

Н.Е. Кузнецова
И.М. Титова
Н.Н. Гара

Х_e И М_g И Я

9

КЛАСС

**Учебник для учащихся
общеобразовательных
организаций**

Рекомендовано
Министерством просвещения
Российской Федерации

9-е издание, стереотипное



Москва
Издательский центр
«Вентана-Граф»
2020

УДК 373.167.1:54

ББК 24я72

К89

- Кузнецова, Н. Е.**
К89 Химия : 9 класс : учебник / Н. Е. Кузнецова, И. М. Титова, Н. Н. Гара. — 9-е изд., стереотип. — М. : Вентана-Граф, 2020. — 318, [2] с. : ил. — (Российский учебник).

ISBN 978-5-360-11385-0

Учебник предназначен для обучения химии в общеобразовательных организациях. Информация, способствующая углублению и расширению знаний обучающихся, выделена шрифтом, отличным от основного.









Учебник включает лабораторные опыты, творческие задания, задачи расчётного и экспериментального характера, проблемные вопросы. Все задания дифференцированы по степени сложности.

Соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту основного общего образования.

УДК 373.167.1:54

ББК 24я72

Условные обозначения

-  Подумайте перед уроком или в ходе урока
-  Химический эксперимент
-  Ответ найдёте в тексте учебника
-  Прочтите параграф и подумайте
-  Сложное задание
-  Творческое задание или проект
-  Работайте с товарищем или в группе
-  Вам поможет компьютер

© Кузнецова Н. Е., Титова И. М., Гара Н. Н., 2013

© Издательский центр «Вентана-Граф», 2013

© Кузнецова Н. Е., Титова И. М., Гара Н. Н., 2019, с изменениями

© Издательский центр «Вентана-Граф», 2019, с изменениями

ISBN 978-5-360-11385-0

Предисловие

Дорогие друзья!

В 8 классе вы приступили к изучению основ удивительной науки — химии. Вы узнали, что эта наука изучает превращения веществ, сопровождающиеся изменением их состава и (или) строения. Опираясь на наблюдения и эксперимент, вы познакомились с различными веществами и их свойствами, с химическими реакциями (превращением одних веществ в другие), с языком химической науки. Усвоив электронную теорию строения веществ и один из основных законов естествознания — Периодический закон в виде Периодической системы химических элементов, вы, наверное, осознали большую роль этих теоретических знаний в обобщении, объяснении и предсказании природных явлений.

В 9 классе вы продолжите систематическое изучение основ химии: глубже и конкретнее рассмотрите свойства групп химических элементов, изучите их соединения, а также характерные для этих соединений химические реакции. Хорошо усвоенные знания об этих химических объектах послужат фундаментом для изучения основ химической технологии — науки о промышленных способах получения важных для человека веществ и материалов. Ведущую роль при этом будут играть теоретические знания, которые в 9 классе пополнятся теорией электролитической диссоциации, закономерностями протекания химических реакций.

Помимо собственно химического содержания, курс химии включает экологические и исторические сведения, а также знания, необходимые в повседневной жизни. Они помогут вам понять значение химии в жизни каждого человека, в сохранении его здоровья, окружающей среды, в создании материальных благ.

Для наиболее любознательных учеников, желающих углубить свои знания по отдельным вопросам, в некоторые главы учебника включён дополнительный материал исторического, экологического и прикладного характера.

Систематизации знаний способствуют обобщающие выводы к главам и некоторым параграфам, выделение основных понятий, которые должны быть усвоены, классификационные схемы, сравнительные и обобщающие таблицы. Глубоко и основательно усвоить учебный материал помогут также рисунки и описания демонстрационных и лабораторных опытов, практических работ. В начале каждого параграфа содержатся вопросы, направленные на актуализацию ранее изученного материала, являющиеся базой для изучения нового материала.

Однако никакой учебник не обеспечит качественного усвоения знаний без вашей активной самостоятельной работы. Для её организации в каждый

параграф учебника включены проблемные вопросы. Описание лабораторных опытов дано в виде руководства к выполнению экспериментов. Для решения химических задач и описания веществ предложены планы – характеристики химических объектов и алгоритмы действий. В конце параграфов выделены основные понятия, которые должны быть хорошо усвоены.

