
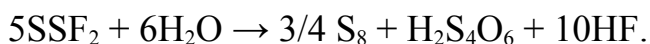


Среди соединений серы ее галогениды наиболее многочисленны и разнообразны. Синтезированы и выделены галогенидные соединения, содержащие атомы серы в различных степенях окисления. Прочность химических связей сера-галоген понижается от F к I, благодаря чему, например, не образуются бинарные иодиды серы.

Энергия связи сера-галоген.

Связь	S-F	S-Cl	S-Br	S-I
Энергия, кДж/моль	327	271	218	~170

Галогениды серы преимущественно синтезируют взаимодействием простых веществ, либо восстановлением высших галогенидов серой: $SX_4 + S \rightarrow S_2X_2 + X_2$. Фториды во многом отличаются от других галогенидов по устойчивости, химической активности и составу. Соединения FSSF (1,2-дифтородисульфид) и SSF₂ (1,1-дифтородисульфид или тионилфторид) и аналогичные S₂Cl₂ представляют редкие в неорганической химии примеры структурной изомерии F-S-S-F и . В воде они быстро гидролизуются с выделением S₈, HX и смеси политионовых кислот, например,



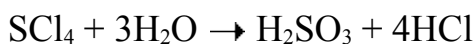
Дигалогениды ЭХ₂ можно получить галогенированием молекул Э₂X₂:



Наиболее многочисленны тетрагалогениды, которые синтезируют различными путями: $S + 2X_2 \rightarrow SX_4$, $SO_2 + X_2 \rightarrow SX_4$,



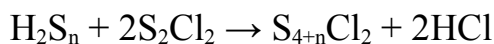
Тетрагалогениды S, будучи кислотными соединениями, сравнительно легко гидролизуются с образованием соответствующих кислот:



взаимодействуют с галогенидами металлов: $SF_4 + KF \rightarrow K[SF_5]$.

Из галогенидов серы в высшей степени окисления получен гексафторид SF_6 , который отличается от остальных устойчивостью и химической инертностью.

Синтезированы низшие галогениды S_nX_2 ($X = Cl, Br, n = 3-8$). Благодаря меньшей электроотрицательности Cl и Br по сравнению с F и меньшей энергии связей $S-Cl$ и $S-Br$ по отношению к $S-F$ в низших хлоридах и бромиды проявляются способность серы к катенации. С помощью реакций:



выделены индивидуальные соединения S_nCl_2 ($n = 3-8$). В смесях существуют дихлоросульфаны до $S_{100}Cl_2$, при этом олигомеры- S_n - стабилизируются образованием концевых связей $S-Cl$.

Мы видим, что сера образует много галогенидов. Я задалась целью изучить те из них, которые наиболее известны, разделив их на группы соответственно: фториды, хлориды, бромиды серы.

1. Фториды серы

Фториды серы - соединения серы с фтором: SF_6 , SF_4 , S_2F_{10} , SF_2 , S_2F_2 . Все фториды, кроме гексафторида серы, легко гидролизуются водой и ее парами. Основной метод их получения – взаимодействие фтора с жидкой или парообразной серой, реже - с суспензией или растворами серы в инертных растворителях с последующим разделением смеси. Практическое значение имеют SF_6 , SF_4 , S_2F_{10} . Остановимся подробнее на изучении этих веществ.

1.1. Гексафторид серы

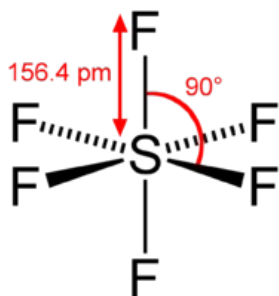
Физические свойства

Гексафторид серы (также элегаз или шестифтористая сера, SF_6) — неорганическое вещество, при нормальных условиях тяжёлый газ, в 5 раз тяжелее воздуха. Соединение было впервые получено и описано в 1900 году Анри Муассаном в ходе работ по изучению химии фтора.

Практически бесцветный газ, обладающий высоким пробивным напряжением (89 кВ/см). Электрическая прочность элегаза зависит от давления, она в 2—4 раза выше, чем у воздуха. В нем содержится 21,95 % серы и 78,05 % фтора. При нормальном давлении элегаз может находиться в любом из трёх агрегатных состояний при температуре до минус 50,8 °С. Плохо растворим в воде (1 объём SF₆ в 200 объёмах воды), этиловом спирте и диэтиловом эфире, хорошо растворим в нитрометане. Плотность элегаза при T=273 К и давлении p=0,1 МПа составляет 6,56 кг/м³. Относительная диэлектрическая проницаемость — 1,0021. Температура плавления – (-50,5°С), температура кипения - (-63,8°С). При атмосферном давлении возгоняется из твердого состояния в газообразное, минуя жидкость.

Строение молекулы

Молекула SF₆ неполярна и характеризуется высоким значением потенциала ионизации (19,3 в). Ее сродство к электрону оценивается в 142 кДж/моль. По строению она представляет собой октаэдр с серой в центре (рис.1) (длина связи S-F 156 пм). Средняя энергия связи S-F равна 322 кДж/моль. Диаметр молекулы гексафторида серы равен 5,33 Å. Высокая симметричность молекулы гексафторида серы определяет высокую эффективность захвата электронов молекулами, их относительно большую длину свободного пробега и слабую реакционную способность. Поэтому элегаз обладает высокой электрической прочностью.



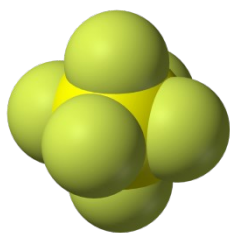


Рис.1. Структура молекулы гексафторида серы.

Получение

Гексафторид серы получают:

1. основным промышленный метод получения — непосредственным взаимодействием фтора с жидкой или газообразной серой (сжиганием серы в потоке фтора) с последующей очисткой от примесей (другие фториды серы) и конденсацией: $S + 3F_2 \rightarrow SF_6$

2. по реакции фтора с четырехфтористой серой SF_4 в присутствии катализатора: $SF_4 + F_2 \rightarrow SF_6$

3. фторированием соединений серы (например, COS);

4. термическим разложением SF_5Cl при $200...300\text{ }^\circ C$.

5. Также гексафторид серы образуется при разложении сложных фторидов серы: $S_2F_{10} \rightarrow SF_6 + SF_4$

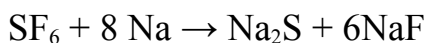
Химические свойства

Гексафторид серы практически инертен — инертность выше, чем у азота и немного не дотягивает до инертности гелия. Относительная устойчивость SF_6 обусловлена кинетическими факторами. Шесть атомов фтора сферически экранируют атом серы и мешают приближению возможных атакующих групп.

Будучи инертным гексафторид серы не реагирует с водой с растворами гидроксида натрия и соляной кислоты. Не реагирует с перегретым водяным паром, хотя термодинамически гидролиз SF_6 :

$SF_{6(газ)} + 3\ H_{2O(газ)} \rightarrow SO_{3(газ)} + 6HF_{(газ)}$ возможен, поскольку изменение энергии Гиббса этого процесса составляет $\Delta G^\circ = -301.2\text{ кДж/моль}$, но по кинетическим причинам, о которых говорилось выше гидролиз не протекает.

Взаимодействие с металлическим натрием проходит только при нагревании, однако уже при 64 °С взаимодействует с раствором натрия в аммиаке

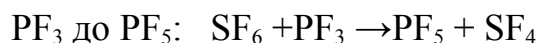


Эту же реакцию можно провести при комнатной температуре или ниже в присутствии бифенила, растворенного в моноглиме.

