

Концентрационные колебания в реакции Белоусова - Жаботинского

Аксенова Светлана

Гарина Ольга

дата выполнения - 13.09.2021

20 сентября 2021 г.

Целью работы является ознакомление с колебаниями в химических системах, а также расчёт кинетических параметров упрощённой схемы механизма реакции, описывающей колебания.

1 Экспериментальная часть

В качестве реагентов используется бромат калия, малоновая кислота и сернокислый церий. Реакция проводится в кислой среде.

Необходимое оборудование и материалы:

1. стаканчики на 25 мл - 2 шт.;
2. спектрофотометр, кварцевая кювета толщиной 1 см-2 шт.;
3. секундомер, компьютер.

Исходные реактивы:

1. 0,3 М раствор H_2SO_4 ;
2. 1,5 М раствор H_2SO_4 ;
3. 0,25 М раствор $\text{Fe}(\text{Phen})_3\text{SO}_4$ в 0,3 М H_2SO_4 ;
4. KBrO_3 (кристаллический);
5. малоновая кислота $\text{CO}_2\text{HCH}_2\text{CO}_2\text{H}$ (кристаллическая).

1.1 Вариант 1. Наблюдение различных режимов колебаний

Было проведено исследование протекания реакции БЖ в трёх рабочих растворах с различной концентрацией малоновой кислоты, объём растворов – 10 мл, концентрации реагентов приведены в таблице 1. В стаканчики с навесками

Реагент	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3
$[\text{Ce}(\text{SO}_4)_2]$, М	10^{-3}	10^{-3}	10^{-3}
$(\text{BrO}_3)^-$, М	$6 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-2}$
$\text{CH}_2(\text{COOH})_2$, М	$3 \cdot 10^{-2}$	0,3	1,2
H_2SO_4 , М	1,5	1,5	1,5
$\alpha = [\text{BrO}_3^-]/[\text{CH}_2(\text{COOH})_2]$	2	0,2	0,05
Режим колебаний	релаксационный	переходный	квазигармонический

Таблица 1 – Концентрация реагентов в рабочих растворах для опытов 1-3

KBrO_3 и малоновой кислоты, масса которых была рассчитана на общий объём рабочего раствора 10 мл, было добавлено 4 мл раствора 1,5 М H_2SO_4 . Далее растворы были объединены в одном стаканчике, к ним добавлялось 2 мл готового раствора $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$.

Запись кинетической кривой проводилась на спектрофотометре SOLAR PB2201 в режиме регистрации кинетики в режиме поглощения ($\lambda = 380$ нм). Полученные кривые представлены на рис. 1-4.

