

Лабораторная работа № 3

СКОРОСТЬ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ

1 академический час

Сейткалиева Нургуль Жарылкагановна
(ФИО преподавателя)

Цель работы

Исследовать влияние различных факторов на скорость химической реакции.

Содержание работы

а) Зависимость скорости реакции от концентрации.

б) Зависимость скорости реакции от температуры.

Техника безопасности

При выполнении работы пользоваться химическими реактивами аккуратно, не допуская разбрызгивания и проливания реактивов на лабораторный стол и одежду.

Теоретические основы и ход работы

Скорость химического процесса – это изменение концентрации вещества за единицу времени: $v = (C_2 - C_1) / (t_2 - t_1) = \pm \Delta C / \Delta t$

- 1) От концентрации по закону действия масс, т.е. скорость химической реакции прямо пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ в степенях, равных коэффициентам перед формулами веществ в уравнении реакции: $v = k \cdot C_A^n \cdot B_B^m$
- 2) От температуры по правилу Вант-Гоффа, т.е. при увеличении температуры на каждые 10° , скорость химической реакции

$$\frac{v_2}{v_1} = \gamma^{(t_2 - t_1) / 10},$$

увеличивается в 2-4 раза:

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

В этой работе изучается скорость самопроизвольного разложения тиосерной кислоты $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$. При добавлении серной кислоты к раствору тиосульфата натрия будут протекать реакции:

- 1) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$, быстрая стадия;
- 2) $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{S} \downarrow$, медленная стадия;
- 3) $\text{H}_2\text{SO}_3 = \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, быстрая стадия;

Вторая медленная стадия – разложение тиосерной кислоты, сопровождается выделением эквивалентного количества коллоидной серы (S), по времени выделения которой, можно судить о скорости процесса.

Необходимые реактивы и приборы

- а) раствор тиосульфата натрия с $C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,0025 \text{ моль/л}$;
- б) раствор серной кислоты с $C(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,0025 \text{ моль/л}$;
- в) пробирки, стеклянная палочка;
- г) секундомер;
- д) пипетки

Опыт 1. Зависимость скорости реакции от концентрации

Наберите в пробирку мерной пипеткой 1 мл раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, туда же налейте 2 мл H_2O . В другую пробирку наберите мерной пипеткой 1 мл раствора H_2SO_4 . Быстро прилейте H_2SO_4 к $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ и сразу же начните отсчет времени по секундомеру, встряхивая пробирку с полученным раствором. Продолжая отсчет времени, внимание сосредоточьте на появлении мути. В момент начала появления мути остановите секундомер. Число секунд (τ) занесите в таблицу.

Повторите 2 раза опыт, изменяя количество $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ и, добавляя воду в кислоту – общий объем 4мл. (опыты проводить с данными таблицы)

№	Объем раствора, мл			Общий объем, мл	Время (τ), с	$1/\tau$, с^{-1}
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	H_2O	H_2SO_4			
1	1	2	1	4		
2	2	1	1	4		
3	3	0	1	4		

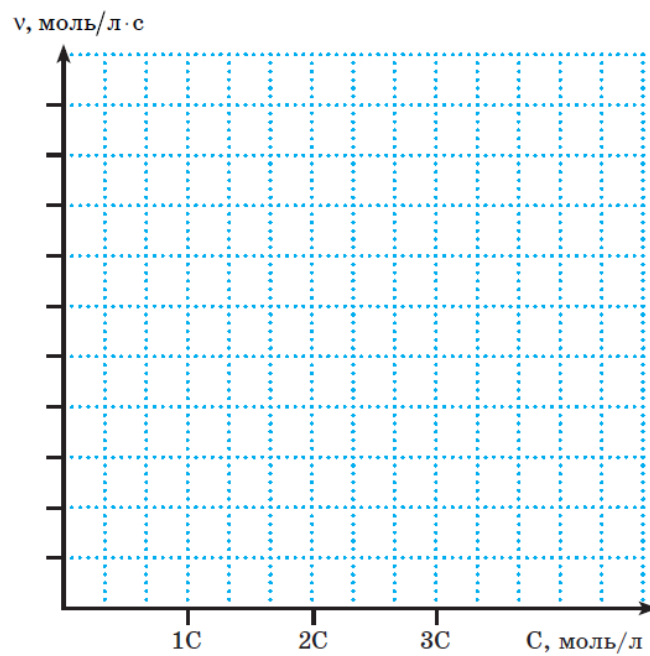
$1/\tau$ – скорость образования серы; τ – время в секундах

Построить график зависимости скорости реакции от концентрации.

