

Сера, селен, теллур
элементы VIA подгруппы
(халькогены – «рождающие руды»)
(1)

Лекция курса

«Общая и неорганическая химия»

для 11-х классов СУНЦ

| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | | | VIII |
|----|-------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1 | H 1 Водород | | | | | | | | | | He 2 Гелий |
| 2 | Li 3 Литий | Be 4 Бериллий | B 5 Бор | C 6 Углерод | N 7 Азот | O 8 Кислород | F 9 Фтор | | | | Ne 10 Неон |
| 3 | Na 11 Натрий | Mg 12 Магний | Al 13 Алюмин.. | Si 14 Кремний | P 15 Фосфор | S 16 Сера | Cl 17 Хлор | | | | Ar 18 Аргон |
| 4 | K 19 Калий | Ca 20 Кальций | Sc 21 Скандий | Ti 22 Титан | V 23 Ванадий | Cr 24 Хром | Mn 25 Марганец | Fe 26 Железо | Co 27 Кобальт | Ni 28 Никель | |
| 5 | Cu 29 Медь | Zn 30 Цинк | Ga 31 Галлий | Ge 32 Германий | As 33 Мышьяк | Se 34 Селен | Br 35 Бром | | | | Kr 36 Криптон |
| 6 | Rb 37 Рубидий | Sr 38 Стронций | Y 39 Иттрий | Zr 40 Цирконий | Nb 41 Ниобий | Mo 42 Молибден | Tc 43 Технеций | Ru 44 Рутений | Rh 45 Родий | Pd 46 Палладий | |
| 7 | Ag 47 Серебро | Cd 48 Кадмий | In 49 Индий | Sn 50 Олово | Sb 51 Сурьма | Te 52 Теллур | I 53 Иод | | | | Xe 54 Ксенон |
| 8 | Cs 55 Цезий | Ba 56 Барий | La 57 Лантан | Hf 72 Гафний | Ta 73 Тантал | W 74 Вольфрам | Re 75 Рений | Os 76 Осмий | Ir 77 Иридий | Pt 78 Платина | |
| 9 | Au 79 Золото | Hg 80 Ртуть | Tl 81 Таллий | Pb 82 Свинец | Bi 83 Висмут | Po 84 Полоний | At 85 Астат | | | | Rn 86 Радон |
| 10 | Fr 87 Франций | Ra 88 Радий | Ac 89 Актиний | Rf 104 Резерфо.. | Db 105 Дубний | Sg 106 Сиборго.. | Bh 107 Борий | Hs 108 Хассий | Mt 109 Мейтнер.. | Uun 110 Ун-ун-ун.. | Uuu 111 Ун-ун-ун.. |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Ce 58 Церий | Pr 59 Празеод.. | Nd 60 Неодим | Pm 61 Прометий | Sm 62 Самарий | Eu 63 Европий | Gd 64 Гадолин.. | Tb 65 Тербий | Dy 66 Диспроз.. | Ho 67 Гольмий | Er 68 Эрбий | Tm 69 Тулий | Yb 70 Иттербий | Lu 71 Лютеций |
| Th 90 Торий | Pa 91 Протакт.. | U 92 Уран | Np 93 Нептуний | Pu 94 Плутоний | Am 95 Америций | Cm 96 Кюрий | Bk 97 Берклий | Cf 98 Калифор.. | Es 99 Энштейн.. | Fm 100 Фермий | Md 101 Менделе.. | No 102 Нобелий | Lr 103 Лоуренс.. |

