

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ИНСТИТУТ СОДЕРЖАНИЯ И МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ

федеральное государственное
бюджетное научное учреждение

МЕТОДИЧЕСКИЙ КЕЙС

(ХИМИЯ. 10-11 КЛАССЫ)

Скорость химической реакции

АВТОР:

АСАНОВА ЛИДИЯ ИВАНОВНА

к. п. н., старший научный сотрудник
лаборатории естественно-научного
образования ФГБНУ «ИСМО»

Москва
2024

МЕТОДИЧЕСКИЙ КЕЙС «СКОРОСТЬ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ»

В кейсе рассматриваются подходы к выполнению заданий по теме «Скорость химических реакций». Приводятся необходимые теоретические сведения и примеры заданий с методическими комментариями, а также задания для самостоятельного выполнения.

Использование материалов кейса окажет помощь педагогам в организации учебно-познавательной деятельности одиннадцатиклассников по данной теме как на уроке, так и во внеурочное время и будет способствовать успешной подготовке обучающихся к экзамену.

Учебный предмет: ХИМИЯ
Класс: 11 (базовый уровень)
Тема: Скорость химической реакции
Раздел: Теоретические основы химии

АКТУАЛЬНОСТЬ

В курсе химии основной школы одиннадцатиклассники уже получили представление о скорости химической реакции и факторах, влияющих на неё. В ФООП СОО тема «Скорость химической реакции» включена в содержание курсов химии как базового, так и углубленного уровней.

В школьном курсе химии на базовом уровне процессы превращений веществ в основном рассматриваются с использованием представлений о скорости химической реакции на качественном уровне, а количественные характеристики очень упрощены и не всегда корректны. Задания, связанные с понятием скорости химической реакции, в контрольных работах ЕГЭ по химии представлены тоже на **базовом уровне** сложности и не требуют количественных расчетов. Для их выполнения достаточно применения знаний на уровне «больше», «меньше», «возрастает», «уменьшается», «не влияет» и т. п. Тем не менее с этим заданием, которое проверяет сформированность умений объяснять зависимость скорости химической реакции от различных факторов, справляются только около половины экзаменуемых, о чём свидетельствуют результаты экзамена.

Использование материалов кейса окажет помощь педагогам в организации учебно-познавательной деятельности одиннадцатиклассников по данной теме как на уроке, так и во внеурочное время и будет способствовать успешной подготовке обучающихся к экзамену.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Предметная компетентность: свободное владение изучаемым материалом (сформированность умений классифицировать химические реакции в неорганической и органической химии по различным классификационным признакам); умение свободно решать задания ЕГЭ по теме «Скорость химической реакции».

Методическая компетентность: умение организовать работу с учащимися с опорой на знания, полученные ими ранее при изучении других предметов; умение использовать разнообразный спектр материалов и заданий (книги, интернет-ресурсы), способных вызвать интерес к теме «Скорость химической реакции»; умение разрабатывать (корректировать имеющиеся) дидактические и методические материалы, обеспечивающие достижение планируемых образовательных результатов по теме «Скорость химической реакции».

Психолого-педагогическая компетентность: умение отбирать подходы и технологии к организации обучения и воспитания на основе включения всех обучающихся в образовательный процесс, в том числе с особыми образовательными потребностями; умение отбирать учебное содержание для организации совместной (индивидуальной) учебной деятельности обучающихся, в том числе с особыми образовательными потребностями, в соответствии с требованиями федеральных государственных образовательных стандартов.

Коммуникативная компетентность: умение устанавливать отношения сотрудничества и вести диалог с учащимися, другими участниками образовательного процесса при изучении темы «Скорость химической реакции».

МЕТОДИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА

Освоение знаний невозможно без использования таких базовых логических действий, как умение устанавливать причинно-следственные связи между изучаемыми явлениями, выявлять закономерности и противоречия в рассматриваемых явлениях, формулировать выводы и заключения. Однако эти умения недостаточно прочно сформированы у обучающихся. Развитию этих умений при изучении химии способствует в том числе освоение темы «Скорость химических реакций». Знание закономерностей протекания химических реакций необходимо для формирования целостного представления об окружающем мире и явлениях, в нём происходящих.