Результаты опыта 1

№	Объем раствора, мл			Общий объем, мл	Время (τ), с	$1/\tau$, с ⁻¹
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	H_2O	H_2SO_4			
1	1	2	1	4		
2	2	1	1	4		
3	3	0	1	4		

График зависимости скорости реакции
от концентрации реагентов



Опыт 2. Зависимость скорости реакции от температуры

Изучение зависимости скорости от разложения тиосерной кислоты от $t^{\circ}\text{C}$ проводят в пробирках, опущенных в водяную баню.

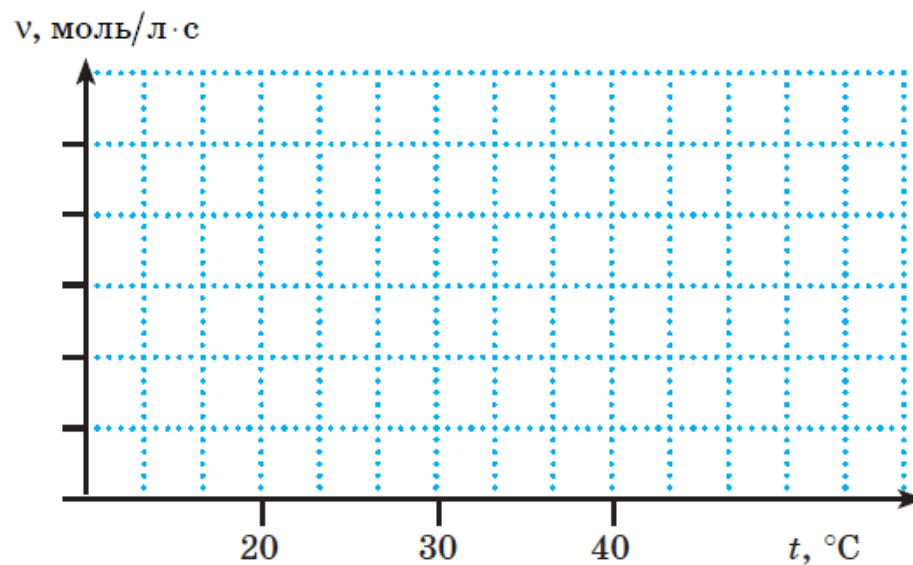
В три пробирки отмерить по 2 мл раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, а в другие три пробирки набрать по 2 мл раствора H_2SO_4 . Затем первую пару из $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ и H_2SO_4 опустить в водяную баню, температура которой равна t (любая исходная t). Растворы должны постоять в бане 1 мин, чтобы принять температуру бани. Не вынимая пробирку с $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ из бани, быстро прилейте к нему раствор H_2SO_4 из второй пробирки, и, взбалтывая полученный раствор, измерьте секундомером время помутнения раствора.

Повторите этот же опыт, увеличивая температуру бани на каждые 10°C , т.е. $t+10^{\circ}$, $t+20^{\circ}$. Занесите результаты измерений времени помутнения раствора в таблицу, рассчитайте относительную скорость $1/t$. Постройте график зависимости скорости от температуры.

Результаты опыта 2

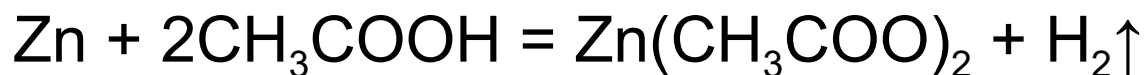
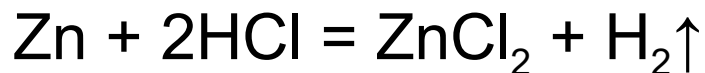
№	Температура t , °C	Время, τ	$1/\tau$
1	T		
2	$t+10^\circ$		
3	$t+20^\circ$		

График зависимости скорости реакции
от температуры



- ***Изучение влияния природы кислоты***

В одну пробирку наливаем раствор соляной кислоты, а в другую – столько же уксусной (примерно одинаковой концентрации). Одновременно помещаем в них по грамуле цинка. В обеих пробирках протекает реакция замещения с выделением водорода:



В пробирке с уксусной кислотой водород выделяется с меньшей скоростью. Это можно объяснить тем, что уксусная кислота обладает меньшими кислотными свойствами по сравнению с соляной кислотой.