Нахождение серы в природе



Самородная сера



**Сульфидная руда CuFeS_2
Халькопирит (медный колчедан)**

**Сульфатная руда
Гипс (селенит) $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$**

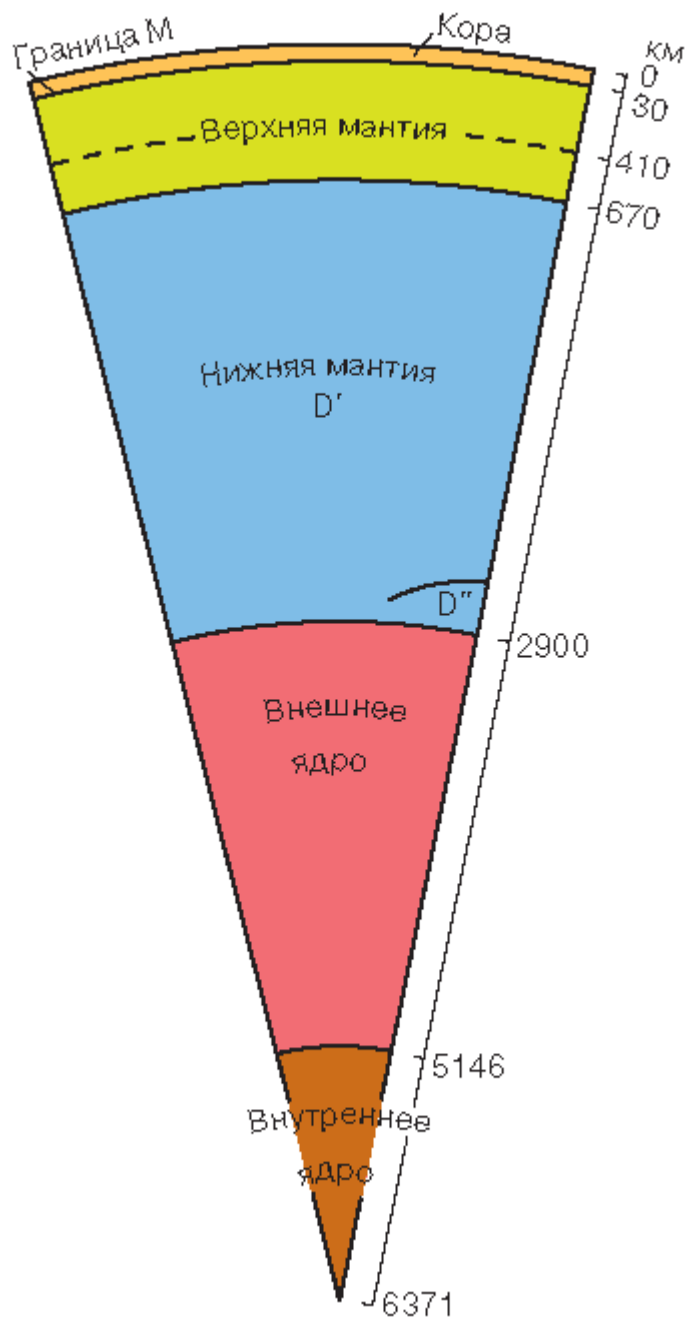




Крупный кристалл халькопирита (CuFeS_2)