Систематизация учебного материала по любой изученной теме требует выделения в её содержании главного и установления причинно-следственных связей между отдельными элементами знаний. Организацию повторения, систематизации и обобщения учебного материала целесообразно сочетать с коррективкой пробелов в знаниях обучающихся. Поэтому следует начинать с выделения *основных теоретических знаний* темы, а затем перейти к *выполнению практических заданий*. Прочному и осознанному усвоению изученного учебного материала, умению применять полученные теоретические знания будет способствовать использование заданий различного типа и уровня сложности, а не только выполнение заданий в формате ЕГЭ текущего года.

При выполнении тестовых заданий рекомендуем обучающимся давать названия веществам, если указаны их формулы, и, наоборот, рядом с названиями веществ записывать их формулы. Требуется обратить внимание обучающихся на тривиальные названия веществ, незнание которых создаёт дополнительные сложности. Кроме того, следует составлять уравнения указанных в задании реакций, даже если нет каких-либо указаний на это действие. Необходимо также, чтобы школьники не просто называли верные с их точки зрения ответы, но и аргументировали свой выбор.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Теоретическая часть

Раздел химии, изучающий изменение химических систем во времени, называется *химической кинетикой*.

Скорость реакции v – количественная характеристика быстроты протекания химической реакции.

В *гомогенных* (однородных) системах (в растворе или в газовой фазе) скорость химической реакции определяется изменением молярной концентрации одного из реагирующих веществ в единицу времени:

$$v = \pm \frac{C_2 - C_1}{t_2 - t_1} = \pm \frac{\Delta C}{\Delta t},$$

где C_1 и C_2 — молярные концентрации веществ в моменты времени t_1 и t_2 соответственно. Знак (+) используют в том случае, если скорость определяется по продукту реакции (его концентрация в процессе реакции увеличивается), знак (–) – по исходному веществу (его концентрация в процессе реакции уменьшается). Если в реакции участвует несколько веществ, то скорость можно выражать через концентрацию любого из них, так как концентрации остальных веществ связаны с ней стехиометрическими соотношениями.

Согласно теории столкновений, химические реакции происходят при столкновении молекул реагирующих веществ. Поэтому скорость реакции зависит от числа столкновений и, кроме того, определяется вероятностью того, что столкновения приведут к превращению веществ. Число столкновений определяется концентрациями реагирующих веществ, а вероятность реакции – энергией сталкивающихся молекул.

Катализатор — вещество, участвующее в реакции и изменяющее её скорость, но остающееся неизменным после окончания реакции.

Ингибиторы – вещества, уменьшающие скорость реакции.

Ферменты – биологические катализаторы белковой природы.

Факторы, влияющие на скорость химической реакции

Управление процессом протекания химических реакций невозможно без учёта факторов, влияющих на их скорость. Охарактеризуем эти факторы.

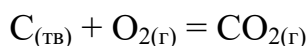
1. *Природа реагирующих веществ*. Например, при нормальных условиях активный щелочной металл калий может самовоспламениться на воздухе и бурно реагирует с водой, в то время как железо при нормальных условиях окисляется медленно и с водяным паром реагирует в раскалённом виде.

2. *Концентрация реагентов*. Чем выше концентрация реагентов, тем выше скорость реакции. Так, скорость сгорания веществ в кислороде выше, чем на воздухе, поскольку содержание кислорода в воздухе составляет 21 % по объёму.

Увеличение давления газов приводит к увеличению их концентрации, а следовательно, к увеличению скорости реакции.

Следует учесть, что концентрация твёрдых веществ – величина постоянная и не влияет на скорость реакции. Например, скорость реакции

сгорания угля зависит от концентрации только одного реагента – газообразного кислорода:

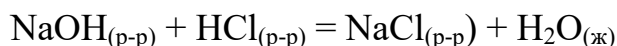


Необходимо также обратить внимание, что *на скорость реакции влияют концентрации только исходных веществ, но не продуктов реакции.*

3. *Температура.* Чем выше температура, тем быстрее протекает реакция. Например, при обычных условиях оксид меди(II) очень медленно реагирует с разбавленной серной кислотой, но при нагревании скорость реакции возрастает: оксид меди(II) чёрного цвета растворяется в кислоте, образуя раствор голубого цвета.