В каждый параграф включена серия заданий, содержащих комплексные межпредметные проблемы разного уровня сложности, и задания творческого характера. Они помогут вам реализовать ваш творческий потенциал, развить интерес к химии, к практическому применению полученных знаний.

Авторы учебника желают вам успешной учёбы!



Теоретические основы химии

Глава 1. Химические реакции и закономерности их протекания

В курсе химии 8 класса вы познакомились с различными химическими реакциями, их классификациями и уравнениями, а также законами, которым они подчиняются. Цель изучения химических реакций на данном этапе — продолжить накопление знаний о них, о закономерностях их протекания, чтобы активно использовать эти знания для самостоятельного объяснения и предсказания реакций электролитов, металлов и неметаллов, для раскрытия химизма изучаемых производств. Для этого важным является выяснение вопросов: почему и как происходят химические реакции?

§ 1

Энергетика химических реакций



Дайте определение понятия «химическая реакция».

Запишите уравнение реакции оксида кальция с водой, дайте её характеристику.

Как объяснить на примере химических реакций закон сохранения массы веществ?

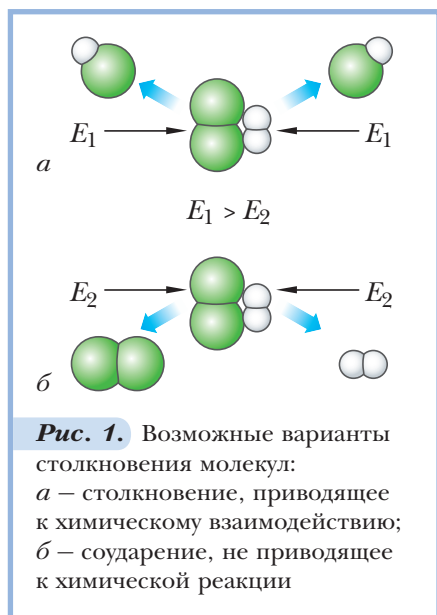
В природе постоянно происходят различные явления (физические, химические, геологические, биологические и др.). Их изучением занимаются естественные науки. Химические явления (реакции) изучает наука химия, поэтому химические реакции — важнейший объект её познания. Химические реакции всегда непосредственно связаны с веществами, с которыми они происходят. Взаимосвязь веществ и химических реакций отражена в определении химии.



Химия — наука, изучающая вещества, их превращения, а также способы управления этими превращениями.

Мы живём в мире химических превращений веществ, протекающих в недрах и на поверхности Земли, в океане, в атмосфере и стратосфере. Множество реакций осуществляется в двигателях внутреннего сгорания, в производственных аппаратах, в клетках живых организмов, в окружающей нас живой и неживой природе. Одни реакции протекают чрезвычайно быстро (сгорание пороха, взаимодействие водорода и кислорода со взрывом в эвдиометре), другие реакции, наоборот, протекают медленно (взаимодействие оксида кремния (IV) и воды с горными породами). Многие из реакций человек может наблюдать непосредственно и контролировать их осуществление, но ещё больше таких, ход которых проследить весьма сложно (реакции, протекающие в живых организмах, в живой и неживой природе). Неисчислимо многообразие химических реакций, как известных, так и ещё не изученных, но по мере развития науки и методов научного исследования расширяются и углубляются знания о химических реакциях.

Суть химической реакции заключена в превращении *исходных веществ* (реагентов) в *продукты реакции*.



Проблема. Всегда ли между веществами происходят химические реакции? Какие условия необходимы для их возникновения и протекания?

Выясним условия, необходимые для возникновения реакций. Каждое вещество как химическая система обладает внутренней энергией. Она включает в себя *кинетическую энергию* образующих её частиц (молекул, атомов, ионов) и *потенциальную энергию* их возможных взаимодействий между собой. Чтобы произошла реакция между веществами-реагентами, их взаимодействующие частицы должны столкнуться и, кроме этого, обладать достаточной энергией для преодоления некоторого энергетического барьера, мешающего им вступить во взаимодействие.