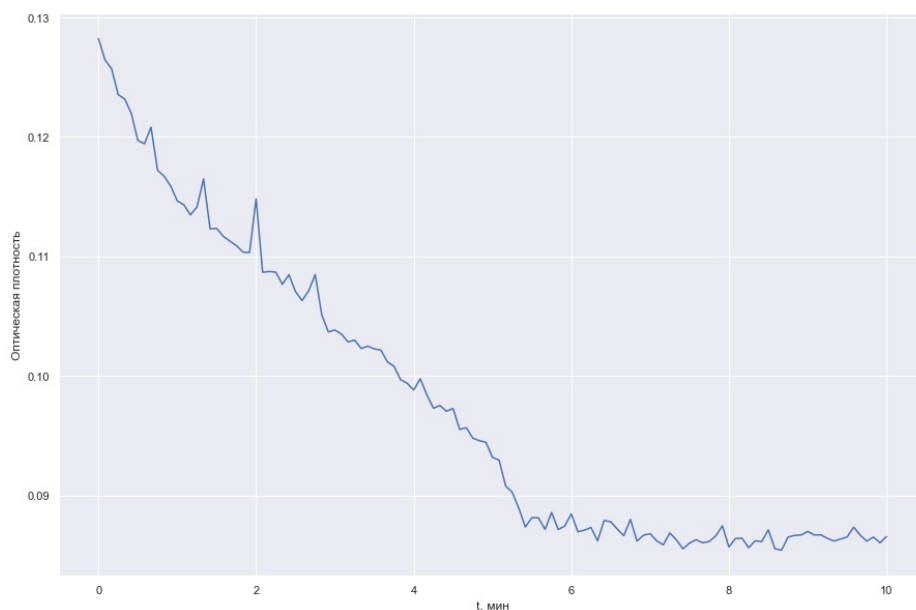


Рисунок 1 – Кинетическая кривая 1го раствора

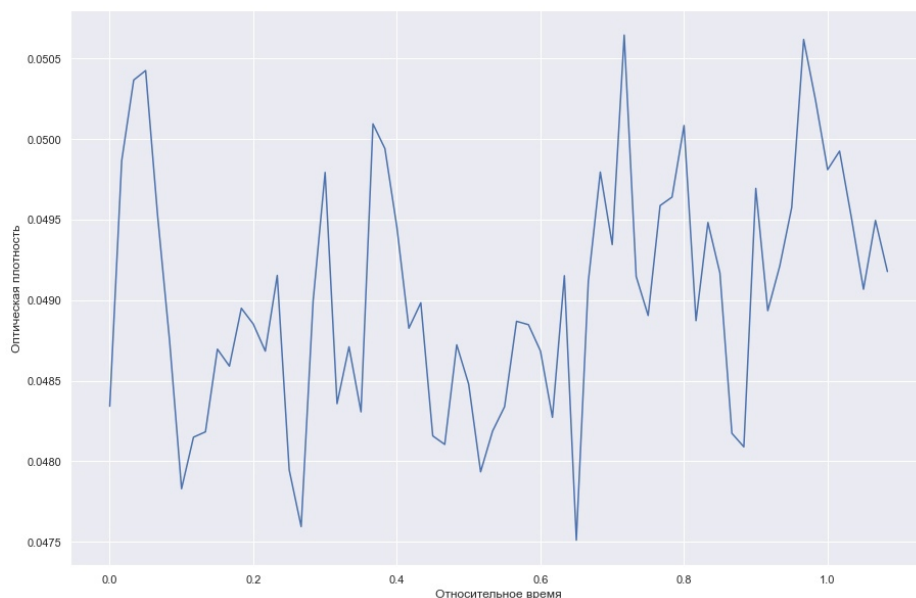


Рисунок 2 – Кинетическая кривая 2го раствора

1.2 Вариант 2. Исследование зависимости периода и амплитуды колебаний от концентраций реагентов

Необходимо было в квазигармоническом режиме исследовать зависимость периода и амплитуды колебаний от концентраций малоновой кислоты и бромата калия. Исследовать протекание реакции в трёх рабочих растворах, концентрации реагентов в растворах приведены в таблице 2. Приготовление растворов