**Сульфидная руда CuFeS_2
Халькопирит (медный колчедан)**



Состав ядра Земли $\text{Fe}_7\text{S} (?)$

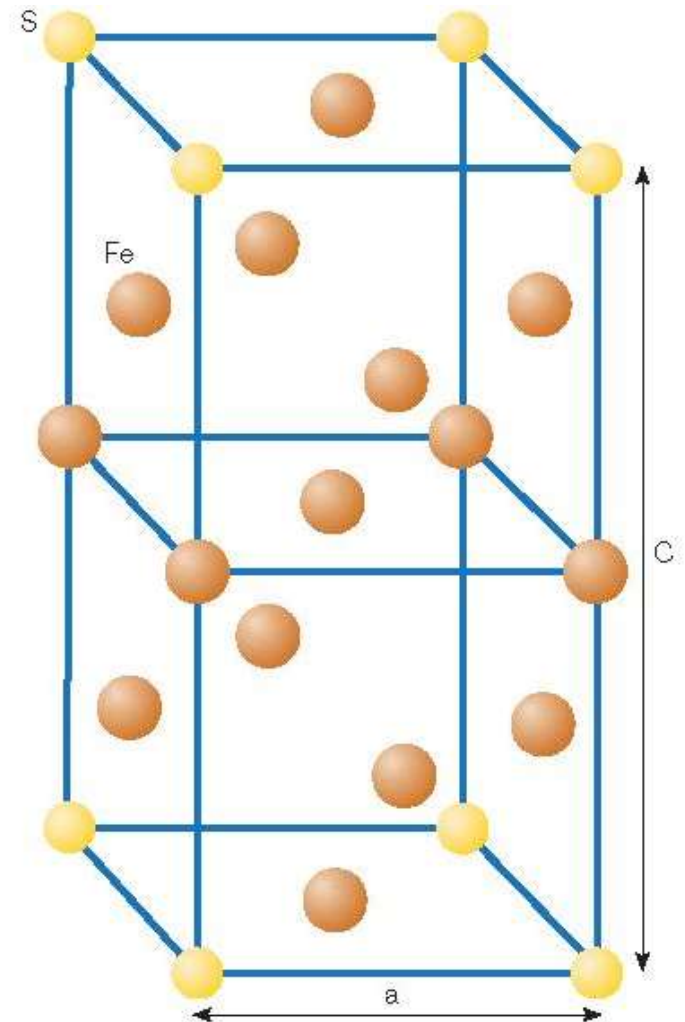


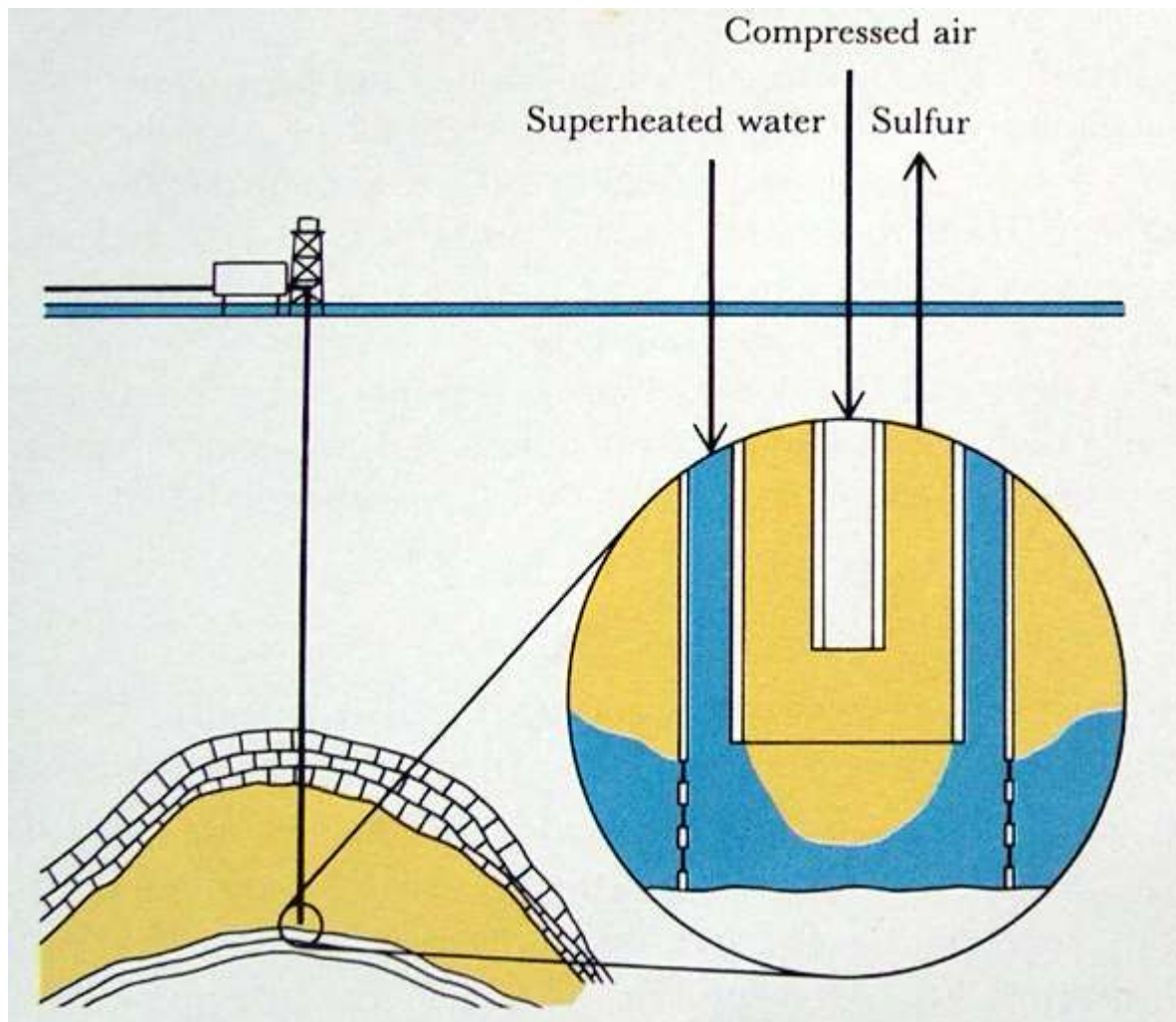
Рис. 3. Тетрагональная структура Fe_7S -возможного компонента внутреннего (твёрдого) ядра, по Д.М. Шерману (1997)

Вулкан Анек в Индонезии

(«Индонезия: сады дьявола» из Одиссеи Жака Кусто) vulk-iz-Kust-V1s 1:24



Добыча серы методом Фраша (H. Frasch, США, 1890 г.)



| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | VIII | | |
|----|-------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1 | H 1 Водород | | | | | | | | He 2 Гелий | | |
| 2 | Li 3 Литий | Be 4 Бериллий | B 5 Бор | C 6 Углерод | N 7 Азот | O 8 Кислород | F 9 Фтор | | Ne 10 Неон | | |
| 3 | Na 11 Натрий | Mg 12 Магний | Al 13 Алюмин.. | Si 14 Кремний | P 15 Фосфор | S 16 Сера | Cl 17 Хлор | | Ar 18 Аргон | | |
| 4 | K 19 Калий | Ca 20 Кальций | Sc 21 Скандий | Ti 22 Титан | V 23 Ванадий | Cr 24 Хром | Mn 25 Марганец | Fe 26 Железо | Co 27 Кобальт | Ni 28 Никель | |
| 5 | Cu 29 Медь | Zn 30 Цинк | Ga 31 Галлий | Ge 32 Германий | As 33 Мышьяк | Se 34 Селен | Br 35 Бром | | | Kr 36 Криптон | |
| 6 | Rb 37 Рубидий | Sr 38 Стронций | Y 39 Иттрий | Zr 40 Цирконий | Nb 41 Ниобий | Mo 42 Молибден | Tc 43 Технеций | Ru 44 Рутений | Rh 45 Родий | Pd 46 Палладий | |
| 7 | Ag 47 Серебро | Cd 48 Кадмий | In 49 Индий | Sn 50 Олово | Sb 51 Сурьма | Te 52 Теллур | I 53 Иод | | | Xe 54 Ксенон | |
| 8 | Cs 55 Цезий | Ba 56 Барий | La 57 Лантан | Hf 72 Гафний | Ta 73 Тантал | W 74 Вольфрам | Re 75 Рений | Os 76 Осмий | Ir 77 Иридий | Pt 78 Платина | |
| 9 | Au 79 Золото | Hg 80 Ртуть | Tl 81 Таллий | Pb 82 Свинец | Bi 83 Висмут | Po 84 Полоний | At 85 Астат | | | Rn 86 Радон | |
| 10 | Fr 87 Франций | Ra 88 Радий | Ac 89 Актиний | Rf 104 Резерфо.. | Db 105 Дубний | Sg 106 Сиборго.. | Bh 107 Борий | Hs 108 Хассий | Mt 109 Мейтнер.. | Uun 110 Ун-ун-ун.. | Uuu 111 Ун-ун-ун.. |

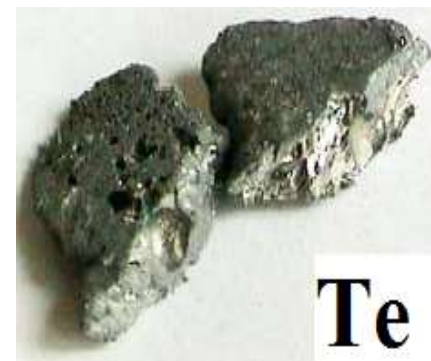
| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Ce 58 Церий | Pr 59 Празеод.. | Nd 60 Неодим | Pm 61 Прометий | Sm 62 Самарий | Eu 63 Европий | Gd 64 Гадолин.. | Tb 65 Тербий | Dy 66 Диспроз.. | Ho 67 Гольмий | Er 68 Эрбий | Tm 69 Тулий | Yb 70 Иттербий | Lu 71 Лютеций |
| Th 90 Торий | Pa 91 Протакт.. | U 92 Уран | Np 93 Нептуний | Pu 94 Плутоний | Am 95 Америций | Cm 96 Кюрий | Bk 97 Берклий | Cf 98 Калифор.. | Es 99 Энштейн.. | Fm 100 Фермий | Md 101 Менделе.. | No 102 Нобелий | Lr 103 Лоуренс.. |

