

§ 19. Сера — химический элемент и простое вещество

Сера, так же как и кислород, является элементом VIA-группы периодической системы, она находится в третьем периоде. Рассмотрим свойства этого химического элемента и образуемых им простых веществ.

Сера в природе



Рис. 49. Самородная сера

Массовая доля серы в земной коре составляет около 0,05 %, она является распространенным элементом. В природе сера встречается как в виде самородной серы (рис. 49), так и в составе различных минералов и горных пород (рис. 50): *сульфидов* (ZnS — *цинковая обманка*, FeS_2 — *пирит*, HgS — *киноварь*, PbS — *свинцовый блеск* и др.) и *сульфатов* ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — *гипс*, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ — *глауберова соль* и др.). Кроме того, сера в виде различных соединений находится в нефти. В живых организмах сера входит в состав белков.



Пирит



Киноварь



Свинцовый блеск
(галенит)

Рис. 50. Природные соединения серы

Строение атома серы

В атоме серы 16 электронов (рис. 51), из них 6 электронов — на внешнем электронном слое:

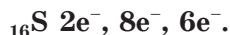
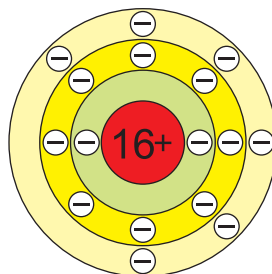
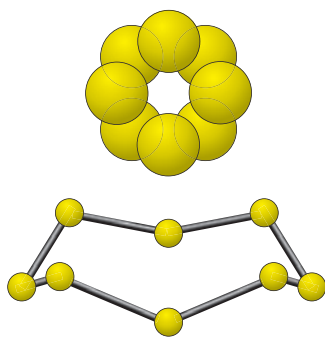


Рис. 51. Схема электронного строения атома серы



В соединениях с металлами и водородом сера обычно проявляет степень окисления, равную -2 , например Al_2S_3 — сульфид алюминия. В соединениях с более электроотрицательными элементами (F, O, N, Cl, Br) атомы серы проявляют положительные степени окисления, чаще $+4$ и $+6$, например SO_2 — оксид серы(IV), SF_6 — фторид серы(VI).

Строение и физические свойства простых веществ

Рис. 52. Строение молекулы серы S_8

Простое вещество сера существует в виде нескольких аллотропных модификаций, отличающихся составом и строением. *Кристаллическая сера* — твердое, легкоплавкое вещество желтого цвета. Кристаллическая сера имеет молекулярное строение — состоит из циклических молекул S_8 (рис. 52). Если расплавленную серу вылить в холодную воду, то она застынет в виде светло-желтой, прозрачной массы, похожей на резину (рис. 53). Это аморфная модификация — *пластическая сера*, состоящая из длинных цепей атомов серы S.

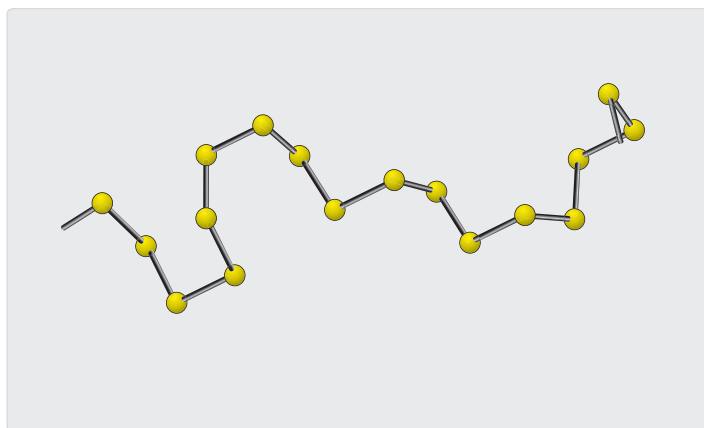


Рис. 53. Получение и строение пластической серы



Рис. 54. Порошок серы в воде

Сера в воде не растворяется и даже не смачивается ею. Если бросить в воду немного порошка серы, то частички серы не осадут на дно, а будут плавать на поверхности воды, образуя желтую пленку (рис. 54).

Химические свойства серы

Сера взаимодействует со многими простыми и сложными веществами, хотя ее реакционная способность ниже, чем у кислорода.