Далеко не каждое столкновение молекул приводит к их взаимодействию, а только незначительное их число, так называемые **активные столкновения** (рис. 1, *а*). Подавляющее число соударений молекул не приводит к образованию новых веществ и напоминает соударение «упругих шаров»: молекулы

сталкиваются и разлетаются, не прореагировав друг с другом (рис. 1, б). С ростом температуры, например при подогревании реагирующих веществ, число активных соударений возрастает. К реакции приводит столкновение только тех молекул или других частиц, у которых запас энергии достаточен для взаимодействия, для преодоления энергетического барьера. Большинство веществ достаточно устойчивы, иначе они не могли бы существовать. Для того чтобы произошло взаимодействие, должен произойти разрыв химических связей между частицами в исходных веществах. При этом образуются временные непрочные, менее устойчивые, чем реагенты и продукты реакции, соединения. Их называют **активированными комплексами (АК)**.

Минимальная энергия, которой должны обладать молекулы (или другие частицы вещества), чтобы их столкновение привело к взаимодействию и образованию новых веществ, называется **энергией активации**.

Энергия активации представляет собой разность между высокой потенциальной энергией АК и низкой потенциальной энергией исходных веществ (рис. 2):

$$E_a = E_{\text{АК}} - E_{\text{исх. в-в}}$$

Итак, осуществление реакции зависит от природы веществ-реагентов (в том числе их внутренней энергии), условий возникновения и протекания реакции и внешних факторов. Рассмотрим это на примере реакции железа с серой.

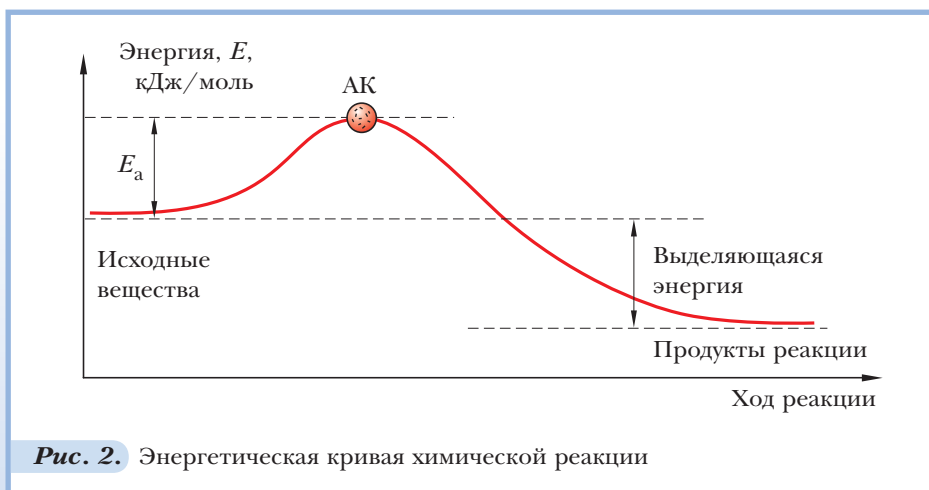


Рис. 2. Энергетическая кривая химической реакции



Взаимодействие серы с железом. Приготовим смесь из 7 г железа и 4 г серы. Убедимся, что железо и сера сохраняют в смеси свои свойства (железо намагничивается, сера не тонет в воде). Нагреем часть смеси. Через некоторое время смесь загорается со вспышкой. Мы наблюдаем признаки реакции: выделение света

и тепла. Образовалось новое вещество с новыми свойствами (оно не намагничивается магнитом и тонет в воде). Это вещество — сульфид железа (II) FeS .

Из опыта следует, что условиями начала реакции послужили:

- а) измельчение и соприкосновение веществ-реактивов (железа и серы);
- б) предварительное нагревание их смеси.

Итак, для возникновения реакции необходимо:

- 1) столкновение молекул (или других частиц) веществ-реактивов, обладающих необходимым запасом энергии;
- 2) создание условий для протекания реакции.

Характерной особенностью и признаком химических реакций является то, что они сопровождаются выделением или поглощением энергии.

Энергия химических реакций называется **химической энергией**.

Из курса физики вы знаете взаимопревращения разных видов энергии.