С водородом и кислородом гексафторид не реагирует. Однако, при сильном нагревании (до 400 °С) SF₆ взаимодействует с сероводородом, а при 30 °С — с иодоводородом:



При повышенном давлении и температуре около 500 °С SF₆ окисляет



Хлорид алюминия реагирует с SF₆ при 200⁰ С. При 500⁰ С реагирует с титаном с воспламенением.

Разлагается при температуре выше 500 °С. Газообразные продукты разложения элегаза ядовиты и обладают резким, специфическим запахом.

Физиологическое действие

Элегаз не поддерживает горения и дыхания. При вдыхании наблюдается эффект пониженной тональности голоса, противоположный действию гелия. При накоплении его в производственных помещениях может возникнуть кислородная недостаточность.

Химическая опасность

По ГОСТ 12.1.007-76 по степени воздействия на организм элегаз относится к 4 классу опасности, к которому принадлежат вещества малоопасные. Предельно допустимая концентрация (ПДК) в воздухе рабочей зоны производных помещений - 5000 мг/м³. Предельно допустимая концентрация в атмосферном воздухе - 0,001 мг/м³. В соответствии с Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации помещения с ячейками комплектных распределительных устройств с элегазовой

изоляция (КРУЭ) должны быть оборудованы устройствами, сигнализирующими о недопустимой концентрации элегаза и включающими приточно-вытяжную вентиляцию. Элегаз безвреден в смеси с воздухом. Однако вследствие нарушения технологии производства элегаза или его разложения в аппарате под действием электрических разрядов (дугового, коронного, частичных), в элегазе могут возникать чрезвычайно активные в химическом отношении и вредные для человека примеси, а также различные твёрдые соединения, оседающие на стенах конструкции. Интенсивность образования таких примесей зависит от наличия в элегазе примесей кислорода и особенно паров воды.

Вещество распадается в огне, выделяя токсичные пары окисей серы и фтористого водорода при контакте с горячими поверхностями, образуя SO_2 .

При нагревании выделяются токсичные пары.

Применение

Стоимость гексафторида серы или элегаза довольно высока, однако он нашёл достаточно широкое применение в технике, особенно в высоковольтной электротехнике. Он используется как диэлектрик, то есть в качестве основной изоляции для комплектных распределительных устройств, высоковольтных измерительных трансформаторов тока и напряжения и др.

Название «элегаз» шестифтористая сера получила от сокращения «электрический газ». Уникальные свойства элегаза были открыты в СССР, его применение также началось в Советском Союзе. В 30-х годах известный учёный Б. М. Гохберг в ЛФТИ исследовал электрические свойства ряда

газов и обратил внимание на некоторые свойства шестифтористой серы SF_6 (элегаза). Потребность в элегазе появилась в стране в начале 1990-х годов и была связана с необходимостью замены пожароопасного трансформаторного масла на современное, более безопасное заполнение негорючим элегазом. Его промышленное производство было освоено в 1998 году на Кирово-Чепецком химическом комбинате. Основные преимущества элегаза перед его

основным «конкурентом», трансформаторным маслом, это: взрыво- и пожаробезопасность; снижения массо-габаритных показателей конструкции за счёт уменьшения изоляционных промежутков и улучшенных условий охлаждения токоведущих частей.

Также элегаз используется как среда дугогашения в высоковольтных выключателях. Помимо этого гексафторид серы используется как технологическая среда в электронной и металлургической промышленности; в системах газового пожаротушения в качестве пожаротушащего вещества; как хладагент благодаря высокой теплоёмкости, низкой теплопроводности и низкой вязкости; для улучшения звукоизоляции в стеклопакетах; в полупроводниковой промышленности для плазмохимического травления кремния.

1.2. Декафторид дисеры

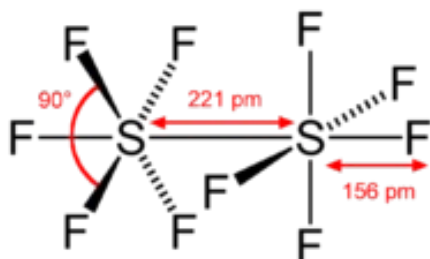
Декафторид дисеры (сера пятифтористая) - неорганическое соединение с формулой S_2F_{10} .

Физические свойства

Сера пятифтористая S_2F_{10} - бесцветная жидкость с плотностью 208 г/см³ (0°C) (температура плавления -92°C), температура кипения $+29^\circ\text{C}$).

Строение молекулы

В молекуле пятифтористой серы два атома серы соединены между собой (рис.2). Каждый атом серы образует связи с пятью атомами фтора под углом 90° .



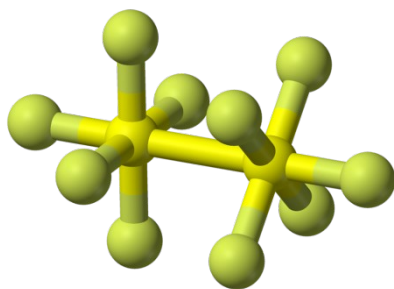


Рис.2. Строение молекулы пятифтористой серы.

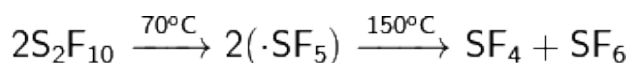
Получение

Восстановление водородом пентафторид-хлорид серы (под действием ультрафиолета): $2\text{SClF}_5 + \text{H}_2 \rightarrow \text{S}_2\text{F}_{10} + 2\text{HCl}$

Химические свойства

При комнатной температуре химически довольно инертное вещество и почти не гидролизуется водой. При повышенной температуре ведет себя как сильный окислитель, вызывающий окислительную деструкцию и фторирование различных соединений. С CCl_2 даёт фторохлорид SF_5Cl .

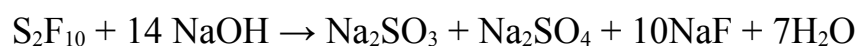
Разлагается при нагревании до мономера (радикал), а затем диспропорционирует:



Реагирует с горячей водой (100°C):



Реагирует с горячими концентрированными щелочами (100°C):



Реагирует с хлором: $2\text{S}_2\text{F}_{10} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{SClF}_5$

Физиологическое действие

Сильный яд. По характеру физиологического действия напоминает фосген, в 4 раза токсичнее его. Уже при кратковременном вдыхании воздуха с высокими концентрациями S_2F_{10} наступает смертельный исход.

Применение

Гексафторид серы применяется в качестве фторирующего агента.

1.3. Тетрафторид серы

Физические свойства

Тетрафторид серы или сера четырехфтористая SF_4 - бесцветный сильно ядовитый газ с резким запахом, термически устойчив до $700^\circ C$. Температура плавления – $(-124^\circ C)$, температура кипения - $(-40^\circ C)$ Растворяется в жидком фтористом водороде и бензоле.

Строение молекулы

Структура газообразной молекулы SF_4 описывается по методу отталкивания валентных электронных пар и представляют собой тригональную бипирамиду с экваториальной позицией, занятой неподеленной электронной парой. Благодаря этому структура сильно искажается: экваториальный угол между связями F- S- F уменьшается от идеального 120° до 102° и аксиальные атомы $F_{акс}$ отталкиваются к атомам $F_{экс}$. При этом идеальный угол $F_{акс}$ -S- $F_{акс}$ 180° уменьшается до 173° , а длина связей S- $F_{акс}$ и S- $F_{экс}$ оказывается разной (рис.3).

