

Кислородсодержащие соединения серы

Оксиды, кислоты, соли

Сернистый газ SO_2 и серный ангидрид SO_3

Физические свойства и методы получения

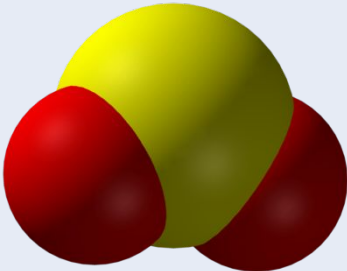
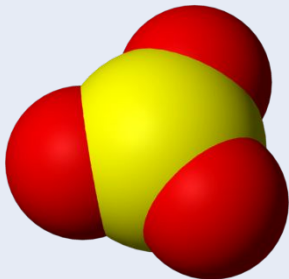
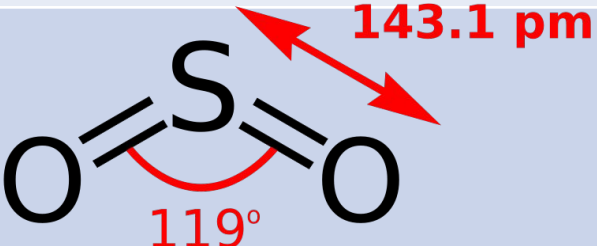
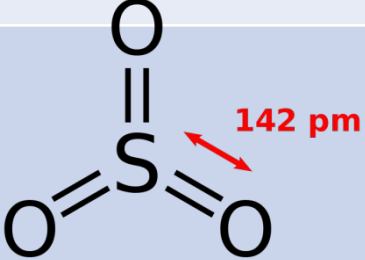
Физические свойства

| Параметр сравнения | Сернистый газ | Серный ангидрид |
|--|--|--|
| Название по международной номенклатуре | Оксид серы (IV) | Оксид серы (VI) |
| Физические свойства при н.у. ($t^{\circ} = 0^{\circ}\text{C}$, $p = 1 \text{ атм.}$) | бесцветный газ с резким удушающим запахом загорающейся спички | бесцветное, похожее на лёд твердое вещество, на воздухе сильно «дымит» |
| Физические свойства при ст.у. ($t^{\circ} = 25^{\circ}\text{C}$, $p = 1 \text{ атм.}$) | бесцветный газ с резким удушающим запахом загорающейся спички | легколетучая бесцветная жидкость с удушающим запахом |
| Токсичность | Очень токсичен. Симптомы отравления: насморк, кашель, охриплость, сильное першение в горле, своеобразный привкус | Токсичен |

Физические свойства

| Параметр сравнения | Сернистый газ | Серный ангидрид |
|--------------------------|--|---|
| t° плавления | $-75,5^{\circ}\text{C}$ | $16,9^{\circ}\text{C}$ |
| t° кипения | $-10,01^{\circ}\text{C}$ | 45°C |
| Отношение к воде | Растворяется в воде с образованием нестойкой сернистой кислоты $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3$ При $t^{\circ} = 20^{\circ}$ в 100 мл H_2O растворяется SO_2 | Очень гигроскопичен – энергично реагирует с водой, образуя серную кислоту $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ |
| Нахождение в природе | Один из основных компонентов вулканических газов | В природе в свободном виде не встречается |
| Термическая устойчивость | Устойчив | Устойчив |

Физические свойства

| Параметр сравнения | Сернистый газ | Серный ангидрид |
|---|--|---|
| Отношение к воде | Растворяется в воде с образованием нестойкой сернистой кислоты $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3$ При $t^\circ = 20^\circ$ в 100 мл H_2O растворяется SO_2 | Очень гигроскопичен – энергично реагирует с водой, образуя серную кислоту $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ |
| Модель молекулы (ковалентная полярная связь) |  |  |
| Структурная формула |  |  |

Химические свойства

| Параметр сравнения | Сернистый газ | Серный ангидрид |
|--------------------------------|--|--|
| Характер оксида | кислотный | кислотный |
| Отношение к воде | $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3$ | $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ |
| Отношение к основным оксидам | $\text{K}_2\text{O} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_3$ | $\text{K}_2\text{O} + \text{SO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4$ |
| Отношение к амфотерным оксидам | $\text{SO}_2 + \text{ZnO} \rightarrow \text{ZnSO}_3$ | $\text{SO}_3 + \text{ZnO} \rightarrow \text{ZnSO}_4$ |
| Отношение к раствору щелочи | $2\text{NaOH} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{NaOH} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{NaHSO}_3$ | $2\text{NaOH} + \text{SO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{NaOH} + \text{SO}_3 \rightarrow \text{NaHSO}_4$ |