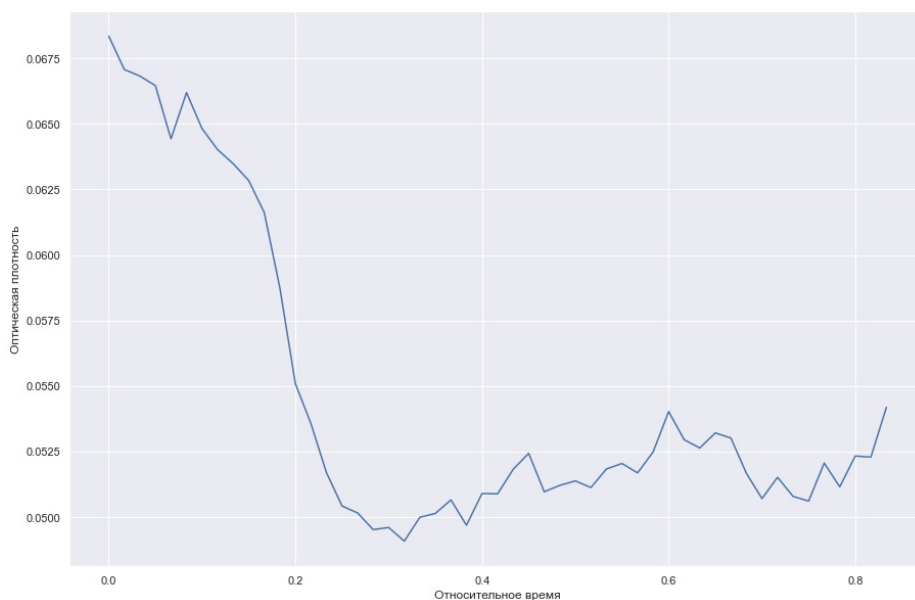


Рисунок 3 – Кинетическая кривая 3го раствора

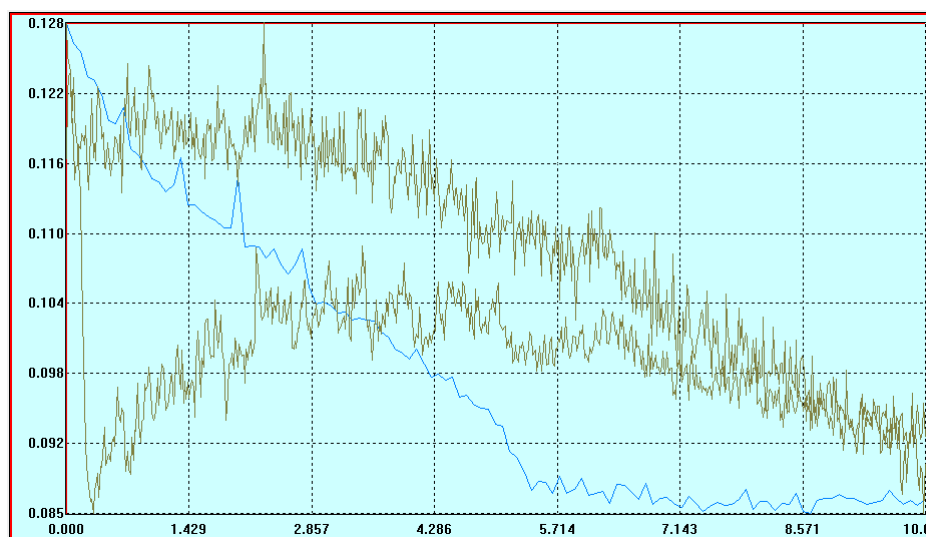


Рисунок 4 – Кинетические кривые 1-3го растворов

и запись кинетической кривой проводится аналогично предыдущему пункту. Полученные кинетические кривые представлены на рис. 5-8.

Для каждого случая был рассчитан период колебания (по среднему). Результаты представлены в таблице 3. Далее был получен график зависимости периода колебаний от логарифма концентраций (рис. 9).

1.3 Вариант 3. Проведение реакции Белоусова - Жаботинского с другим катализатором

Колебания в реакции окисления малоновой кислоты броматом возможны не только при использовании в качестве катализатора ионов церия. Подходящим катализатором является, например, фенантролиновый комплекс железа $\text{Fe(Phen)}_3\text{SO}_4$. Эта система удобна тем, что визуально наблюдается более заметное изменение окраски раствора, цвет меняется от красного к бледно-синему.

Реагент	Опыт 4	Опыт 5	Опыт 6
$[\text{Ce}(\text{SO}_4)_2]$, М	10^{-3}	10^{-3}	10^{-3}
$(\text{BrO}_3)^-$, М	$6 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-1}$
$\text{CH}_2(\text{COOH})_2$, М	0,8	1,5	1,2
H_2SO_4 , М	1,5	1,5	1,5