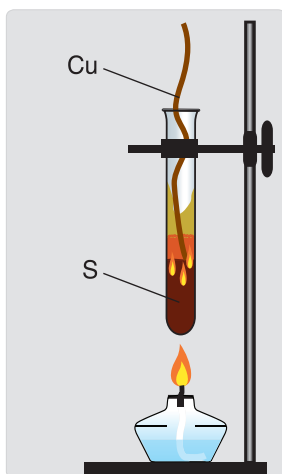
Сера реагирует со многими металлами, кроме золота и платины, проявляя при этом **окислительные** свойства, например (рис. 55):



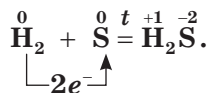
Продуктами такого взаимодействия являются **сульфиды металлов**.



Реакция с серой является основой способа удаления и обезвреживания разлитой ртути, например, из разбитого термометра. Ртуть, которая попала в щели и другие труднодоступные места, засыпают порошком серы. Такой процесс называют **демеркуризацией**.



Окислительные свойства серы проявляются и в реакциях с некоторыми *неметаллами*. Сера взаимодействует с водородом при нагревании, образуя летучее соединение — сероводород H_2S :



Сероводород — бесцветный газ с резким запахом тухлых яиц. Правильнее сказать, что это тухлые яйца пахнут сероводородом, так как этот газ образуется при гниении растительных и животных

Рис. 55. Взаимодействие серы с медью

остатков. Сероводород **ядовит**. Поэтому его вдыхание может привести к тяжелому отравлению. Однако в небольших количествах сероводород оказывает целебное действие. Он содержится в водах некоторых минеральных источников.

Сера окисляется кислородом, проявляя при этом **восстановительные** свойства (рис. 56):

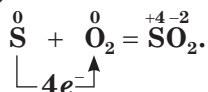


Рис. 56. Горение серы в кислороде

Применение серы

Больше половины добытой серы расходуется для получения серной кислоты, одного из самых важных химических продуктов. Нагреванием серы с каучуком получают резину. Как горючее вещество сера входит в состав черного пороха, спичечных головок. Широко применяется сера в сельском хозяйстве для борьбы с вредителями растений. В медицине серу используют для лечения кожных заболеваний.

Сера в соединениях с металлами и менее электроотрицательными элементами проявляет степень окисления -2 , а в соединениях с более электроотрицательными элементами — $+4$ и $+6$.

Простое вещество сера существует в виде нескольких аллотропных модификаций.

Сера при взаимодействии с металлами, водородом и некоторыми неметаллами ведет себя как окислитель.

В реакции с кислородом сера является восстановителем.



Вопросы и задания

1. В каком виде сера встречается в природе?
2. Укажите наиболее характерные степени окисления серы в ее соединениях. Приведите примеры.
3. Какие аллотропные модификации образует сера? Чем они отличаются друг от друга?
4. Каким образом можно превратить кристаллическую серу в пластическую?
5. Перечислите физические свойства серы.

6. Рассчитайте массовую долю серы в соединениях: а) ZnS ; б) SO_2 ; в) H_2SO_3 .
7. Приведите по одному примеру химических реакций, в которых сера выступает в качестве: а) окислителя; б) восстановителя.
8. Составьте уравнения реакций серы с: а) цинком, б) алюминием, в) натрием.
9. Рассчитайте химическое количество и массу серы, которая вступит в реакцию с водородом объемом (н. у.) $11,2 \text{ дм}^3$.

Готовимся к олимпиадам

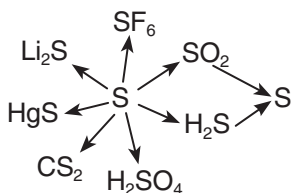


Рис. 57

1. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения (рис. 57). В каждом процессе укажите окислитель и восстановитель.

2. Сероводород окисляется кислородом с образованием оксида серы(IV) и воды. Составьте уравнение этой реакции, расставьте коэффициенты методом электронного баланса. Рассчитайте химическое количество и объем (н. у.) сероводорода, который будет взаимодействовать с кислородом химическим количеством 5 моль.

§ 20. Оксид серы(IV) и оксид серы(VI)

Сера образует с кислородом два оксида: оксид серы(IV), или сернистый газ, SO_2 и оксид серы(VI) SO_3 .