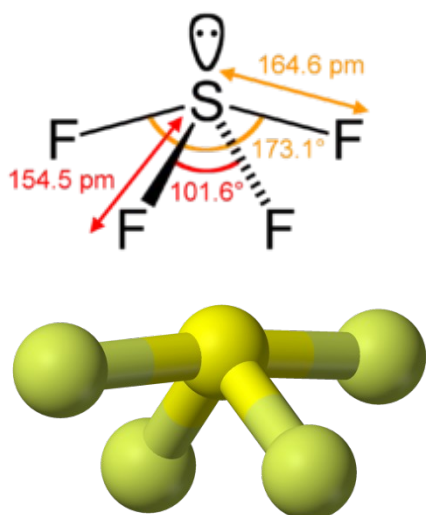


Рис.3. Строение молекулы тетрафторида серы.

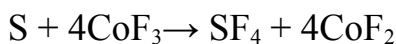
Получение

Получают взаимодействием SCl_2 с NaF или CoF_3 с S .

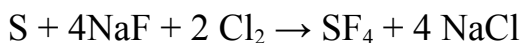
Действие дихлорида серы на фторид натрия($70^\circ C$):



Действие трифторида кобальта на серу(350-400°C):



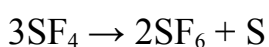
Действие хлора под давлением на смесь серы и фторида натрия (200-300°C):



Разложение дифторида дисеры (180°C): $2\text{S}_2\text{F}_2 \rightarrow \text{SF}_4 + 3\text{S}$

Химические свойства

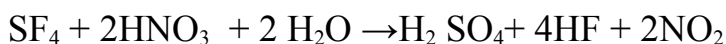
Тетрафторид серы разлагается при сильном нагревании (600-700°C):



Реагирует с влагой из воздуха (-40°C): $\text{SF}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SOF}_2 + \text{HF}$

Реагирует с водой: $\text{SF}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SO}_2 + 4\text{HF}$

Реагирует с горячей азотной кислотой (90°C):



Реагирует с щелочами: $\text{SF}_4 + 6\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 + 4\text{NaF} + 3\text{H}_2\text{O}$

Тетрафторид SF_4 выше 300 °C окисляется кислородом до SOF_4 в присутствии оксида азота (IV): $2\text{SF}_4 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SOF}_4$

В присутствии катализаторов тетрафторид серы реагирует со фтором: $\text{SF}_4 + \text{F}_2 \rightarrow \text{SF}_6$. Тетрафторид серы реагирует с альдегидами, кетонами и другими карбонильными соединениями, образуя соответствующие фторорганические соединения.

Применение

С помощью тетрафторида серы производят фторирование различных соединений: он способен замещать фтором группу OH в спиртах,

кислород в группе CO альдегидов, кислот, кетонов и даже замещать атом кислорода и группу OH в карбоксильной группе тремя атомами фтора.

Физиологическое действие

Сильный яд.

2. Хлориды серы

Соединения серы с хлором: SCl_4 , SCl_2 , S_2Cl_2 .

2.1. Хлорид серы (IV)

Физические свойства

Хлорид серы (IV) или тетрахлорид серы — неорганическое соединение серы и хлора с формулой SCl_4 . Это бесцветные или бледно-жёлтые кристаллы при -35°C , выше -31°C — тёмно-бурая жидкость, разлагается при температуре выше -15°C . Устойчива лишь в твёрдом состоянии, а при плавлении распадается на SCl_2 и Cl_2 (*температура плавления -31°C*).

Строение молекулы

Молекула тетрахлорида серы представляет собой тригональную бипирамиду с экваториальной позицией, занятой неподеленной электронной парой атома серы (рис.4). По структуре тетрахлорид серы может рассматриваться как соль $\text{SCl}_3^+\text{Cl}^-$.

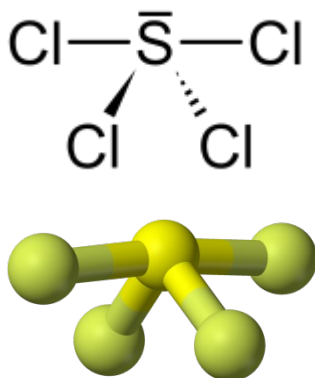


Рис. 4. Строение молекулы тетрахлорида серы.

Получение

Тетрахлорид серы получают действием хлора на дихлорид серы при низкой температуре: в стеклянную пробирку (или колбу) наливают (тяги!) дихлорид серы, пробирку охлаждают до -22°C или несколько ниже и при этой температуре дихлорид насыщают сухим хлором. При -30°C жидкость затвердевает в белую массу.



Химические свойства

Тетрахлорид серы разлагается при температуре выше – 15⁰С:



SCl₄ реагирует с влагой из воздуха: $\text{SCl}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SOCl}_2 + 2\text{HCl}$

Реагирует с водой: $\text{SCl}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SO}_2 + 4\text{HCl}$

Реагирует с азотной кислотой: $\text{SCl}_4 + 2\text{HNO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 4\text{HCl}$

+2NO₂ Реагирует с щелочами: $\text{SCl}_4 + 6\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 + 4\text{NaCl} + 3\text{H}_2\text{O}$

Применение

Широкого применения данное вещество не имеет.

2.2. Дихлорид серы

Физические свойства

Сера двухлористая или дихлорид серы SCl₂ - гранатово-красная жидкость с плотностью 1,62 г/см³ (15⁰С). Температура плавления дихлорида серы +46⁰С, температура кипения - +59⁰С. В обычных условиях в

сильной степени распадается

на S и Cl₂.

Строение молекулы

Молекула дихлорида серы имеет угловую форму с атомом серы в вершине. Длина связи S-Cl 201 пм, угол ClSCl 103⁰(рис.6)

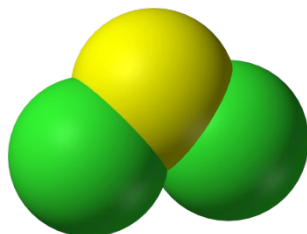
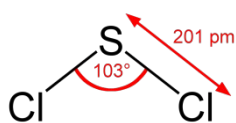


Рис.5. Строение молекулы дихлорида серы.

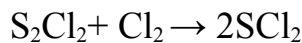
Получение

Хлорирование серы (20⁰С): $\text{S} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{SCl}_2$

Действием на серу сульфурилхлорида в присутствии хлорида алюминия:

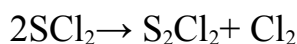


Хлорирование дитиодихлорида в присутствии хлорида железа (III) (20°C):

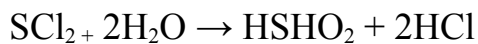


Химические свойства

При нагревании до температуры выше 70°C дихлорид серы разлагается:



Реагирует с водой при низкой температуре (в диэтиловом эфире):



и при комнатной температуре: $2SCl_2 + 2H_2O \rightarrow SO_2 + 4HCl + S$

Реагирует с кислотами-окислителями (90°C):



Реагирует со щелочами: $SCl_2 + 6NaOH \rightarrow Na_2SO_3 + 4NaCl + S + 3H_2O$

Окисляется кислородом: $2SCl_2 + O_2 \rightarrow 2SOCl_2$

Реагирует с хлором, образуя тетрахлорид серы: $SCl_2 + Cl_2 \rightarrow SCl_4$

Реагирует с фторидами щелочных металлов (70°C):



Дихлорид серы реагирует с полисульфидами водорода, образуются дихлориды полисеры (при низкой температуре (от -20 до -6°C) в растворе в четырёххлористом углероде): $2SCl_2 + H_2S_n \rightarrow S_{n+2}Cl_2 + 2HCl$

Применение

Широкого применения данное вещество не нашло. Известно, что дихлорид серы является коррозионным веществом.