Таблица 2 – Концентрация реагентов в рабочих растворах для опытов 4-6

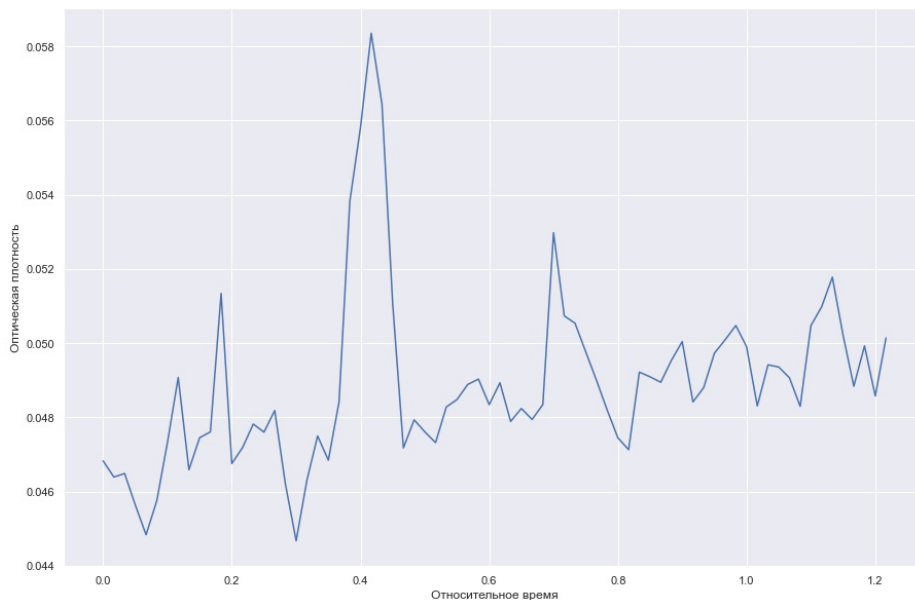


Рисунок 5 – Кинетическая кривая 4го раствора

При выполнении опыта в этом варианте используют два готовых раствора:

1. раствор 1: 0,3 М H_2SO_4 ;
2. раствор 2: 0,25 М $\text{Fe}(\text{Phen})_3\text{SO}_4$ в 0,3 М H_2SO_4 .

Кроме этого, два раствора объёмом 3 мл были приготовлены самостоятельно:

1. раствор 3: 0,32 М KBrO_3 в 0,3 М H_2SO_4 ;
2. раствор 4: 1,2 М малоновая кислота в 0,3 М H_2SO_4 .

После приготовления всех растворов была проведена химическая реакция, в которой мы визуально могли регистрировать изменение цвета. Запись кинетической кривой проводилась на длине волны 500 нм (рис. 10-12).