4. *Площадь соприкосновения реагирующих веществ.* Этот фактор актуален для *гетерогенных реакций*: чем больше площадь соприкосновения реагирующих веществ, тем скорость реакции выше. Поэтому измельчение твёрдых веществ приводит к увеличению скорости реакции с их участием. Например, реакция соляной кислоты с гранулированным цинком протекает медленнее, чем с цинковой пылью.

Практически мгновенно протекают гомогенные реакции между ионами в растворах электролитов:



Практическая часть

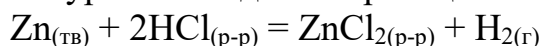
Задания по теме «Скорость химической реакции» и комментарии к их решению

1. Из предложенного перечня выберите **все** внешние воздействия, которые приводят к увеличению скорости реакции цинка с соляной кислотой.

- 1) повышение температуры
- 2) измельчение цинка
- 3) добавление нескольких кусочков цинка
- 4) использование ингибитора
- 5) увеличение концентрации водорода

Ответ: _____

Решение. Составим уравнение данной реакции:



Во-первых, учтём, что реакция цинка с соляной кислотой – гетерогенная. Далее рассмотрим влияние каждого фактора на скорость предложенной реакции.

Повышение температуры увеличит скорость реакции.

Поскольку данная реакция гетерогенная, то измельчение цинка приведёт к увеличению её скорости, но добавление нескольких кусочков цинка не повлияет на скорость.

Ингибитор – вещество, которое уменьшает скорость реакции.

Водород – продукт реакции взаимодействия цинка с соляной кислотой, поэтому изменение его концентрации не окажет влияния на скорость данной реакции.

Таким образом, к увеличению скорости данной реакции приведёт повышение температуры и измельчение цинка.

Ответ: 12

2. Из предложенного перечня выберите **все** реакции, которые при тех же условиях протекают с большей скоростью, чем взаимодействие железа с уксусной кислотой.

- 1) взаимодействие железа с соляной кислотой
- 2) взаимодействие железа с хлоруксусной кислотой
- 3) взаимодействие раствора карбоната калия с уксусной кислотой
- 4) взаимодействие железа с пропионовой кислотой
- 5) взаимодействие цинка с уксусной кислотой

Запишите номера выбранных ответов.

Ответ: _____

Решение. При выполнении этого задания необходимо учесть влияние на скорость реакции двух факторов: природы реагирующих веществ и площади поверхности соприкосновения реагирующих веществ.

Обратим внимание на активность металлов и силу кислот: соляная и хлоруксусная кислоты сильнее уксусной, а пропионовая – слабее; цинк – более активный металл, чем железо. Значит, реакции железа с соляной и хлоруксусной кислотой, а также цинка с уксусной кислотой будут протекать с большей скоростью по сравнению с реакцией железа с уксусной кислотой.

Взаимодействие раствора карбоната калия с уксусной кислотой – гомогенная реакция, протекающая в растворе электролитов, она идёт практически мгновенно.

Таким образом, с большей скоростью, чем взаимодействие железа с уксусной кислотой, будут протекать реакции железа с соляной кислотой, железа с хлоруксусной кислотой, цинка с уксусной кислотой, а также раствора карбоната калия с уксусной кислотой.

Ответ: 1235

Отметим, что отсутствие указания на число правильных ответов усложняет выполнение подобных заданий.

Задания для самостоятельной работы по теме «Скорость химической реакции»

3. Выберите **все** верные утверждения о скорости химической реакции и факторах, влияющих на неё.

- 1) Скорость гетерогенной реакции увеличивается при добавлении твёрдого реагента.
- 2) На скорость химической реакции с участием газообразных веществ влияет изменение давления в системе.
- 3) Для увеличения скорости реакции необходимо измельчить твёрдые реагенты.
- 4) Повышение температуры способствует увеличению скорости реакции.
- 5) Масса катализатора уменьшается в результате реакции.