Содержание халькогенов в земной коре

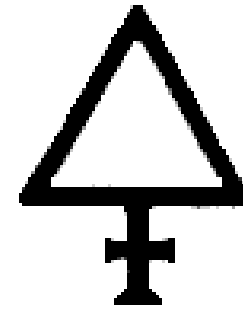
| | O | S | Se | Te |
|---------------------------|----------|----------|-------------------|-------------------|
| В земной коре, % по массе | 47,4 % | 0,026 | $5 \cdot 10^{-6}$ | $5 \cdot 10^{-7}$ |

Свойства простых веществ

| | O₂ | S | Se | Te |
|---------------------------|----------------------|----------|-----------|-----------|
| Температура плавления, °С | -219 | 113 | 221 | 450 |
| Температура кипения, °С | -183 | 444,6 | 688 | 1390 |
| Радиус атома, пм | 45 | 81 | 92 | 111 |



Сера как жидкая среда и горючее :-P



SO₂



Вулкан Анек в Индонезии

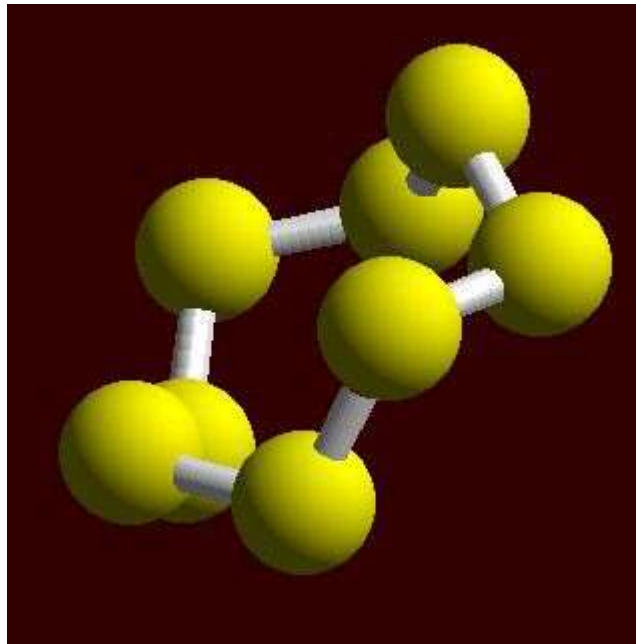
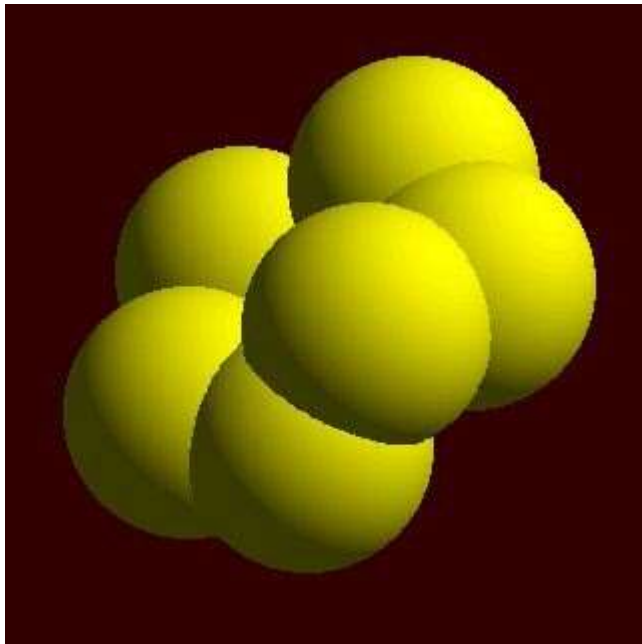
(«Индонезия: сады дьявола» из Одиссеи Жака Кусто) vulk-iz-Kust-V1s 1:24