Зависимость скорости реакции от концентрации исходных веществ

В две пробирки поместим по 2 гранулы цинка и осторожно прильем растворы уксусной кислоты: в первую пробирку – 9%-ный уксус, а во вторую – 70%-ную кислоту. Реакция протекает быстрее в той пробирке, в которой больше концентрация уксусной кислоты.

Зависимость скорости реакции от участия катализатора

На дно стакана нальем 3%-ный раствор перекиси водорода. Пероксид водорода – очень непрочное вещество и легко разлагается на воду и кислород:



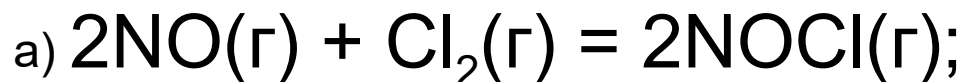
При обычных условиях реакция разложения пероксида водорода протекает медленно, признаков реакции (т. е. выделения пузырьков газа) мы не наблюдаем. Добавим в стакан с перекисью водорода **немного черного порошка оксида марганца (IV)**. Наблюдаем интенсивное выделение пузырьков газа. Дело в том, что оксид марганца является катализатором реакции разложения пероксида водорода.

- ***Изучение влияния степени измельчения вещества (по поверхности соприкосновения реагирующих веществ).***
- В две пробирки нальем примерно по 2 мл раствора медного купороса. Одновременно поместим в одну пробирку кусок железной проволоки, а в другую – железный порошок. В обеих пробирках протекает реакция замещения в соответствии с уравнением:



- Мы видим, что измельчение вещества приводит к повышению скорости реакции.

Пример. Напишите выражения закона действия масс для реакций:

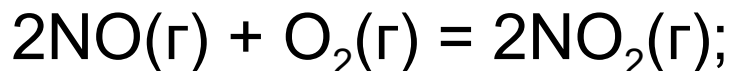


Решение а) $\vartheta = k [\text{NO}]^2[\text{Cl}_2].$

б) Поскольку карбонат кальция – твердое вещество, концентрация которого не изменяется в ходе реакции,

искомое выражение будет иметь вид: $\vartheta = k$, т.е. в данном случае скорость реакции при определенной температуре постоянна.

Пример. Как изменится скорость реакции:



если уменьшить объем реакционной смеси в 3 раза?

Решение: До изменения объема скорость реакции выражалась уравнением:

$$\vartheta = k [\text{NO}]^2 [\text{O}_2].$$

Вследствие уменьшения объема концентрация каждого из реагирующих веществ возрастет в три раза. Следовательно:

$$\vartheta' = k (3[\text{NO}])^2 (3[\text{O}_2]) = 27k [\text{NO}]^2 [\text{O}_2].$$

Сравнивая выражения для ϑ и ϑ' , находим, что скорость реакции возрастает в 27 раз.

Пример. Коэффициент скорости реакции равен 2,8. Во сколько раз возрастет скорость реакции при повышении температуры от 20 до 75°C?

Решение. Поскольку $\Delta t = 55^\circ\text{C}$, то обозначив скорость реакции при 20 и 75 °C соответственно через ϑ и ϑ' , можем записать:

$$\vartheta/\vartheta' = 2,8^{55/10} = 2,8^{5,5};$$

$$\lg \vartheta'/\vartheta = 5,5 \cdot \lg 2,8 = 5,5 \cdot 0,447 = 2,4584.$$

Откуда: $\vartheta'/\vartheta = 287$. Скорость реакции увеличится в 287 раз.

- **Контрольные вопросы:**
- 1. От каких факторов зависит скорость химических реакций? Дайте определение закона действующих масс.
- 2. Что называют константой скорости? Каков физический смысл этой величины? От каких факторов она зависит?
- 3. Какой формулой выражается правило Вант-Гоффа? Что называют температурным коэффициентом скорости реакции?
- 4. Записать выражение скоростей реакции правой и левой частей следующих выражений:
- $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$
- $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$