Химические свойства

| Параметр сравнения | Сернистый газ | Серный ангидрид |
|--|---|---|
| Степень окисления серы и роль оксида в ОВР | В молекулах $S^{+4}O_2$ атомы серы имеют промежуточную степень окисления, сернистый ангидрид – и окислитель, и восстановитель (ОВД) | В молекулах $S^{+6}O_3$ атомы серы имеют высшую степень окисления, серный ангидрид – окислитель |
| Отношение к сероводороду | $S^{+4}O_2 + 2H_2S^{-2} \rightarrow 3S^0 + 2H_2O$ H_2S – восстановитель SO_2 – окислитель | $3S^{+6}O_3 + H_2S^{-2} \rightarrow 4S^{+4}O_2 + H_2O$ H_2S – восстановитель SO_3 – окислитель |
| Отношение к кислороду | $2S^{+4}O_2 + O_2 \rightleftharpoons 2S^{+6}O_3$ SO_2 – восстановитель O_2 – окислитель | $S^{+6}O_3 + O_2 \neq$ |
| Отношение к хлору | $S^{+4}O_2 + Cl_2 + 2H_2O \rightarrow 2HCl + H_2SO_4$ SO_2 – восстановитель Cl_2 – окислитель | $S^{+6}O_3 + Cl_2 \neq$ |

Методы получения

| Название метода | Сернистый газ | Серный ангидрид |
|--|--|---|
| Сжигание серы | $S + O_2 \rightarrow SO_2$ | — |
| Обжиг сульфидов (пирита) | $4FeS_2 + 11O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3 + 8SO_2 \uparrow$ | — |
| Каталитическое окисление сернистого газа | — | $2S^{+4}O_2 + O_2 \xrightleftharpoons{V_2O_5} 2S^{+6}O_3$ |
| Действие концентрированной серной кислоты на малоактивные металлы при нагревании | $2H_2SO_{4 \text{ концентрированная}} + Cu \rightarrow CuSO_4 + SO_2 \uparrow + 2H_2O$ | — |
| Действие сильных кислот на сульфиты и гидросульфиты | $Na_2SO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O + SO_2 \uparrow$ | — |

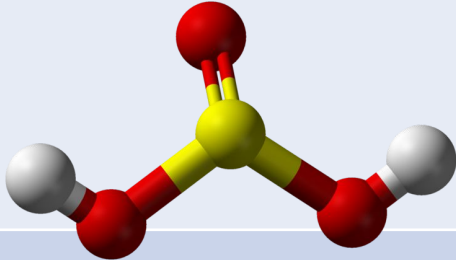
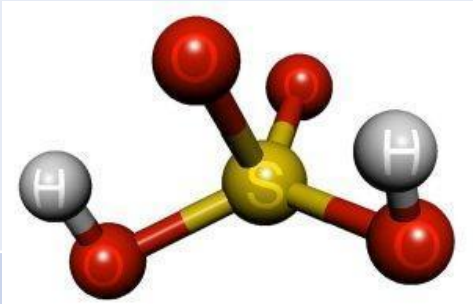
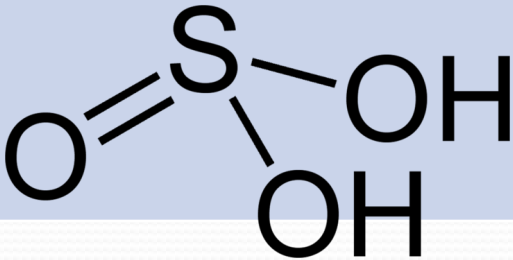
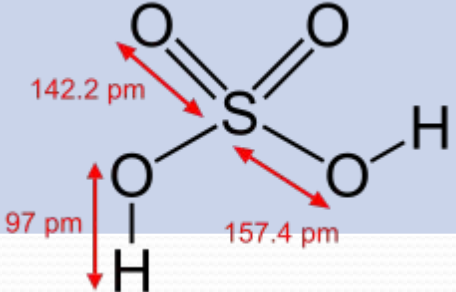
Сернистая кислота H_2SO_3 и Серная кислота H_2SO_4