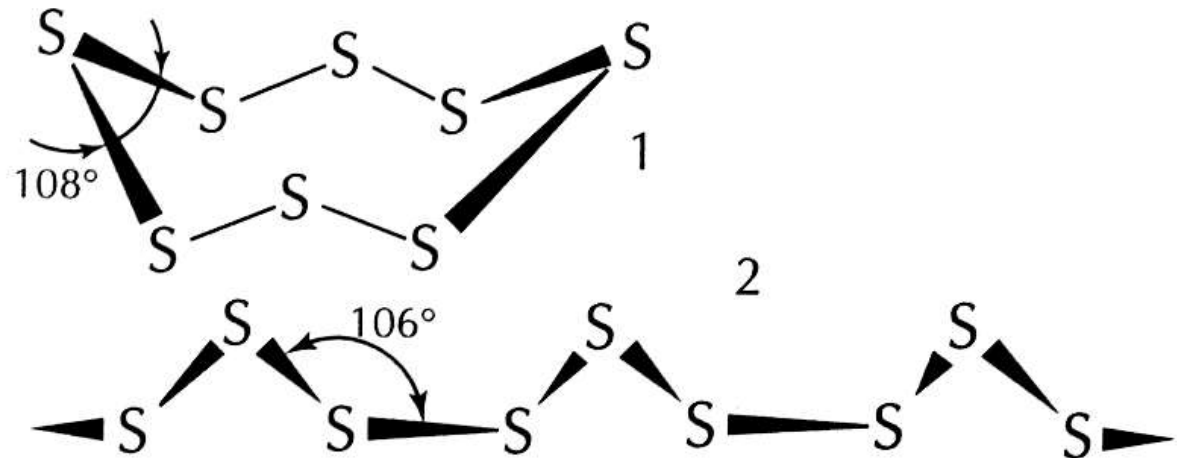


Пластическая сера
Лекция 1 курс ФББ, 01.11.14

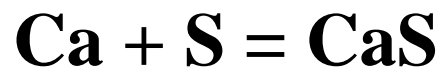
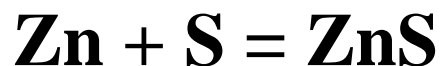
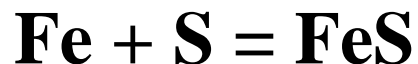
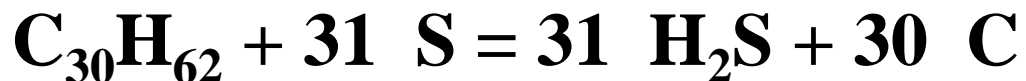
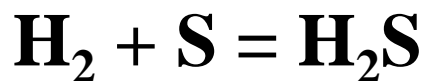
Кристаллическая и пластическая сера



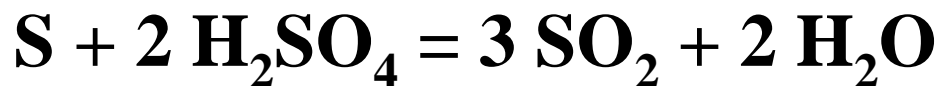
<http://www.webelements.com>



Реакции элементарной серы



Реакции элементарной серы



Диспропорционирование серы в щелочи:



Выделены персульфиды водорода (сульфаны) до $\mathbf{H_2S_{23}}$



Кислородные кислоты серы

| | | | | |
|-------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Кислота | Тиосерная | Тритионовая | Сернистая | Серная |
| Соль | Тиосульфаты | Тритионаты | Сульфиты | Сульфаты |
| Формула | $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$ | $\text{H}_2\text{S}_3\text{O}_6$ | H_2SO_3 | H_2SO_4 |
| Степ. окисл. серы | +6, -2 | +6, -2 | +4 | +6 |

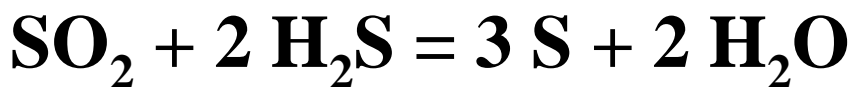
Сульфат Na_2SO_4

Сульфит Na_2SO_3

Сульфид Na_2S

Соединения серы IV

Сернистый газ SO_2 и сульфиты:



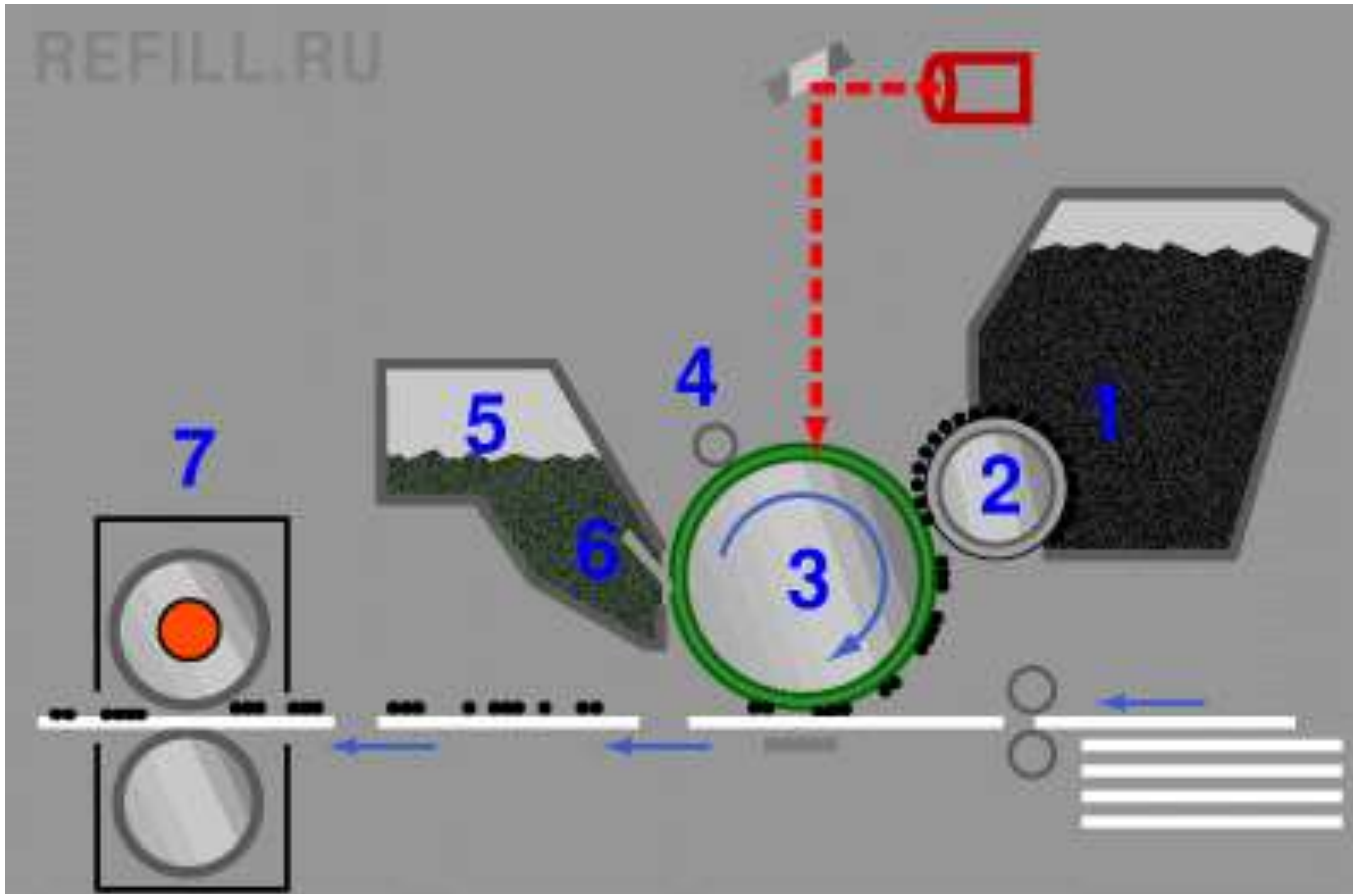
Диспропорционирование серы:



Диспропорционирование сульфита:

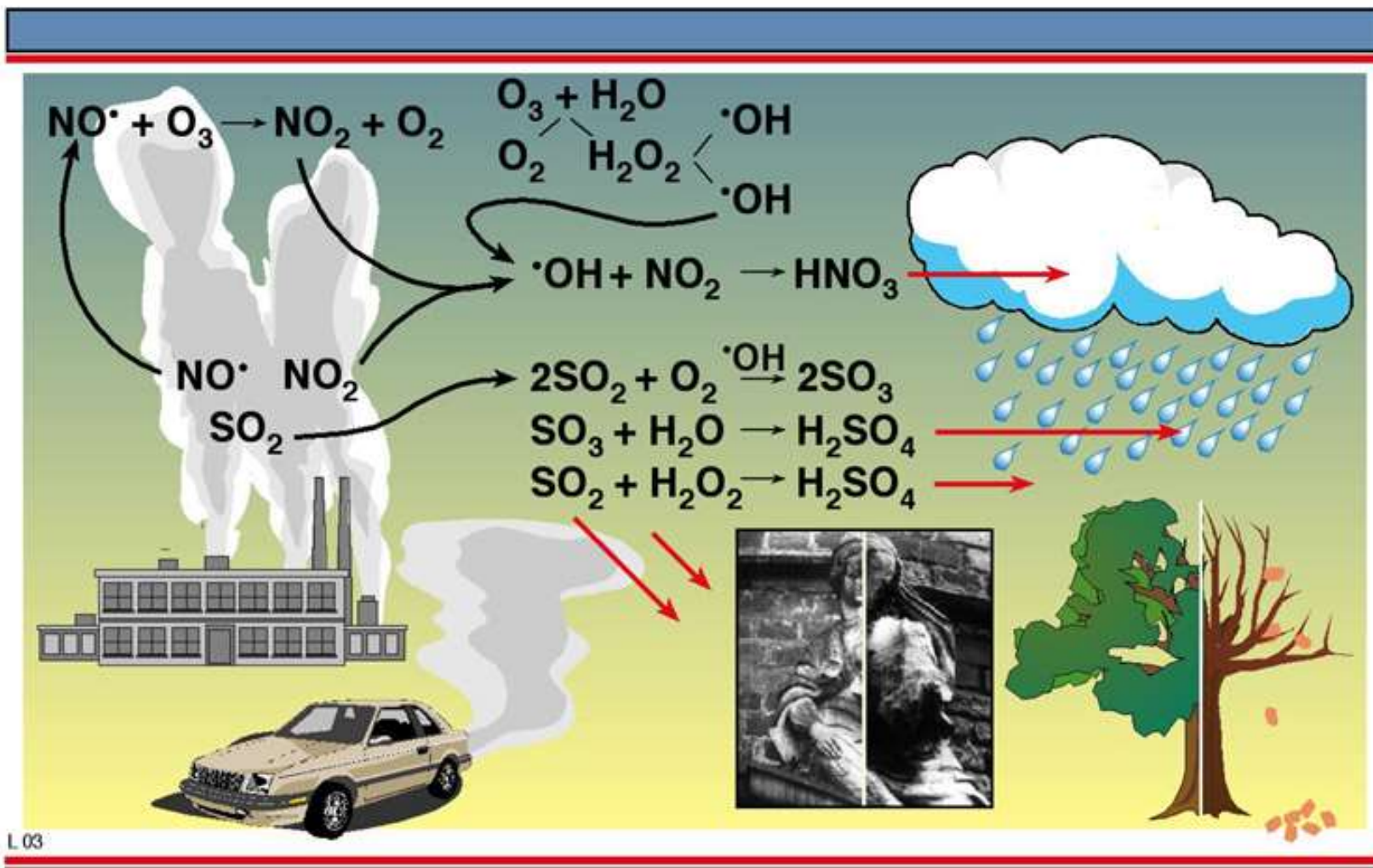


Селен. Принцип работы лазерного принтера



1. Тонер
2. Магнитный барабан
3. Фоторецептор
5. «Отработка»
6. Ракель (нож, лезвие)
7. Фьюзер, "печка"