Опыт	Т, с
4	0,197
5	0,054
6	0,133

Таблица 3 – Периоды колебаний для опытов 4-6

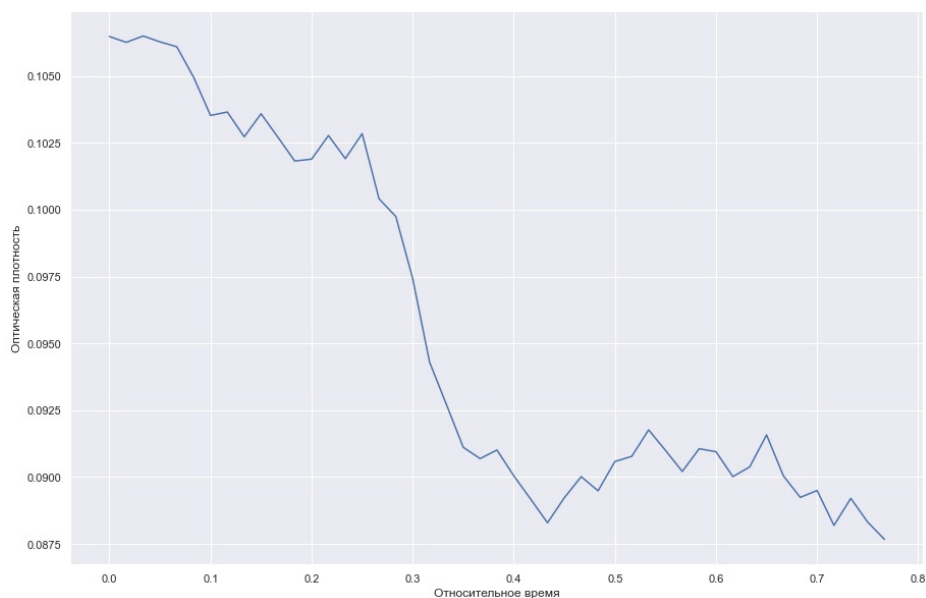


Рисунок 6 – Кинетическая кривая 5го раствора

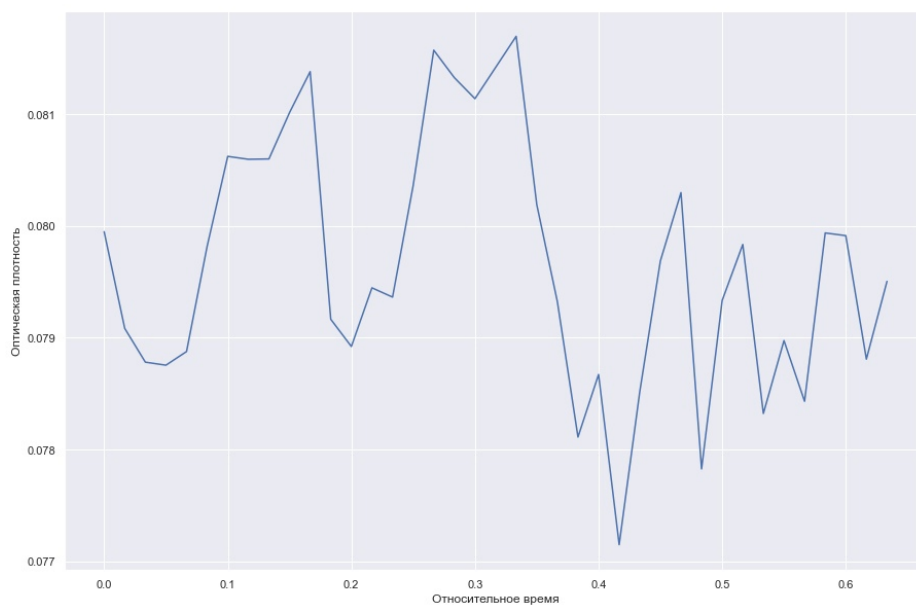


Рисунок 7 – Кинетическая кривая 6го раствора

2 Вывод

В результате была исследована колебательная реакция Белоусова-Жаботинского и были получены кинетические кривые для реакционных растворов с разными концентрациями реагентов. Также в последнем опыте в качестве катализатора использовался $\text{Fe(Phen)}_3\text{SO}_4$, что позволило наблюдать колебания по изменению окраски раствора.