2.3. Монохлорид серы

Физические свойства

Монохлорид серы (сера хлористая, дитиодихлорид S_2Cl_2) представляет собой золотисто-желтую, дымящую на воздухе жидкость с неприятным удушливым запахом, имеющая плотность $1,709 \text{ г/см}^3$ (0°C), температура плавления $-76,5^\circ\text{C}$, температура кипения $+137,1^\circ\text{C}$. Хранить его следует в запаянной ампуле, так как под действием влаги разлагается. Растворим в сероуглероде, этаноле, бензоле, диэтиловом эфире. Монохлорид серы к тому же сам является хорошим растворителем для серы (растворяет до 66% серы по массе), иода, галогенидов металлов и органических соединений.

Строение молекулы

Строение молекулы хлорида серы S_2Cl_2 долго оставалось спорным, причем обсуждению подвергались формулы $S=SCl_2$ и $Cl-S-S-Cl$. Результаты структурного анализа говорят в пользу второй трактовки: молекула S_2Cl_2 по строению подобна пероксиду водорода и имеет параметры длина связи S-S 195 пм, длина связи S-Cl 206 пм, угол $SSCl = 107^\circ$ (рис.7). Угол между плоскостями S-S-Cl составляет 85° , а энергетический барьер свободного вращения равен 71 кДж/моль. Энергия связи S-Cl оценивается в 255 кДж/моль.

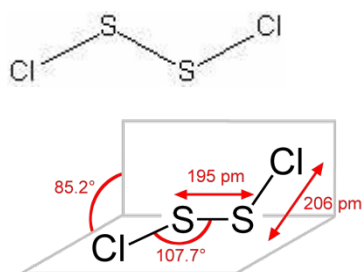


Рис.7. Строение молекулы монохлорида серы.

Получение

Получают в больших количествах прямым действием сухого хлора на избыток серы. Черенковую серу в количестве 15—20 г помещают в реторту 1 (рис. 8) с тубусом, нагревают до $125\text{—}130^\circ\text{C}$ и пропускают через прибор сухой хлор. Образующийся монохлорид серы S_2Cl_2 отгоняется, конденсируется в присоединенном к реторте холодильнике 2 и стекает в приемник 3 в виде красно-бурой жидкости с удушливым запахом.

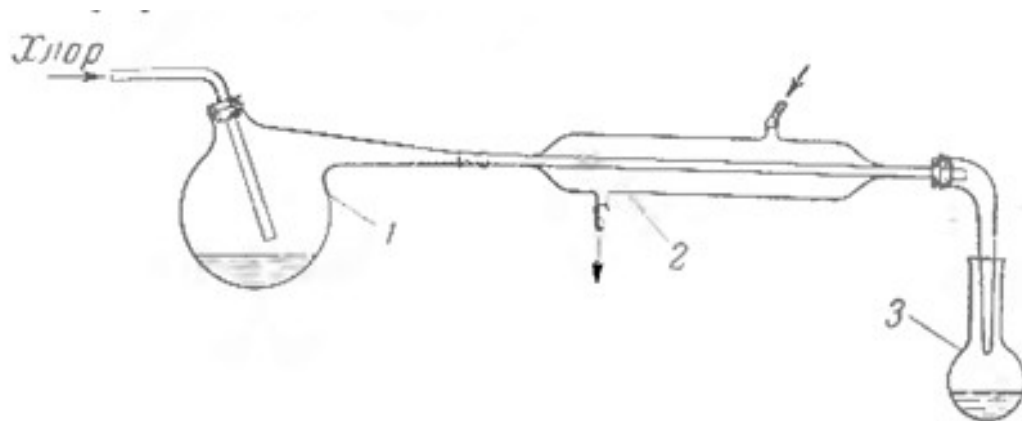


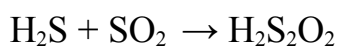
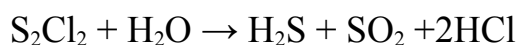
Рис.8. Прибор для получения монохлорида серы: 1- реторта; 2 – холодильник; 3- приемник.

Чистота получаемого монохлорида в большой мере зависит от скорости подачи хлора. При избытке хлора продукт загрязняется двуххлористой серой, при недостатке - серой. Кроме того, процесс не следует доводить до полного израсходования серы, чтобы избежать загрязнения продукта хлоридами, образовавшимися из примесей. Практически получить хлорированием сразу чистый монохлорид серы не удастся. Для очистки хлорид смешивают с небольшим количеством серы, перегоняют и выделяют фракцию, кипящую при 137°C . Небольшие количества хлорида можно получить в трехколенной трубке для хлорирования. В первое колено трубки помещают 2—3 г серы и хлорируют. Продукт собирается во втором колене. Применяя четырехколенную трубку, можно монохлорид для очистки перегнать в третье колено и там же его запаять. Для получения чистого продукта разгонку монохлорида серы нужно проводить в колонке с насадкой. Чистый монохлорид серы представляет собой жидкость золотисто-желтого цвета. Хранить его следует в запаянной ампуле, так как под действием влаги он подвергается гидролизу.

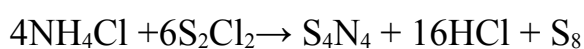
Химические свойства

Около $+137^{\circ}\text{C}$ монохлорид серы разлагается на S и Cl_2 : $\text{S}_2\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{S} + \text{Cl}_2$. Монохлорид серы медленно гидролизуется водой с образованием хлороводорода, диоксида серы и сероводорода, которые реагируют с образованием

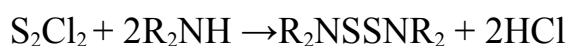
сначала тиосернистой кислоты и затем при взаимодействии тиосернистой кислоты с диоксидом серы — нестабильных политионовых кислот:



При взаимодействии с аммиаком или хлоридом аммония монохлорид серы образует тетранитрид тетрасеры каркасной структуры:

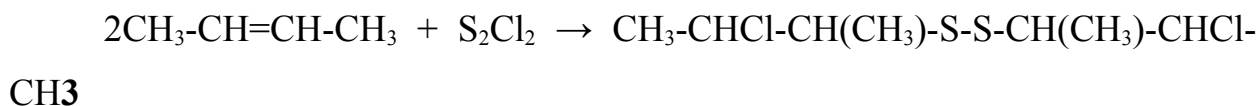


Взаимодействие монохлорида серы со вторичными аминами в при низких температурах ведет к образованию N,N-дитио-бис-аминов:



Реакции с аминами зачастую осложняются внутримолекулярной циклизацией с участием второго атома серы.

Монохлорид серы присоединяется к алкенам и алкинам, образуя с хорошим выходом симметричные α -хлоралкилдисульфиды:



С активированными ароматическими и гетероароматическими соединениями идет реакция замещения, в результате которой также образуются дисульфиды: $2ArH + S_2Cl_2 \rightarrow ArSSAr + 2HCl$

Менее реакционноспособные ароматические углеводороды реагируют с монохлоридом серы в присутствии хлорида алюминия, так, реакция с бензолом сопровождается отщеплением серы и ведет к образованию дифенилсульфида: $S_2Cl_2 + 2C_6H_6 \rightarrow (C_6H_5)_2S + 2HCl + S$

При действии Cl_2 на S_2Cl_2 получают дихлорид SCl_2 , а при дальнейшем хлорировании -тетрахлорид SCl_4 .

Применение

Монохлорид серы используется для вулканизации каучука, в производстве типографской краски и инсектицидов. При реакции с этиленом образуется летучая жидкость, известная как горчичный газ $(\text{ClC}_2\text{H}_4)_2\text{S}$ – токсичное соединение, используемое как боевое химическое отравляющее вещество раздражающего действия.

Применяется при вулканизации каучука; при получении CCl_4 , лаков; как инсектицид; входит в состав некоторых смесей для чистки металлических предметов; для лабораторного получения сероуглерода и других соединений (особенно хлоридов), служит растворителем при криоскопических и эбулиоскопических определениях молекулярной массы. Монохлорид серы - хороший растворитель для серы, иода, галогенидов металлов и органических соединений.