Чаще всего химические реакции сопровождаются превращением химической энергии в тепловую энергию, и наоборот, тепловая энергия и другие её виды превращаются в химическую энергию. В 8 классе вы знакомились с классификацией реакций по энергетическому признаку (см. учебник химии для 8 класса).



Вспомните, какие реакции называются экзотермическими и эндотермическими. Приведите примеры таких реакций.

Следует иметь в виду, что одно и то же вещество может участвовать и в *экзотермических*, и в *эндотермических процессах*. Известно, что многие реакции в одних условиях протекают с выделением энергии, в других — в обратном направлении, т. е. с её поглощением. Так, при температуре $600\text{ }^\circ\text{C}$ водород с кислородом реагируют со взрывом и с выделением большого количества теплоты, образуя воду. При температуре $4000\text{ }^\circ\text{C}$, наоборот, водяные пары разлагаются на водород и кислород с поглощением энергии.

Важнейшей характеристикой химической реакции является её *тепловой эффект*. Напомним, что **тепловой эффект** — это то количество теплоты, которое выделяется или поглощается во время реакции.

Протекание химических реакций связано с разрывом химических связей в веществах-реактивах и образованием новых химических связей в продуктах реакции. Тепловой эффект реакции определяется разностью энергии образующихся связей и тех, которые претерпели разрыв. Он обозначается буквой Q и выражается в килоджоулях на моль (кДж/моль). Однако в некоторых книгах и учебниках теплота представлена в калориях и килокалориях (ккал). В современной медицинской и популярной литературе, касающейся питания, используются именно эти единицы теплоты и калорийности пищи. Для измерения количества энергии, высвобождаемой или поглощаемой в результате химической реакции, используются *калориметры*, представляющие теплоизолированные сосуды (с калориметрами вы знакомы из курса физики).

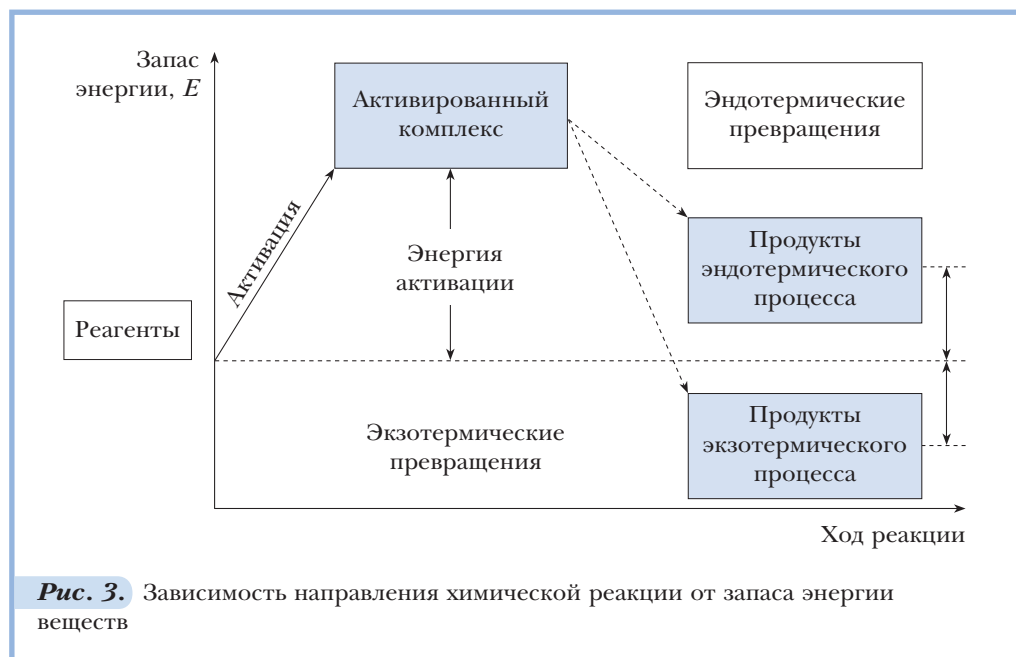
Итак, тепловой эффект реакции равен разности между теплотой образования (энергией связи) продуктов реакции и исходных веществ. Чем больше тепла выделяется при образовании соединения, например оксида магния MgO, полученного горением магния на воздухе, тем оно устойчивее, и наоборот, соединения, при образовании которых энергия поглощается, малоустойчивы (NO и др.). Измерение и расчёты тепловых эффектов позволяют составить правильное представление об энергетической ценности реакции, возможном её направлении и взаимоотношениях её внутренних этапов.

