице 11. Температуры размягчения пластиков в данном случае не играют роли.

Исходя из приведённых в таблице значений температур экструзии для печати полноценной модели на заданном принтере, следует использовать пластик FLEX ($T_{\text{экс}} - 200-240^{\circ}\text{C}$).