Ответ: _____

4. Из предложенного перечня реагентов выберите два реагента, при взаимодействии которых скорость выделения водорода будет наибольшей.

- 1) раствор хлороводородной кислоты с концентрацией HCl 0,1 моль/л
- 2) раствор хлороводородной кислоты с концентрацией HCl 0,05 моль/л
- 3) раствор уксусной кислоты с концентрацией 0,1 моль/л
- 4) гранулы цинка
- 5) порошок цинка

Ответ:

5. Из предложенного перечня реагентов выберите два реагента, при взаимодействии которых скорость выделения водорода будет наименьшей.

- 1) раствор хлороводородной кислоты с концентрацией HCl 0,1 моль/л
- 2) раствор уксусной кислоты с концентрацией 0,05 моль/л
- 3) раствор хлороводородной кислоты с концентрацией HCl 0,05 моль/л
- 4) железная стружка
- 5) стружка магния

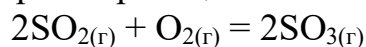
Ответ:

6. Из предложенного перечня реагентов выберите два реагента, скорость реакции между которыми при комнатной температуре будет наибольшей.

- 1) CaO
- 2) NaOH_(р-р)
- 3) CO₂
- 4) Zn
- 5) FeCl_{2(р-р)}

Ответ:

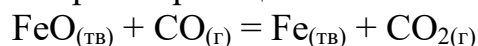
7. Из предложенного перечня выберите **все** внешние воздействия, которые приводят к увеличению скорости реакции



- 1) увеличение концентрации кислорода
- 2) увеличение концентрации оксида серы(VI)
- 3) понижение температуры
- 4) повышение давления
- 5) введение в систему ингибитора

Ответ: _____

8. Из предложенного перечня выберите **все** внешние воздействия, которые приводят к увеличению скорости реакции

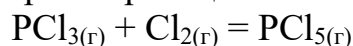


- 1) измельчение FeO
- 2) добавление железа
- 3) повышение температуры
- 4) увеличение концентрации CO₂
- 5) увеличение концентрации CO

Запишите номера выбранных ответов.

Ответ: _____

9. Из предложенного перечня выберите **все** внешние воздействия, которые приводят к уменьшению скорости реакции



- 1) уменьшение концентрации хлорида фосфора(V)
- 2) уменьшение концентрации хлорида фосфора(III)
- 3) увеличение концентрации хлорида фосфора(V)
- 4) уменьшение давления в системе
- 5) понижение температуры

Запишите номера выбранных ответов.

Ответ: _____

10. Из предложенного перечня выберите **все** внешние воздействия, которые приводят к уменьшению скорости реакции гидратации этилена.

- 1) использование катализатора
- 2) уменьшение концентрации этанола
- 3) понижение температуры
- 4) уменьшение концентрации этилена
- 5) повышение давления в системе

Запишите номера выбранных ответов.

Ответ: _____

11. Из предложенного перечня выберите **все** внешние воздействия, которые приводят к понижению скорости реакции мрамора с азотной кислотой.

- 1) удаление углекислого газа из системы
- 2) понижение температуры
- 3) измельчение мрамора
- 4) добавление нескольких кусочков мрамора
- 5) уменьшение концентрации азотной кислоты

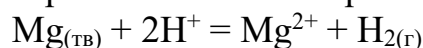
Ответ: _____

12. Из предложенного перечня выберите **все** внешние воздействия, которые **не влияют** на скорость реакции магния с разбавленной серной кислотой.

- 1) понижение температуры
- 2) измельчение магния
- 3) добавление нескольких кусочков магния
- 4) уменьшение концентрации серной кислоты
- 5) увеличение концентрации водорода

Ответ: _____

13. Из предложенного перечня выберите **все** внешние воздействия, которые приводят к увеличению скорости химической реакции



- 1) измельчение магния
- 2) понижение температуры
- 3) увеличение концентрации водорода
- 4) повышение концентрации ионов Mg^{2+}
- 5) повышение концентрации кислоты

Ответ: _____

14. Из предложенного перечня выберите **все** внешние воздействия, которые приводят к увеличению скорости реакции азота с водородом.