Уравнение реакции, в котором обозначен тепловой эффект, называется **термохимическим уравнением**.

Задание. Запишите термохимические уравнения приведённых выше экзотермических и эндотермических реакций.

Обобщим сведения о тепловом эффекте реакции, изучив схему (рис. 3).

Тепловой эффект реакции зависит только от состояния исходных веществ и конечных продуктов реакции, но не зависит от пути перехода реагентов в продукты, т. е. от промежуточных этапов реакции (закон Гесса).



Основные понятия

Химия • Химическая энергия • Тепловой эффект • Термохимическое уравнение

Вопросы и задания

- ▲ 1. Что представляет собой внутренняя энергия вещества?
- ▲ 2. Что такое энергия активации, какова её роль в возникновении реакции?
- 3. Предложите возможные варианты изменения условий протекания реакций, влияющие на снижение энергетического барьера.
- 4. Рассчитайте тепловой эффект реакции горения аммиака в кислороде с образованием молекулярного азота и воды, зная энергии связей веществ, участвующих в реакциях: NH_3 — 1161 кДж/моль, O_2 — 492 кДж/моль, N_2 — 942 кДж/моль, H_2O — 919 кДж/моль.

§ 2

Скорость химической реакции. Химическое равновесие

- ❓ Опишите, как осуществляются такие реакции, как ржавление железа, взаимодействие цинка с соляной кислотой, скисание молока. Назовите признаки этих реакций.

В процессе изучения химии вы неоднократно наблюдали, что реакции протекают неодинаково: одни — быстро, другие — медленно, т. е. идут с разной скоростью.

- ❓ Приведите примеры реакций, протекающих с разной скоростью.

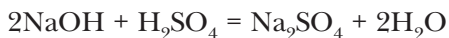
Понятие «скорость» вам хорошо известно из курса физики. Скорость показывает изменения какой-либо величины во времени.

Действительно, разные реакции протекают по-разному. Многие реакции протекают очень быстро, например реакции обмена между растворами кислот и оснований или некоторых солей друг с другом. Мгновенно происходят реакции, которые сопровождаются взрывом, например взаимодействие водорода с фтором. Некоторые же реакции осуществляются в течение более длительного времени, иногда нескольких часов или лет. Примером таких реакций служат превращения, происходящие в горных породах под воздействием атмосферных явлений (дождя, ветра и др.). С разной скоростью протекают и биохимические процессы в организмах.

Скорость химических реакций — один из решающих параметров протекания химических процессов, осуществляемых в промышленности, в научно-производственной деятельности, так как он определяет производительность и эффективность производства. Даже в том случае, если химизм пере-

работки сырья прост, но время, затраченное на получение продукта, значительно, такой процесс нерентабелен. Как определить скорость химической реакции?

Подумаем вместе: в реакцию вступают разные вещества и в разном состоянии: твёрдом, жидком, газообразном. Обратимся к известным вам реакциям обмена, протекающим в растворе, например к реакции нейтрализации:



Очевидно, что по мере протекания химической реакции исходные вещества (гидроксид натрия и серная кислота) расходуются, следовательно, с течением времени будет уменьшаться их концентрация, а концентрация образующихся веществ (сульфата натрия и воды) будет увеличиваться.

Это обусловлено тем, что в начале реакции концентрация реагентов наибольшая, а следовательно, наибольшая вероятность соударений частиц реагирующих веществ. По мере того как исходные вещества превращаются в продукты реакции, концентрация этих веществ уменьшается. Вместе с этим уменьшается и вероятность столкновения молекул (или других частиц, например ионов).



Скорость химической реакции измеряется изменением концентраций реагирующих веществ в единицу времени.

Если при постоянной температуре и объёме концентрация одного из реагирующих веществ уменьшилась от c_1 до c_2 за промежуток времени от t_1 до t_2 , то в соответствии с определением скорость реакции за этот промежуток времени равна:

$$v = -\frac{c_2 - c_1}{t_2 - t_1} = -\frac{\Delta C}{\Delta t}$$

Для реакций, протекающих в растворах, концентрации реагентов выражаются в молях на 1 л (моль/л), а скорость реакции в молях на 1 л за 1 с (моль/л · с).