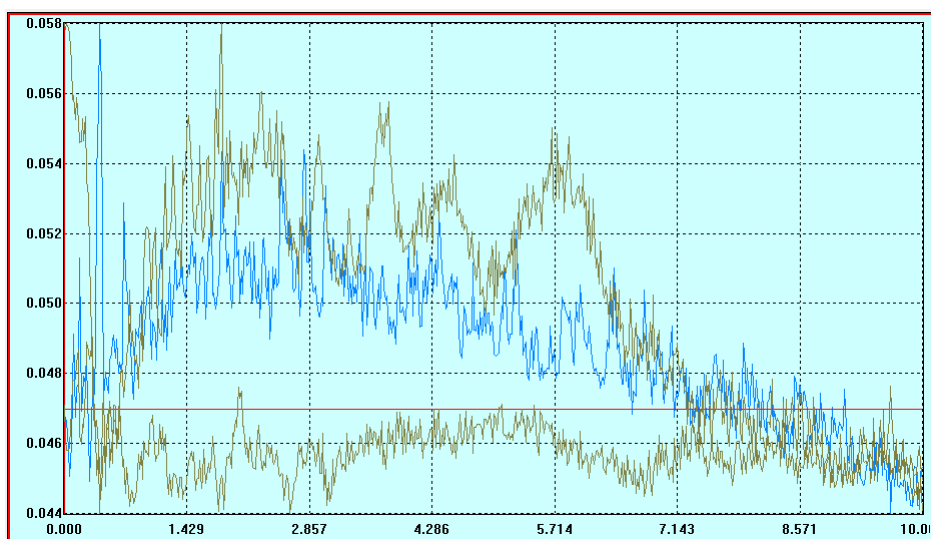


Рисунок 8 – Кинетические кривые 4-6го растворов

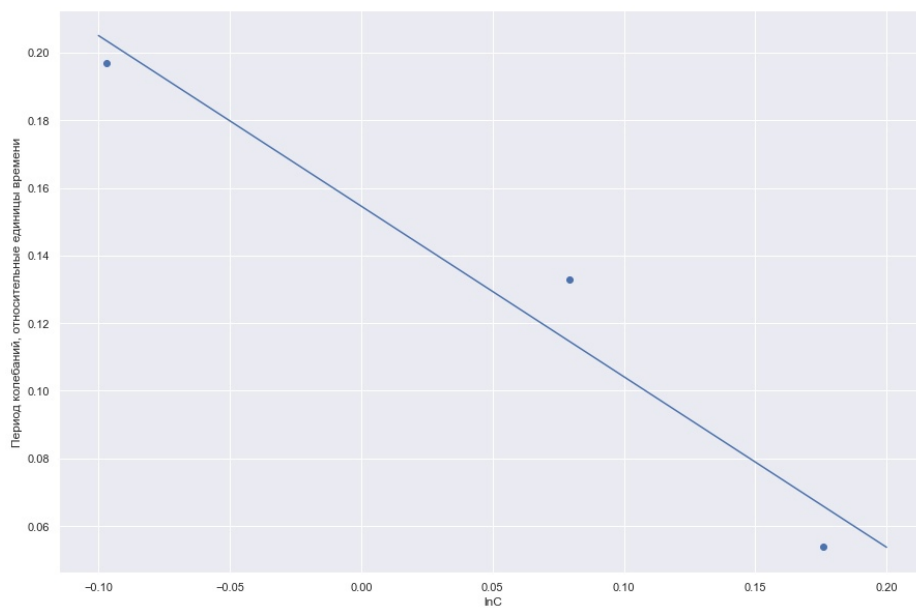


Рисунок 9 – График зависимости периода колебаний от логарифма концентраций для опытов 4-6

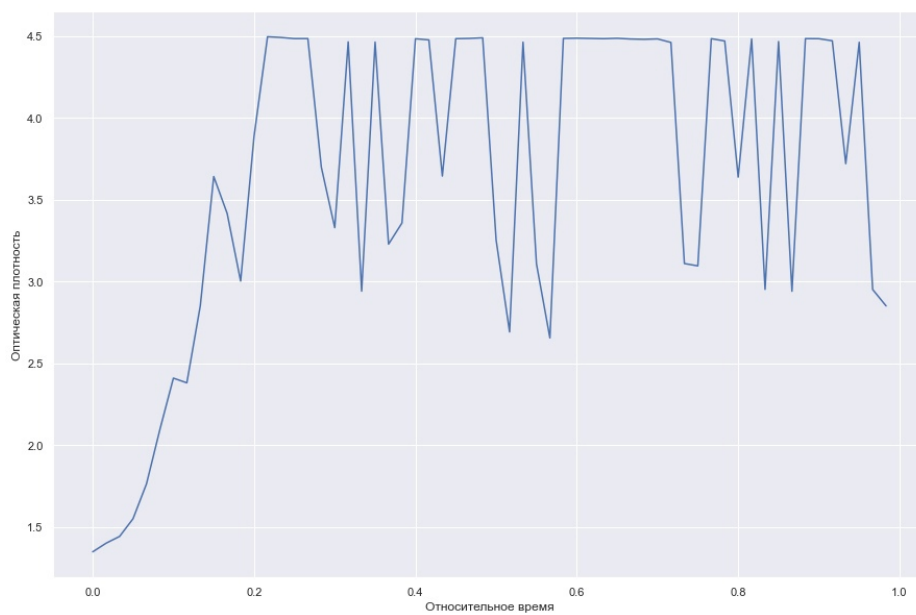


Рисунок 10 – Кинетическая кривая для опыта с катализатором $\text{Fe(Phen)}_3\text{SO}_4$ (кювета с $l = 1$ см)