Оксид серы(IV)

Оксид серы(IV) — это бесцветный газ с характерным запахом. Графическая формула его молекулы:



Оксид серы(IV) является кислотным оксидом, проявляя все соответствующие химические свойства: взаимодействует с водой, щелочами и основными оксидами.

При растворении оксида серы(IV) в воде образуется слабая двухосновная **сернистая кислота**:

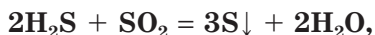


В этом легко убедиться по изменению окраски лакмуса с фиолетовой на красную в водном растворе оксида серы(IV). Сернистая кислота неустойчива и существует только в растворе. Соли этой кислоты называются **сульфитами**.

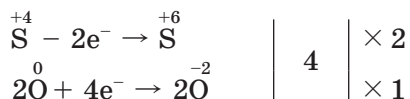


Сернистый газ обладает бактерицидным действием. Поэтому его широко используют для обработки овощехранилищ, плодов и фруктов, чтобы предотвратить их загнивание. Сернистый газ, как и соли сернистой кислоты, применяют для отбеливания соломы, шерсти, бумаги, тканей.

В оксиде серы(IV) сера находится в промежуточной степени окисления +4. Поэтому сернистый газ может проявлять как *окислительные* свойства, реагируя с восстановителями:



так и *восстановительные* свойства, взаимодействуя с сильными окислителями:



Реакция взаимодействия сернистого газа с сероводородом — один из важных процессов, протекающих в природе. При извержении вулканов выделяются SO_2 и H_2S , а при их взаимодействии образуется сера в виде кристаллов. На рисунке вы видите извержение вулкана Килауэа.



Оксид серы(VI)

Оксид серы(VI) SO_3 представляет собой бесцветную жидкость, которая при температуре ниже 17°C превращается в белое твердое вещество. Графическая формула его молекулы представлена на рисунке 58.

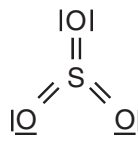


Рис. 58

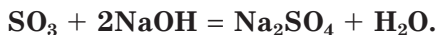
Это типичный кислотный оксид. Он реагирует с водой с выделением теплоты, образуя **серную кислоту**:



Оксид серы(VI) реагирует с основными оксидами:



и щелочами:



Оксид серы(VI) применяется для промышленного получения серной кислоты.



Попадание оксидов серы в атмосферу при сжигании топлива приводит к образованию в облаках кислот и выпадению кислотных дождей. Они губительно действуют на все живое: разрушается почва, изменяется состав почвенных организмов, гибнут ценные виды рыб, исчезает растительность (см. рис.).



Оксид серы(IV) и оксид серы(VI) представляют собой типичные кислотные оксиды.

При взаимодействии с водой оксид серы(IV) и оксид серы(VI) образуют соответственно сернистую и серную кислоты.



Вопросы и задания

1. Перечислите физические свойства оксида серы(IV) и оксида серы(VI).
2. Как изменяется окраска лакмуса в водном растворе оксида серы(IV)?
3. Рассчитайте химическое количество кислорода, который потребуется для полного сжигания серы массой 9,6 кг. Определите химическое количество и объем (н.у.) образующегося сернистого газа.
4. Запишите уравнения реакций оксида серы(IV) и оксида серы(VI) с:
а) водой, б) оксидом бария, в) гидроксидом калия. Назовите образующиеся соединения.
5. Смешали оксид кальция массой 150 г с избытком оксида серы(VI). Запишите уравнение реакции. Определите массу образовавшейся соли.
6. Тепловая электростанция потребляет 320 т каменного угля в сутки. Среднее содержание серы в угле — 0,5 %. Определите максимально возможную массу серной кислоты, которая может выпасть с кислотным дождем в течение суток.
7. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:
а) $S \rightarrow SO_2 \rightarrow SO_3 \rightarrow H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4$;
б) $S \rightarrow ZnS \rightarrow H_2S \rightarrow SO_2 \rightarrow Na_2SO_3$.
Укажите окислительно-восстановительные процессы, определите окислители и восстановители.

Готовимся к олимпиадам

В результате пропускания смеси углекислого и сернистого газов объемом $4,48 \text{ дм}^3$ (н. у.) через раствор гидроксида калия (взят в избытке) масса раствора увеличилась на 12 г. Вычислите объемные доли газов в смеси.