Скорость химических реакций **зависит от многих факторов**. Важнейшие из них:

- природа реагирующих веществ и степень их измельчения (для твёрдых веществ);
- концентрация реагентов;
- температура;
- катализаторы.

На реакции газообразных веществ оказывает влияние *давление*, так как с изменением давления изменяется их концентрация. Чем выше давление,

тем меньше объём смеси газов, а следовательно, больше концентрация веществ в этом уменьшенном объёме.

Рассмотрим влияние указанных выше факторов на скорость химической реакции.

Природа реагирующих веществ (строение, внутренняя энергия, химические свойства и др.) оказывает решающее влияние на скорость реакции. Например, галоген фтор реагирует с водородом уже при комнатной температуре чрезвычайно энергично, со взрывом, реакция же брома с водородом идёт значительно медленнее даже при нагревании. Это говорит о разной реакционной способности фтора и брома по отношению к водороду.

Реакционная способность веществ характеризуется их природой. Но о реакционной способности веществ — участников реакции судят по величине её скорости.

Чем больше **концентрация** вступающих в реакцию веществ, тем чаще столкновение их молекул или других частиц во время их неупорядоченного движения в растворах или газах.

Степень измельчения реагентов также влияет на скорость реакции. Твёрдые вещества быстрее реагируют в мелкоизмельченном состоянии, и реакции с их участием протекают быстрее.

Температура также оказывает влияние на скорость химических реакций: с её повышением скорость реакции, как правило, возрастает, так как возрастает скорость движения частиц.

Экспериментально доказано, что при повышении температуры на $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ скорость увеличивается в два—четыре раза (если принять, что при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ скорость реакции равна 1).

Однако при дальнейшем повышении температуры скорость реакции резко возрастает, например при увеличении температуры до $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ скорость некоей реакции увеличивается в восемь раз, а при $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ её скорость увеличивается более чем в тысячу раз. Этим объясняется роль нагревания веществ для начала и ускорения хода реакции. Вы неоднократно убеждались в этом при наблюдении или самостоятельном проведении опытов (подогревание смеси серы с железом приводит к их бурной реакции, нагревание пробирки с цинком и с раствором соляной кислоты значительно ускоряет реакцию и др.).

Убедимся во влиянии перечисленных факторов на скорость реакции, проделав лабораторные опыты.



1. В две пробирки налейте (не более половины пробирки) раствор HCl (1 : 2). Осторожно опустите в них по кусочку металлов разной природы: цинка и магния. Что наблюдаете?
2. В две пробирки, наклонив их, опустите по кусочку одного и того же металла — цинка и осторожно прилейте растворы

серной кислоты: в первую пробирку раствор 1 : 5, а во вторую — 1 : 10. В какой из них реакция идёт быстрее?

3. Возьмите две пробирки с одинаковыми растворами соляной кислоты (1 : 2). В первую пробирку добавьте гранулу цинка, а во вторую пробирку осторожно поместите цинковую пыль. Что наблюдаете?

4. В две пробирки с одинаковым раствором серной кислоты (1 : 10) добавьте по грануле цинка. Одну из пробирок нагрейте. Различаются ли их скорости реакций?

При изучении способов получения кислорода в лаборатории в 8 классе вы уже познакомились с *катализаторами*.



Катализаторы — это вещества, которые изменяют скорость химической реакции, но сами в этом процессе не расходуются и не входят в состав продуктов реакции.

Многие катализаторы *ускоряют* реакцию (например, диоксид марганца MnO_2 в реакции разложения перманганата калия $KMnO_4$). Роль катализатора, вызывающего ускорение реакции, в том, что он снижает энергию активации, а следовательно, и энергетический барьер.

Но есть и такие катализаторы, которые *замедляют* ход реакции, например органическое вещество формальдегид, замедляющий коррозию металлов. Такие вещества называют *ингибиторами*.

Химические реакции, протекающие в присутствии катализатора, называются *каталитическими*, а изменение скорости реакции под действием катализатора называется *катализом*.