- 1) понижение температуры
- 2) увеличение концентрации водорода
- 3) введение в систему катализатора
- 4) повышение концентрации аммиака
- 5) понижение давления

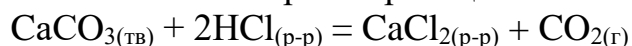
Ответ: _____

15. Из предложенного перечня выберите **все** внешние воздействия, которые приводят к увеличению скорости реакции оксида кальция с углекислым газом.

- 1) измельчение оксида кальция
- 2) повышение давления в системе
- 3) понижение концентрации оксида углерода(IV)
- 4) повышение температуры
- 5) добавление оксида кальция

Ответ: _____

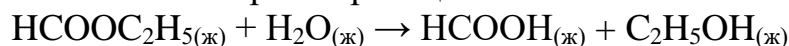
16. Из предложенного перечня выберите **все** внешние воздействия, которые верно характеризуют изменение скорости реакции



- 1) возрастает при уменьшении давления в системе
- 2) увеличивается при измельчении карбоната кальция
- 3) увеличивается при добавлении карбоната кальция
- 4) снижается при уменьшении концентрации хлороводородной кислоты
- 5) увеличивается при удалении из системы углекислого газа

Ответ: _____

17. Из предложенного перечня выберите **все** внешние воздействия, которые **не влияют** на изменение скорости реакции



- 1) изменение температуры
- 2) изменение концентрации муравьиной кислоты
- 3) добавление воды
- 4) изменение концентрации этилформиата
- 5) изменение давления в системе

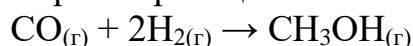
Ответ: _____

18. Из предложенного перечня внешних воздействий выберите **все** воздействия, которые приводят к увеличению скорости гидрирования этилена.

- 1) использование катализатора
- 2) повышение концентрации этана
- 3) повышение температуры
- 4) уменьшение концентрации этилена
- 5) повышение давления в системе

Ответ: _____

19. Из предложенного перечня выберите **все** внешние воздействия, которые приводят к уменьшению скорости реакции



- 1) уменьшение концентрации метанола
- 2) увеличение концентрации водорода
- 3) увеличение температуры
- 4) уменьшение концентрации оксида углерода(II)
- 5) использование ингибитора

Ответ: _____

20. Из предложенного перечня выберите **все** реакции, которые при тех же условиях протекают с большей скоростью, чем взаимодействие цинка с уксусной кислотой.

- 1) взаимодействие цинка с муравьиной кислотой
- 2) взаимодействие цинка с пропионовой кислотой
- 3) взаимодействие магния с уксусной кислотой
- 4) взаимодействие цинка с хлоруксусной кислотой
- 5) взаимодействие железа с уксусной кислотой

Ответ: _____

21. Из предложенного перечня выберите **все** реакции, которые при тех же условиях протекают с меньшей скоростью, чем взаимодействие калия с этанолом.

- 1) взаимодействие лития с этанолом
- 2) взаимодействие калия с водой
- 3) взаимодействие калия с бутанолом-1
- 4) взаимодействие калия с уксусной кислотой
- 5) взаимодействие натрия с бутанолом-1

Запишите номера выбранных ответов.

Ответ: _____

22. Из предложенного перечня выберите **все** реакции, которые при тех же условиях протекают с большей скоростью, чем взаимодействие железа с разбавленной серной кислотой.

- 1) взаимодействие магния с разбавленной серной кислотой
- 2) взаимодействие железа с уксусной кислотой
- 3) взаимодействие железа с пропионовой кислотой
- 4) взаимодействие олова с разбавленной серной кислотой
- 5) взаимодействие раствора карбоната натрия с разбавленной серной кислотой

Ответ: _____

23. Из предложенного перечня выберите **все** реакции, которые при тех же условиях протекают с меньшей скоростью, чем взаимодействие раствора карбоната калия с соляной кислотой.