Химическая опасность

При воспламенении монохлорид серы выделяет токсичные газы и пары (типа хлористого водорода, двуокиси серы, сульфида водорода). Вещество распадается на токсичный хлористый газ и твердую серу при нагревании выше $300\text{ }^\circ\text{C}$. Реагирует с перекисями, окисью фосфора и некоторыми органическими соединениями, что порождает опасность возгорания и взрыва. Реагирует с влажным воздухом с образованием коррозионных паров (соляная кислота). Контакт с водой вызывает сильную реакцию, выделяя газ хлористого водорода (или соляную кислоту), двуокись серы, серу, сульфит, тиосульфат и водород сульфид, который может корродировать металлические емкости и выделять легковоспламеняющийся водородный газ.

Физиологическое действие

Монохлорид серы вызывает раздражение глаз, кожи, слизистой оболочки; слезоточивость; кашель; ожоги глаз, кожного покрова; отек легких.

3. Бромиды серы

Рассмотрим два бромида серы - дибромид и монобромид.

3.1. Дибромид серы.

Физические свойства

Дибромид серы или бромид серы(II) SBr_2 - маслянистая жидкость красного цвета с плотностью $2,693 \text{ г/см}^3$, весьма чувствительная к действию влаги. Хранить ее следует только в запаянных ампулах. Температура плавления -46°C , температура кипения $+157^\circ \text{C}$.

Строение молекулы

Молекула дибромиды серы имеет угловое строение (рис.9)

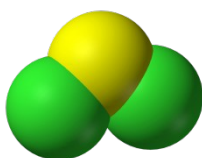
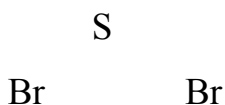
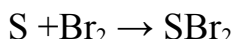


Рис. 9. Строение молекулы дибромиды серы.

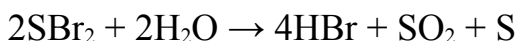
Получение

В небольшую пробирку для запаивания из толстого стекла помещают 4,8 г чистой серы и 3,8 мл брома. Затем пробирку запаивают и нагревают под тягой в закрытой водяной бане в течение 2 часов. Свободный объем пробирки должен быть около 20-25 мл или больше, чтобы несколько снизить развивающееся в ней значительное давление.



Химические свойства

Жадно поглощает влагу из воздуха, поэтому хранят в запаянных ампулах:



3.2. Монобромид серы

Физические свойства

Монобромид серы- жидкость красного цвета, очень тяжелая, легкоподвижная, имеющая весьма неприятный запах, отдаленно похожим на запах брома, но больше - на запах гниющих тряпок. Вещество не смачивает стекло сосуда. Температура плавления – 40⁰С.

Строение молекулы

Строение молекулы монобромида серы S₂Br₂ долго оставалось спорным, причем обсуждению подвергались формулы S=SBr₂ и Br-S-S-Br. Результаты структурного анализа говорят в пользу второй трактовки: молекула S₂Br₂ по строению подобна пероксиду водорода и имеет параметры длина связи S-S 198 пм, длина связи S-Br 224 пм, угол SSB_r = 105⁰. Угол между плоскостями S-S-Br составляет 88⁰.

Получение

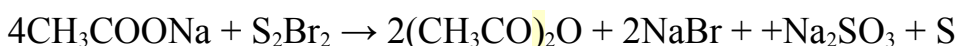
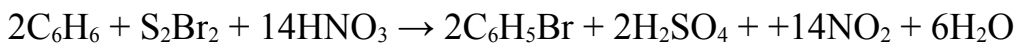
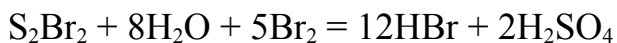
Монобромид серы получают при нагревании серы с галогенами в запаянной трубке: 2S + Br₂ = S₂Br₂ при этом необходим небольшой избыток серы во избежание образования дибромистой серы 3Br₂ + 2H₂S = S₂Br₂ + 4HBr.

Химические свойства

Монобромид серы жадно поглощает влагу из воздуха, поэтому хранят в запаянных ампулах: 2S₂Br₂ + 2H₂O → 4HBr + SO₂ + 3S

Монобромид сера очень неустойчив (а при температуре выше 900С разлагается): S₂Br₂ → 2S + Br₂

К действию кислорода воздуха бромистая сера вполне устойчива.



Применение

Монобромид серы используется для бромирования органических соединений.

Физиологическое действие

Вызывает легкое жжение при попадании на кожу.

Заключение

Рассмотренные галогениды серы – лишь часть многообразия соединений серы. К сожалению, не все галогениды достаточно изучены. Это открывает перспективы изучения данных соединений в плане изучения их свойств и областей использования.

Приложения

Таблица 1. Фториды серы

	SF ₄	S ₂ F ₁₀	SF ₆
Номенклатура	Фторид серы(IV), сера четырёхфтористая тетрафторид серы	Декафторид дисеры, сера пятифтористая	Фторид серы (VI), гексафторид серы (также элегаз или шестифтористая сера)
Строение молекулы	 <p>Молекула имеет форму тригональной бипирамиды с экваториальной позицией, занятой неподеленной электронной парой.</p>	 <p>В молекуле пятифтористой серы два атома серы соединены между собой, Каждый атом серы образует связи с пятью атомами фтора под углом 90°.</p>	 <p>Молекула SF₆ неполярна и характеризуется высоким значением потенциала ионизации (19,3 в). Ее сродство к электрону</p>

			оценивается в 142 кДж/моль. По строению она представляет собой октаэдр с серой в центре(длина связи S-F156 пм. Средняя энергия связи S-F равна 322 кДж/моль.
Агрегатное состояние	Газ	Жидкость	Газ
Цвет	Без цвета	Без цвета	Без цвета
Запах	Резкий		Отсутствует
Относительная молекулярная масса	108	254	146
Температура плавления (в °С)	-121	-53	-50 (давление)
Температура кипения (в °С)	-38	+29	-64 (сублимация)
Растворимость (в г/100 г растворителя или характеристика)	Растворяется в жидком фтористом водороде и бензоле.	Медленно реагирует с холодной водой	Плохо растворим в воде (1 объём SF ₆ в 200 объёмах воды), этиловом спирте и диэтиловом эфире, хорошо растворим в нитрометане.
Плотность	1,919 (-73°С, г/см ³ , состояние вещества - кристаллы)	2,08 г/см ³ (0°С)	1,85 (-50°С, г/см ³ , состояние вещества - жидкость) - 0,0065 (20°С, г/см ³ , состояние вещества - газ)
Открытие			1900 год Анри Муассан
Получение	Действие дихлорида	Восстановление водоро-	- Основной промышленный метод