5. На дно небольшого стакана налейте 3%-й раствор перекиси водорода. Что наблюдаете? Добавьте в раствор H_2O_2 немного чёрного порошка MnO_2 , а в стакан внесите тлеющую лучинку. Что наблюдаете? Сделайте выводы на основании наблюдений.

Большинство реакций идут в двух направлениях: в прямом (\rightarrow) и обратном (\leftarrow), т. е. являются *обратимыми*. Уравнения таких реакций записывают со знаком обратимости (\rightleftharpoons).



Обратимыми называются такие реакции, которые протекают при данных условиях (t и др.) одновременно в двух противоположных направлениях — прямом и обратном.

В обратимых реакциях с течением времени скорость прямой реакции уменьшается, а скорость обратной увеличивается вследствие уменьшения концентрации исходных веществ, расходуемых на образование продуктов реакции. Наоборот, в обратной реакции, которая вначале имела минимальную скорость, по мере увеличения концентрации продуктов реакции скорость увеличивается.

Наконец, наступает такой момент, когда $v_{\text{пр}} = v_{\text{обр}}$. Такое состояние обратимого процесса называют *химическим равновесием*.

Химическое равновесие является динамическим (подвижным). Реакция при этом не прекращается и идёт в обоих направлениях, но концентрации исходных веществ и продуктов реакции остаются неизменными. За единицу времени образуется такое же количество молекул продуктов реакции, сколько их превращается в исходные вещества. При данных условиях (постоянных t , p и др.) такое равновесие может сохраняться неопределённо долгое время. Для смещения химического равновесия, например в сторону образования продуктов реакции, надо изменить условия. На смещение равновесия влияют те же факторы, что и на скорость химических реакций: увеличение или уменьшение концентрации исходных веществ; повышение или понижение давления (для реакций газообразных веществ); нагревание или охлаждение — изменение температуры. Катализатор не оказывает влияния на смещение равновесия, так как одинаково влияет как на прямую, так и на обратную реакцию.

Основные понятия

Скорость химической реакции • Зависимость скорости реакции от некоторых факторов • Катализаторы

Вопросы и задания

- ▲ 1. Что такое скорость химической реакции и в каких единицах она измеряется?
- ▲ 2. Назовите факторы, изменяющие скорость химической реакции, приведите примеры, показывающие их влияние на скорость реакций.
- ▲ 3. Какие вещества называют катализаторами, что такое катализ и какие виды катализа вам известны?
- 4. Приведите примеры каталитических реакций и объясните процесс изменения скорости реакций под их влиянием.
- 5. Приведите примеры каталитических реакций, используемых в быту и в технике, происходящих в живом организме, и дайте их описание. Назовите вещества, выполняющие в них роль катализаторов (ингибиторов).

Выводы

1. Возникновение и протекание химической реакции находится в зависимости от природы реагентов (их строения, внутренней энергии, реакционной способности и др.), от энергии активации их частиц.
2. Важной энергетической характеристикой химической реакции является тепловой эффект реакции (Q). По этому признаку реакции делят: а) на экзотермические (протекающие с выделением энергии); б) эндотермические (протекающие с поглощением энергии).
3. Важным параметром и показателем химической реакции и реакционной способности реагентов является скорость химической реакции. Она определяется изменением концентрации реагирующих веществ в единицу времени.
4. На скорость химической реакции влияют многие факторы. Важнейшие из них: природа реагирующих веществ, их концентрация, температура, катализаторы.
5. Многие реакции, используемые в лабораториях, на производстве, в быту и протекающие в живом организме, являются каталитическими, т. е. идут в присутствии катализаторов. Катализаторы – вещества, изменяющие скорость реакции, но остающиеся в конце её неизменными. Изменение скорости под действием катализаторов называется катализом.
6. Зависимости скорости реакций от этих факторов относят к закономерностям протекания химических реакций, так как они отражают в себе их отношения и причинно-следственные связи. Важная функция закономерностей – прогнозирование, предсказывание возможностей и условий протекания реакций.
7. Общая закономерность протекания реакций: зависимость протекания реакций от природы взаимодействующих веществ и внешних факторов.