- 1) взаимодействие карбоната кальция с уксусной кислотой
- 2) взаимодействие карбоната кальция с соляной кислотой
- 3) взаимодействие раствора гидроксида калия с соляной кислотой
- 4) взаимодействие оксида кальция с соляной кислотой
- 5) взаимодействие железа с соляной кислотой

Запишите номера выбранных ответов.

Ответ: _____

24. Из предложенного перечня выберите **все** реакции, которые при тех же условиях протекают с большей скоростью, чем взаимодействие гранулированного цинка с соляной кислотой с концентрацией 0,05 моль/л.

- 1) взаимодействие гранулированного цинка с соляной кислотой с концентрацией HCl 0,1 моль/л
- 2) взаимодействие порошка цинка с соляной кислотой с концентрацией 0,05 моль/л
- 3) взаимодействие порошка магния с соляной кислотой с концентрацией HCl 0,05 моль/л
- 4) взаимодействие гранулированного цинка с уксусной кислотой с концентрацией 0,05 моль/л
- 5) взаимодействие раствора гидроксида натрия с концентрацией NaOH 0,05 моль/л с соляной кислотой с концентрацией 0,05 моль/л.

Запишите номера выбранных ответов.

Ответ: _____

25. Из предложенного перечня выберите **все** реакции, которые при тех же условиях протекают с меньшей скоростью, чем взаимодействие порошка цинка с соляной кислотой с концентрацией HCl 0,1 моль/л.

- 1) взаимодействие гранулированного цинка с уксусной кислотой с концентрацией 0,1 моль/л
- 2) взаимодействие порошка цинка с соляной кислотой с концентрацией HCl 0,2 моль/л
- 3) взаимодействие гранулированного цинка с соляной кислотой с концентрацией HCl 0,05 моль/л
- 4) взаимодействие порошка железа с соляной кислотой с концентрацией HCl 0,1 моль/л
- 5) взаимодействие порошка цинка с уксусной кислотой с концентрацией 0,1 моль/л

Ответ: _____

Система оценивания заданий для самостоятельной работы

Правильное выполнение каждого из заданий 3–25 оценивается 1 баллом. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, и полностью совпадает с эталоном ответа. В ответах на задания порядок записи символов значения не имеет.

Если количество символов в ответе больше требуемого, выставляется 0 баллов вне зависимости от того, были ли указаны все необходимые символы.

ОТВЕТЫ к заданиям для самостоятельной работы

Номер задания	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ответ	234	15	24	25	14	135	245	34	25	35
Номер задания	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Ответ	15	23	124	24	25	135	45	134	135	15
Номер задания	23	24	25							
Ответ	1245	1235	1345							

ЛИТЕРАТУРА

1. *Каверина А.А.* Химия. Единый государственный экзамен. Готовимся к итоговой аттестации: учебное пособие / А.А. Каверина, Ю.Н. Медведев, Г.Н. Молчанова, Н.В. Свириденкова, М.Г. Снастина, С.В. Стаханова. – М.: Интеллект-Центр, 2020. – 280 с.
2. *Каверина А.А.* Я сдам ЕГЭ! Химия. Курс самоподготовки. Технология решения заданий / А.А. Каверина, Ю.Н. Медведев, Г.Н. Молчанова, Н.В. Свириденкова, М.Г. Снастина, С.В. Стаханова. – М.: Просвещение, 2018. – 256 с.
3. *Каверина А.А.* Я сдам ЕГЭ! Химия. Типовые задания / А.А. Каверина, Ю.Н. Медведев, Г.Н. Молчанова, Н.В. Свириденкова, М.Г. Снастина, С.В. Стаханова. – М.: Просвещение, 2018. – 255 с.
4. *Добротин Д.Ю., Зеня Е.Н., Снастина М.Г.* Аналитический отчёт по результатам ЕГЭ 2023 года по химии // Педагогические измерения. 2023. № 4. С. 83–92.
5. *Добротин Д.Ю., Зеня Е.Н., Снастина М.Г.* Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2024 года по химии. – URL: https://doc.fipi.ru/ege/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2024/hi_mr_2024.pdf.