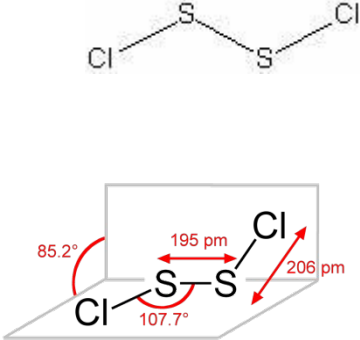
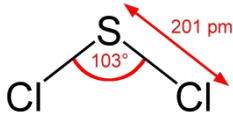
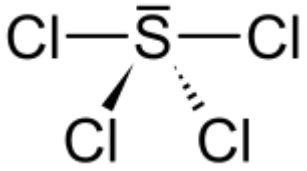
	<p>серы на фторид натрия(70⁰C):</p> $3SC_2 + 4NaF \rightarrow SF_4 + S_2Cl_2 + 4NaCl$ <p>Действие трифторида кобальта на серу(350-400⁰C):</p> $S + 4CoF_3 \rightarrow SF_4 + 4CoF_2$ <p>Действие хлора под давлением на смесь серы и фторида натрия (200-300⁰C):</p> $S + 4NaF + 2 Cl_2 \rightarrow SF_4 + 4 NaCl$ <p>Разложение дифторида дисеры (180⁰C): $2S_2F_2 \rightarrow SF_4 + 3S$</p>	<p>дом пентафторид-хлорид серы (под действием ультрафиолета):</p> $2SClF_5 + H_2 \rightarrow S_2F_{10} + 2 HCl$	<p>получения — непосредственным взаимодействием фтора с жидкой или газообразной серой (сжиганием серы в потоке фтора) с последующей очисткой от примесей (другие фториды серы) и конденсацией: $S + 3F_2 \rightarrow SF_6$</p> <ul style="list-style-type: none"> - по реакции фтора с четырехфтористой серой SF₄ в присутствии катализатора: $SF_4 + F_2 \rightarrow SF_6$ - фторированием соединений серы (например, COS); - термическим разложением SF₅Cl при 200...300 °C. -разложение сложных фторидов серы: $S_2F_{10} \rightarrow SF_6 + SF_4$
Стандартная энтальпия образования ΔН (298 К, кДж/моль)	-770 кДж/моль	-2135 кДж/моль	-1219 кДж/моль
Стандартная энтропия образования S (298 К, Дж/(моль·К))	289,8 кДж/моль		291,6 Дж/(моль·К)
Горючесть	Не горюч	Не горюч	Не горюч

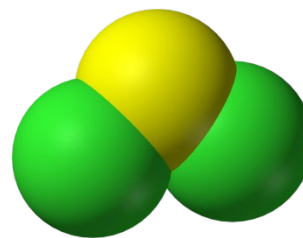
<p>Химические свойства</p>	<p>Разложение при сильном нагревании (600-700°C):</p> $3SF_4 \rightarrow 2SF_6 + S$ <p>Реагирует с влагой из воздуха (-40°C): $SF_4 + H_2O \rightarrow SOF_2 + HF$</p> <p>Реагирует с водой:</p> $SF_4 + 2H_2O \rightarrow SO_2 + 4HF$ <p>Реагирует с горячей азотной кислотой (90°C):</p> $SF_4 + 2HNO_3 + 2H_2O \rightarrow H_2SO_4 + 4HF + 2NO_2$ <p>Реагирует с щелочами:</p> $SF_4 + 6NaOH \rightarrow Na_2SO_3 + 4NaF + 3H_2O$ <p>Тetraфторид SF_4 выше 300 °C окисляется кислородом до SOF_4 в присутствии оксида азота (IV): $2SF_4 + O_2 \rightarrow 2SOF_4$</p> <p>В присутствии катализаторов тетрафторид серы реаги-</p>	<p>При комнатной температуре химически довольно инертное вещество и почти не гидролизуется водой.</p> <p>Разлагается при нагревании:</p> $S_2F_{10} \rightarrow SF_4 + SF_6$ <p>Реагирует с горячей водой (100°C):</p> $2S_2F_{10} + 6H_2O \rightarrow SO_2 + H_2SO_4 + 10HF$ <p>Реагирует с горячими концентрированными щелочами(100 °C):</p> $S_2F_{10} + 14 NaOH \rightarrow Na_2SO_3 + Na_2SO_4 + 10NaF + 7H_2O$ <p>Реагирует с хлором:</p> $2S_2F_{10} + Cl_2 \rightarrow 2SClF_5$ <p>С CCl_2 даёт фторохлорид SF_5Cl.</p>	<p>Инертное вещество. С водой не реагирует. Взаимодействие с натрием происходит только при нагревании</p> $SF_6 + 8 Na \rightarrow Na_2S + 6NaF$ <p>С водородом и кислородом гексафторид не реагирует. Однако, при сильном нагревании (до 400 °C) SF_6 взаимодействует с сероводородом, а при 30 °C — с иодоводородом:</p> $2SF_6 + 6H_2S \rightarrow S_8 + 12HF$ $SF_6 + 8HI \rightarrow H_2S + 6HF + 4I_2$ <p>При повышенном давлении и температуре около 500 °C SF_6 окисляет PF_3 до PF_5: $SF_6 + PF_3 \rightarrow PF_5 + SF_4$</p> <p>Хлорид алюминия реагирует с SF_6 при 200° C. При 500° C реагирует с титаном с воспламенением.</p> <p>Разлагается при температуре выше 500 °C.</p>
----------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	рует со фтором: $SF_4 + F_2 \rightarrow SF_6$		
Физиологическое действие	Сильный яд	Сильный яд. По характеру физиологического действия напоминает фосген, в 4 раза токсичнее его. Уже при кратковременном вдыхании воздуха с высокими концентрациями S_2F_{10} наступает смертельный исход	Не ядовит. При вдыхании наблюдается эффект пониженной тональности голоса, противоположный действию гелия. При высокой концентрации наблюдается асфиксия: учащение дыхания, частоты пульса; небольшая потеря мышечной координации, эмоциональное расстройство; утомление, тошнота, рвота, конвульсии.
Химическая опасность			<p>Вещество распадается в огне, выделяя токсичные пары окисей серы и фтористого водорода при контакте с горячими поверхностями, образуя SO_2.</p> <p>При нагревании выделяются токсичные пары. Реагирует с сильными окислителями и щелочными и щелочноземельными веществами</p>
Применение	Фторирование различных соединений благодаря способности замещать фтором группу -ОН в спиртах, кислород в группе -СО альдеги-	Применяется в качестве фторирующего агента.	Используется как диэлектрик в высоковольтных измерительных трансформаторах, как среда дугогашения в высоковольтных выключателях, как технологическая среда в электронной и металлургиче-

	<p>дов, кислот, кетонов и даже замещать атом кислорода и группу -ОН в карбоксильной группе тремя атомами фтора.</p>		<p>ской промышленности; в системах газового пожаротушения в качестве пожаротушащего вещества; как хладагент благодаря высокой теплоёмкости, низкой теплопроводности и низкой вязкости; для улучшения звукоизоляции в стеклопакетах; в полупроводниковой промышленности для плазмохимического травления кремния.</p>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Таблица 2. Хлориды серы

	S_2Cl_2	SCl_2	SCl_4
<p>Систематическая номенклатура</p>	<p>Хлорид серы (I), моноклорид серы</p>	<p>Хлорид серы (II), дихлорид серы</p>	<p>Хлорид серы (IV), сера четырёххлористая, тетрахлорид серы</p>
<p>Строение молекулы</p>			 <p>Молекула тетрахлорида серы представляет собой тригональную бипирамиду с экваториальной позицией, занятой неподеленной элек-</p>



Молекула SCl_2 имеет угловую форму с атомом серы в вершине. Длина связи S-Cl 201 пм, угол ClSCl 103° .

тронной парой атома серы.