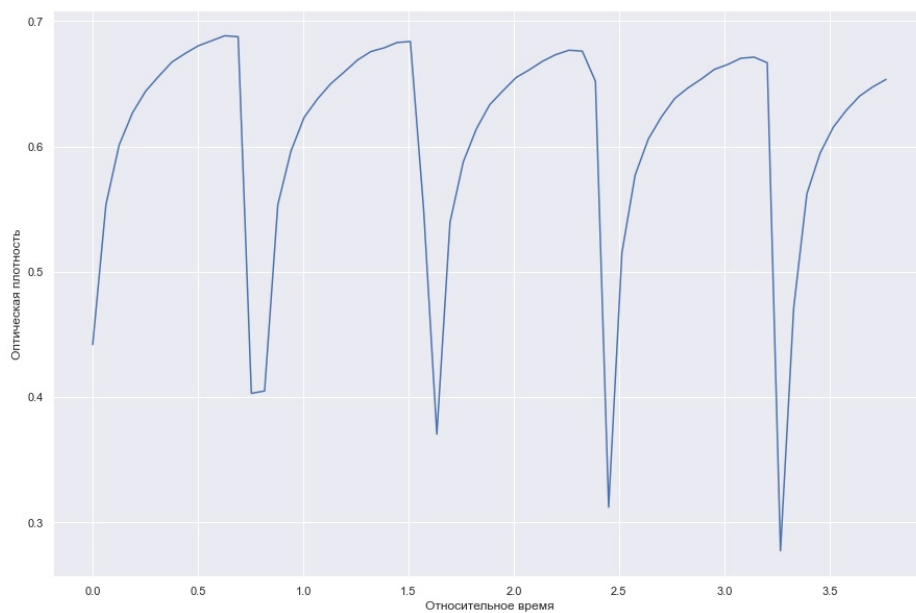


Рисунок 11 – Кинетическая кривая для опыта с катализатором $\text{Fe(Phen)}_3\text{SO}_4$ (кювета с $l = 1$ мм)

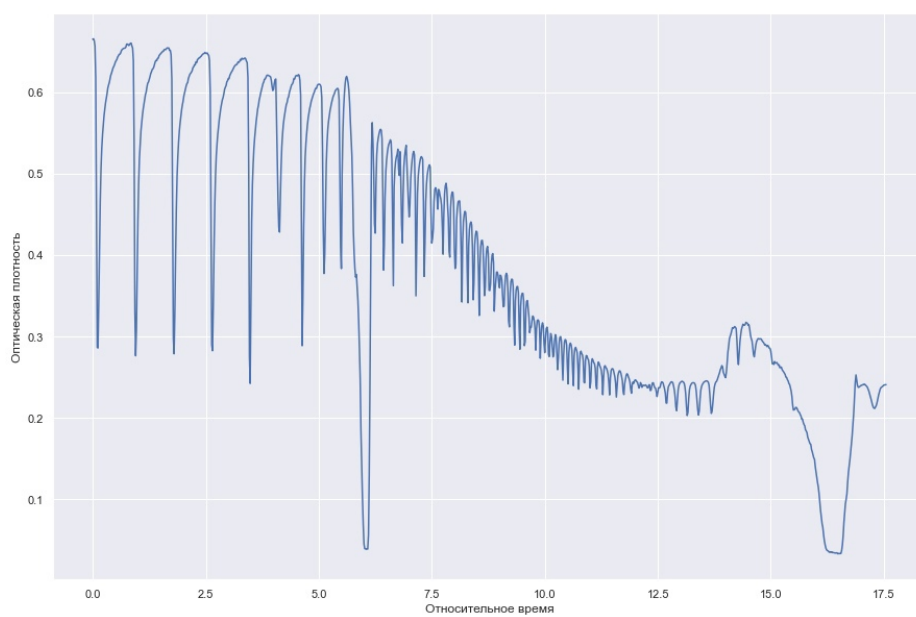


Рисунок 12 – Кинетическая кривая для опыта с катализатором $\text{Fe}(\text{Phen})_3\text{SO}_4$ (кювета с $l = 1$ мм) с изменением температуры