Физические свойства и методы получения

Физические свойства

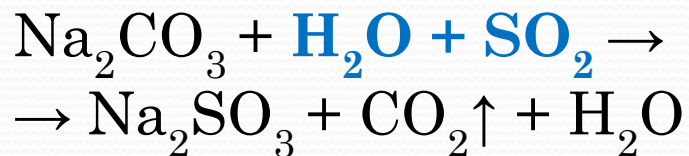
| Параметр сравнения | Сернистая кислота | Серная кислота |
|---------------------------|---|--|
| Физические свойства | Известна только в разбавленных водных растворах, растворы H_2SO_3 всегда имеют резкий специфический запах | Бесцветная, тяжелая, нелетучая маслянистая жидкость без запаха; при попадании на кожу, мгновенно разъедает её. |
| Основность и сила кислоты | Двухосновная кислота средней силы, ближе к слабым | Двухосновная кислота сильная |
| Диссоциация | <p>Ступенчатая, обратимая</p> $\text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^{1+} + \text{HSO}_3^{1-} \quad (\text{I})$ $K_1 = 1,6 \cdot 10^{-2}$ $\text{HSO}_3^{1-} \rightleftharpoons \text{H}^{1+} + \text{SO}_3^{2-} \quad (\text{II})$ $K_2 = 6,3 \cdot 10^{-8}$ | <p>Ступенчатая, практически необратимая (по I ступени); обратимая (по II ступени);</p> $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}^{1+} + \text{HSO}_4^{1-} \quad (\text{I})$ $K_1 = 1 \cdot 10^3$ $\text{HSO}_4^{1-} \rightleftharpoons \text{H}^{1+} + \text{SO}_4^{2-} \quad (\text{II})$ $K_2 = 1,2 \cdot 10^{-2}$ |

Физические свойства

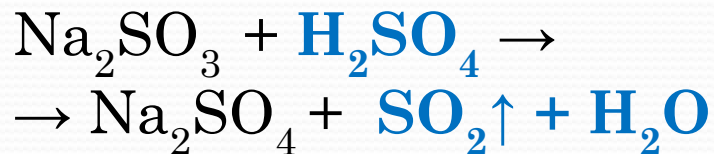
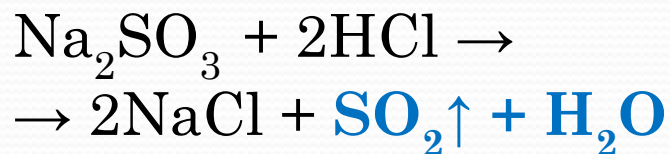
| Параметр сравнения | Сернистая кислота | Серная кислота |
|---------------------|--|---|
| Отношение к воде | Существует только в растворах | Смешивается с водой в любых соотношениях, поглощает воду с выделением большого количества теплоты |
| Модель молекулы |  |  |
| Структурная формула |  |  |

Сопоставление силы сернистой и серной кислот

Сернистая кислота

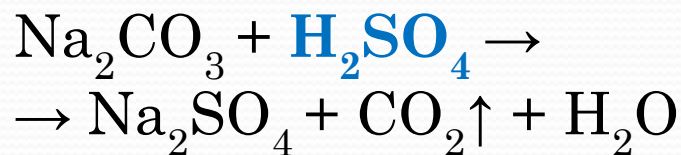


Сернистая кислота – сильнее
слабой угольной кислоты

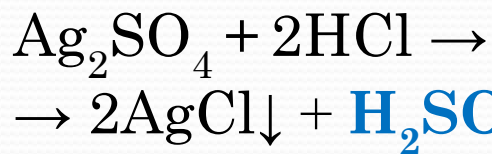
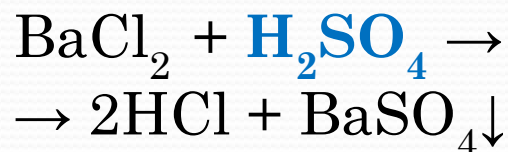


Сернистая кислота – слабее
сильной соляной кислоты или
серной кислоты

Серная кислота



Серная кислота –
сильнее слабой угольной
кислоты



Серная кислота – не слабее
сильной соляной кислоты

Методы получения

| Название метода | Серная кислота |
|---|---|
| Получение серной кислоты из железного купороса | (1) термическое разложение сульфата железа $4\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{SO}_2 + 28\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ (2) последующее охлаждение смеси $2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_4$ |
| Получение серной кислоты из сульфидов металлов | (1) обжиг сульфидов $4\text{FeS} + 7\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{SO}_2 \text{ (t}^\circ\text{C)}$ (2) Каталитическое окисление сернистого газа кислородом воздуха $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3 \text{ (t}^\circ\text{C, V}_2\text{O}_5 \text{ – катализатор)}$ (3) Гидратация серного ангидрида – поглощение серного ангидрида раствором серной кислоты $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ |
| Название метода | Сернистая кислота |
| Действие сильных кислот на сульфиты и гидросульфиты | Практически сернистая кислота – раствор SO_2 в H_2O $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \uparrow$ |

ЗАДАНИЕ

Признаки сравнения

SO₂-оксид серы (IV), сернистый газ, сернистый ангидрид, диоксид серы

SO₃-оксид серы (VI), серный ангидрид, триоксид серы

1. Строение молекул (структурная формула, вид связи)
2. Физические свойства
3. Получение
4. Химические свойства (общие)
5. Химические свойства (особенные-специфические)
6. Применение
7. Составить СИУ, ПИУ