Агрегатное состояние	Жидкость	Жидкость	Бесцветные или бледно-жёлтые кристаллы
Цвет	Оранжево-желтая	Тёмно-красный	Без цвета
Запах	Неприятный		
Относительная молекулярная масса	135	103	174
Температура плавления (в $^\circ\text{C}$)	-80	-121	-31
Температура кипения (в $^\circ\text{C}$)	+136,8	+59,6	разложение
Раствори-	Реагирует с водой	Реагирует с водой	Реагирует с водой

мость (в г/100 г растворителя или характеристика)			
Плотность		1,621 г/см ³	
Получение	Получается взаимодействием сухого хлора с расплавленной серой. $2S + Cl_2 \rightarrow S_2Cl_2$	Хлорирование серы (20 ⁰ C): $S + Cl_2 \rightarrow SCl_2$ Действием на серу сульфурилхлорида в присутствии хлорида алюминия: $3S + 2SO_2Cl_2 \rightarrow SCl_2 + S_2Cl_2 + 2SO_2$ Хлорирование дитиодихлорида в присутствии хлорида железа (III) (20 ⁰ C): $S_2Cl_2 + Cl_2 \rightarrow 2SCl_2$	Тетрахлорид серы получают действием хлора на дихлорид серы при низкой температуре: в стеклянную пробирку (или колбу) наливают (тяга!) дихлорид серы, пробирку охлаждают до -22 С или несколько ниже и при этой температуре дихлорид насыщают сухим хлором. При -30 С жидкость затвердевает в белую массу. $SCl_2 + Cl_2 \rightarrow SCl_4$
Стандартная энтальпия образования ΔH (298 К, кДж/моль)		-49,4 кДж/моль	-56,1
Химиче-	$S_2Cl_2 \rightarrow 2S + Cl_2$.	При нагревании до темпе-	Разлагается при температуре

<p>ские свойства</p>	<p>Монохлорид серы медленно гидролизуется водой с образованием хлороводорода, диоксида серы и сероводорода, которые реагируют с образованием сначала тиосернистой кислоты и затем при взаимодействии тиосернистой кислоты с диоксидом серы — нестабильных политионовых кислот:</p> $S_2Cl_2 + H_2O \rightarrow H_2S + SO_2 + 2HCl$ $H_2S + SO_2 \rightarrow H_2S_2O_2$ $H_2S_2O_2 + 2SO_2 \rightarrow H_2S_4O_6$ <p>При взаимодействии с аммиаком или хлоридом аммония монохлорид серы образует тетранитрид тетрасеры каркасной структуры:</p> $16NH_3 + 6S_2Cl_2 \rightarrow S_4N_4 + 12NH_4Cl + S_8$ $4NH_4Cl + 6S_2Cl_2 \rightarrow S_4N_4 + 16HCl + S_8$ <p>Взаимодействие монохлорида серы со вторичными аминами в при низких температурах ведет к образованию N,N-дитио-</p>	<p>ратуры выше 70⁰C дихлорид серы разлагается:</p> $2S_2Cl_2 \rightarrow S_2Cl_2 + Cl_2$ <p>Реагирует с водой при низкой температуре (в диэтиловом эфире):</p> $S_2Cl_2 + 2H_2O \rightarrow H_2SO_2 + 2HCl$ <p>и при комнатной температуре:</p> $2S_2Cl_2 + 2H_2O \rightarrow SO_2 + 4HCl + S$ <p>Реагирует с кислотами-окислителями (90⁰C):</p> $S_2Cl_2 + 4HNO_3 \rightarrow H_2SO_4 + 2HCl + 4NO_2$ <p>Реагирует со щелочами:</p> $S_2Cl_2 + 6NaOH \rightarrow Na_2SO_3 + 4NaCl + S + 3H_2O$ <p>Окисляется кислородом:</p>	<p>выше – 15⁰C:</p> $S_2Cl_2 \rightarrow SCl_2 + Cl_2$ <p>Реагирует с влагой из воздуха:</p> $SCl_4 + H_2O \rightarrow SOCl_2 + 2HCl$ <p>Реагирует с водой:</p> $SCl_4 + 2H_2O \rightarrow SO_2 + 4HCl$ <p>Реагирует с азотной кислотой:</p> $SCl_4 + 2HNO_3 + 2H_2O \rightarrow H_2SO_4 + 4HCl + 2NO_2$ <p>Реагирует с щелочами:</p> $SCl_4 + 6NaOH \rightarrow Na_2SO_3 + 4NaCl + 3H_2O$
----------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

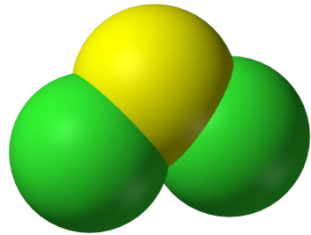
	<p>бис-аминов:</p> $S_2Cl_2 + 2R_2NH \rightarrow R_2NSSNR_2 + 2HCl$ <p>Реакции с аминами зачастую осложняются внутримолекулярной циклизацией с участием второго атома серы.</p> <p>Монохлорид серы присоединяется к алкенам и алкинам, образуя с хорошим выходом симметричные α-хлоралкилдисульфиды:</p> $2CH_3-CH=CH-CH_3 + S_2Cl_2 \rightarrow$ $CH_3-CHCl-CH(CH_3)-S-S-CH(CH_3)-CHCl-CH_3$ <p>С активированными ароматическими и гетероароматическими соединениями идет реакция замещения, в результате которой также образуются дисульфиды:</p> $2ArH + S_2Cl_2 \rightarrow ArSSAr + 2HCl$ <p>Менее реакционноспособные ароматические углеводороды реагируют с монохлоридом серы в присутствии хлорида алюминия, так, реакция с бензолом сопровожда-</p>	$2S_2Cl_2 + O_2 \rightarrow 2SOCl_2$ <p>Реагирует с хлором, образуя тетрахлорид серы:</p> $S_2Cl_2 + Cl_2 \rightarrow SCl_4$ <p>Реагирует с фторидами щелочных металлов (70°C):</p> $3S_2Cl_2 + 4NaF \rightarrow SF_4 + 4NaCl + S_2Cl_2$ <p>Дихлорид серы реагирует с полисульфидами водорода, образуются</p> <p>дихлориды полисеры (при низкой температуре (от -20 до -6°C) в растворе в четырёххлористом углероде):</p> $2S_2Cl_2 + H_2S_n \rightarrow S_{n+2} Cl_2 + 2HCl$	
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

	<p>ется отщеплением серы и ведет к образованию дифенилсульфида:</p> $S_2Cl_2 + 2C_6H_6 \rightarrow (C_6H_5)_2S + 2HCl + S$ <p>При действии Cl_2 на S_2Cl_2 получают дихлорид SCl_2, а при дальнейшем хлорировании -тетрахлорид SCl_4.</p>		
<p>Физиологическое действие</p>	<p>Раздражение глаз, кожи, слизистой оболочки; слезовыделение; кашель; ожоги глаз, кожного покрова; отек легких</p>		
<p>Химическая опасность</p>	<p>При воспламенении выделяет токсичные газы и пары (типа хлористого водорода, двуокиси серы, сульфида водорода) · Вещество распадается на токсичный хлористый газ и твердую серу при нагревании выше 300 °С · Реагирует с перекисями, окисью фосфора и некоторыми органическими соединениями, что порождает опасность возгорания и взрыва · Реагирует с влажным воздухом с образованием коррозионных паров (соляная кислота) · Контакт с водой вызывает сильную реакцию, выделяя</p>	<p>Коррозийное вещество</p>	

	газ хлористого водорода (или соляную кислоту), двуокись серы, серу, сульфит, тиосульфат и водород сульфид, который может корродировать металлические емкости и выделять легковоспламеняющийся водородный газ		
Применение	<p>Монохлорид используется для вулканизации каучука, в производстве типографской краски и инсектицидов. При реакции с этиленом образуется летучая жидкость, известная как горчичный газ $(\text{ClC}_2\text{H}_4)_2\text{S}$ – токсичное соединение, используемое как боевое химическое отравляющее вещество раздражающего действия.</p> <p>Хороший растворитель для серы, иода, галогенидов металлов и органических соединений.</p>	Большого применения не имеет	Большого применения не имеет

Таблица 3. Бромиды серы

	S_2Br_2	SBr_2
Систематическая номенклатура	Бромид серы (I), монобромид серы	Бромид серы (II), дибромид серы

Строение молекулы	<p>Строение молекулы бромиды серы S_2Br_2 долго оставалось спорным, причем обсуждению подвергались формулы $S=SBr_2$ и $Br-S-S-Br$. Результаты структурного анализа говорят в пользу второй трактовки: молекула S_2Br_2 по строению подобна пероксиду водорода и имеет параметры длина связи S-S 198 пм, длина связи S-Br 224 пм, угол SSBr = 105°. Угол между плоскостями S-S-Br составляет 88°.</p> <p style="text-align: center;">$Br - S - S - Br$</p>	<p>Молекула имеет угловое строение $Br - S - Br$</p> 
Агрегатное состояние	Жидкость очень тяжелая, легкоподвижная. Жидкость не смачивает стекло сосуда.	Жидкость
Цвет	Темно-красный	Красный
Запах	Весьма неприятным запахом, отдаленно похожим на запах брома, но больше - на запах гниющих тряпок.	
Относительная молекулярная масса	224	192
Температура плавления (в $^\circ C$)	-40	- 46
Температура кипения (в $^\circ C$)	+57 (27Па)	+ 157
Растворимость (в г/100 г растворителя или характеристика)	Реагирует с водой	Реагирует с водой
Плотность		2,693 г/см ³

<p>Получение</p>	<p>Получают при нагревании серы с галогенами в запаянной трубке:</p> $2S + Br_2 = S_2Br_2$ <p>нужен небольшой избыток серы во избежание образования дибромистой серы</p> $3Br_2 + 2H_2S = S_2Br_2 + 4HBr.$	$S + Br_2 = SBr_2$
<p>Стандартная энтальпия образования ΔH (298 К, кДж/моль)</p>	<p>-15,1</p>	
<p>Химические свойства</p>	<p>Жадно поглощает влагу из воздуха, поэтому хранят в запаянных ампулах:</p> $2S_2Br_2 + 2H_2O \rightarrow 4HBr + SO_2 + 3S$ <p>Монобромид серы очень неустойчив (а при температуре выше 900С разлагается)</p> $S_2Br_2 \rightarrow 2S + Br_2$ <p>К действию кислорода воздуха бромистая сера вполне устойчива.</p> $S_2Br_2 + 8H_2O + 5Br_2 = 12HBr + 2H_2SO_4$ $2C_6H_6 + S_2Br_2 + 14HNO_3 \rightarrow 2C_6H_5Br + 2H_2SO_4 + 14NO_2 + 6H_2O$ $4CH_3COONa + S_2Br_2 \rightarrow 2(CH_3CO)_2O + 2NaBr + Na_2SO_3 + S$	<p>Жадно поглощает влагу из воздуха, поэтому хранят в запаянных ампулах:</p> $2SBr_2 + 2H_2O \rightarrow 4HBr + SO_2 + S$

Физиологическое действие	При попадании на кожу вызывает легкое жжение	
Применение	Бромирование органических соединений	Широкого применения не имеет

Список использованных источников

1. <http://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/101/700.htm>
2. <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/spiridonov/14.html>
3. <http://studopedia.org/1-2924.html>
4. <http://ru-safety.info/post/101925202700042/>
5. <http://www.ngpedia.ru/id163971p1.html>
6. [http://www.ngpedia.ru/cgi-bin/getpage.exe?
cn=392&uid=0.435551086440682&inte=5](http://www.ngpedia.ru/cgi-bin/getpage.exe?cn=392&uid=0.435551086440682&inte=5)
7. <http://chemi-lib.narod.ru/sulfur-monochloride.htm>
8. [http://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/himiya/SERA.html?
page=0,2](http://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/himiya/SERA.html?page=0,2)
9. [http://mati-himia.3dn.ru/publ/binarnye_khimicheskie_soedinenija/
s_br/3-1-0-1063](http://mati-himia.3dn.ru/publ/binarnye_khimicheskie_soedinenija/s_br/3-1-0-1063)
10. [http://chemistry-chemists.com/N5_2014/
ChemistryAndChemists_5_2014-P2-1.html](http://chemistry-chemists.com/N5_2014/ChemistryAndChemists_5_2014-P2-1.html)
11. <http://znaesh-kak.com/o/sera.html>
12. <http://www.wikiznanie.ru/ru-wz/index.php/SF6>
13. http://elegas.ru/elegaz_opt.htm
14. https://ru.wikipedia.org/wiki/Тетрафторид_серы
15. https://ru.wikipedia.org/wiki/Декафторид_дисеры
16. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Фторид_серы\(VI\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Фторид_серы(VI))
17. [http://chemistry-chemists.com/N5_2014/ChemistryAnd-
Chemists_5_2014-P2-1.html](http://chemistry-chemists.com/N5_2014/ChemistryAnd-Chemists_5_2014-P2-1.html)
18. <http://www.referat-web.ru/content/referat/chemistry/chemistry201.php>
19. <http://www.ximuk.ru/encyklopedia/896.html>

Словарь терминов

Бифенил (или дифенил) — органическое соединение, углеводород, двоянный фенильный радикал $C_6H_5-C_6H_5$.

Галогениды – химические соединения галогенов с другими элементами. К галогенидам обычно относят соединения, в которых атомы галогена имеют большую электроотрицательность, чем другой элемент. Галогенидов не образуют He, Ne и Ar. К простым, или бинарным, галогенидам $ЭХ_n$ относят, в частности, соли галогеноводородных кислот и межгалогенные соединения. Существуют также смешанные галогениды, полигалогениды, гидрогалогениды, оксогалогениды, оксигалогениды, гидроксигалогениды, тиогалогениды и комплексные галогениды.

Деструкция (лат. destructio) - нарушение, разрушение нормальной структуры чего-либо (напр., деструкция полимеров).

Катенация (лат. catena – цепь) - способность атомов химического элемента образовывать разветвленные и неразветвленные цепи.

Моноглим - диэтиловый эфир этиленгликоля.

Олигомер (греч. ολιγος — малый, немногий, незначительный; μέρος — часть) — молекула в виде цепочки из небольшого числа одинаковых составных звеньев. Этим олигомеры отличаются от полимеров, в которых число звеньев теоретически не ограничено.

Пикометр (пм) — единица измерения длины в метрической системе, равная одной триллионной (то есть $1/1000000000000$) части метра, основной единицы СИ. В экспоненциальной записи представляется как 10^{-12} метров.

Политионовые кислоты — соединения серы с общей формулой $H_2S_nO_6$, где $n \geq 2$. Их соли называются политионатами. Во всех анионах-политионатах содержатся цепи из атомов серы, присоединённые к концевым

SO₃H-группам. Название полиотионовых кислот определяется числом атомов в цепочке атомов серы:

H₂S₂O₆ — дитионовая кислота

H₂S₃O₆ — тритионовая кислота

H₂S₄O₆ — тетратионовая кислота

H₂S₅O₆ — пентатионовая кислота и др.

Сублимация или возгонка - переход вещества из твёрдого состояния в газообразное без пребывания в жидком состоянии.

Фосгэн (дихлорангидрид угольной кислоты) — химическое вещество с формулой CCl₂O, при нормальных условиях — бесцветный газ с запахом прелого сена. Синонимы: оксид-дихлорид углерода, карбонилхлорид, хлорокись углерода. Обладает удушающим действием. Использовался в Первую мировую войну как боевое отравляющее вещество.

Фторирование - введение атома фтора в молекулу химических соединений. Фторирование химических соединений осуществляют прямым (заместительным) фторированием либо присоединением F₂, HF или других неорганических фторидов по кратным связям.