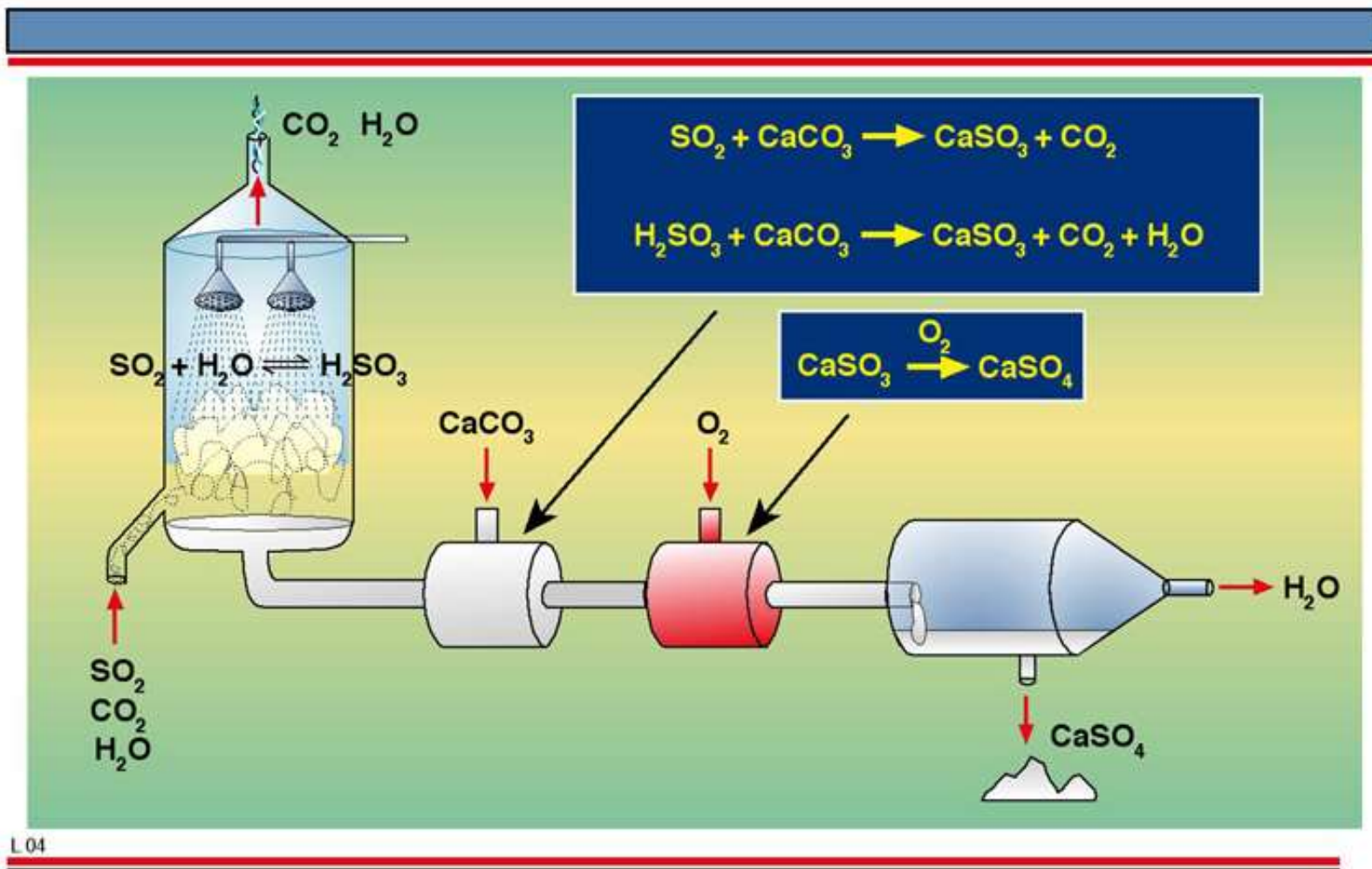
Источники кислотных дождей



L 03



Очистка продуктов горения от соединений серы

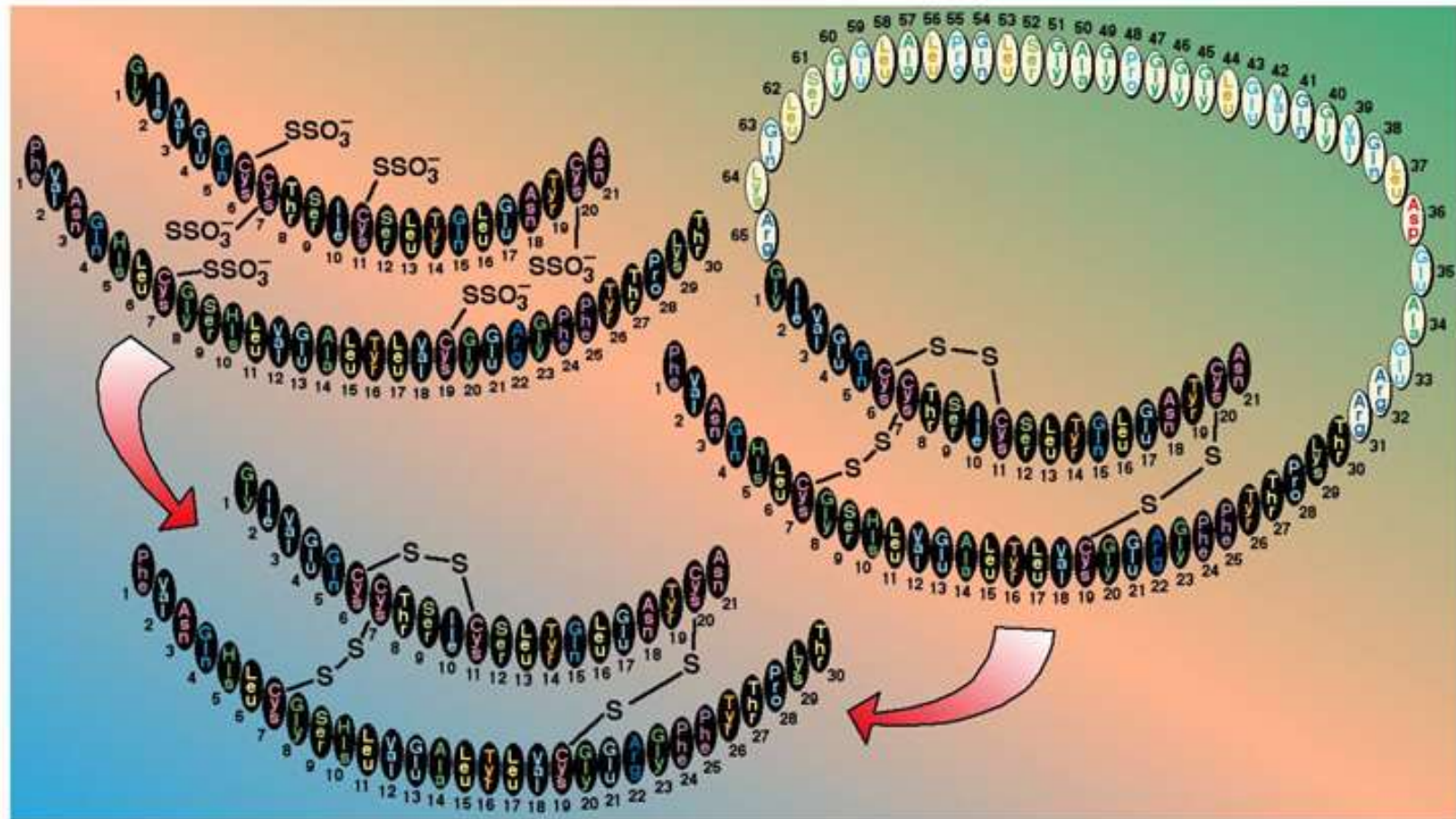


L 04

AGFA 

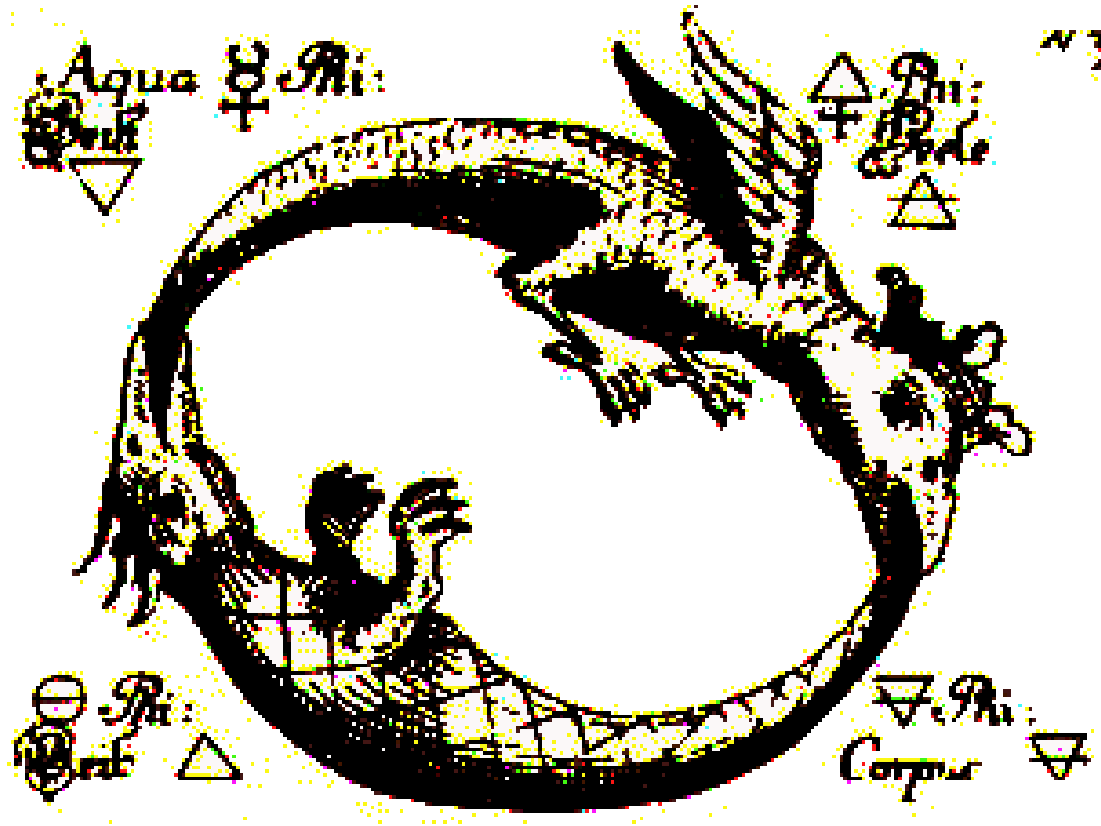
Сера в организме. Инсулин –

две полипептидных цепи, связанных дисульфидными мостиками (цистеин).
Химический синтез и биосинтез (из проинсулина)



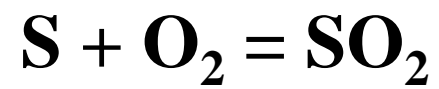
CG 12

AGFA

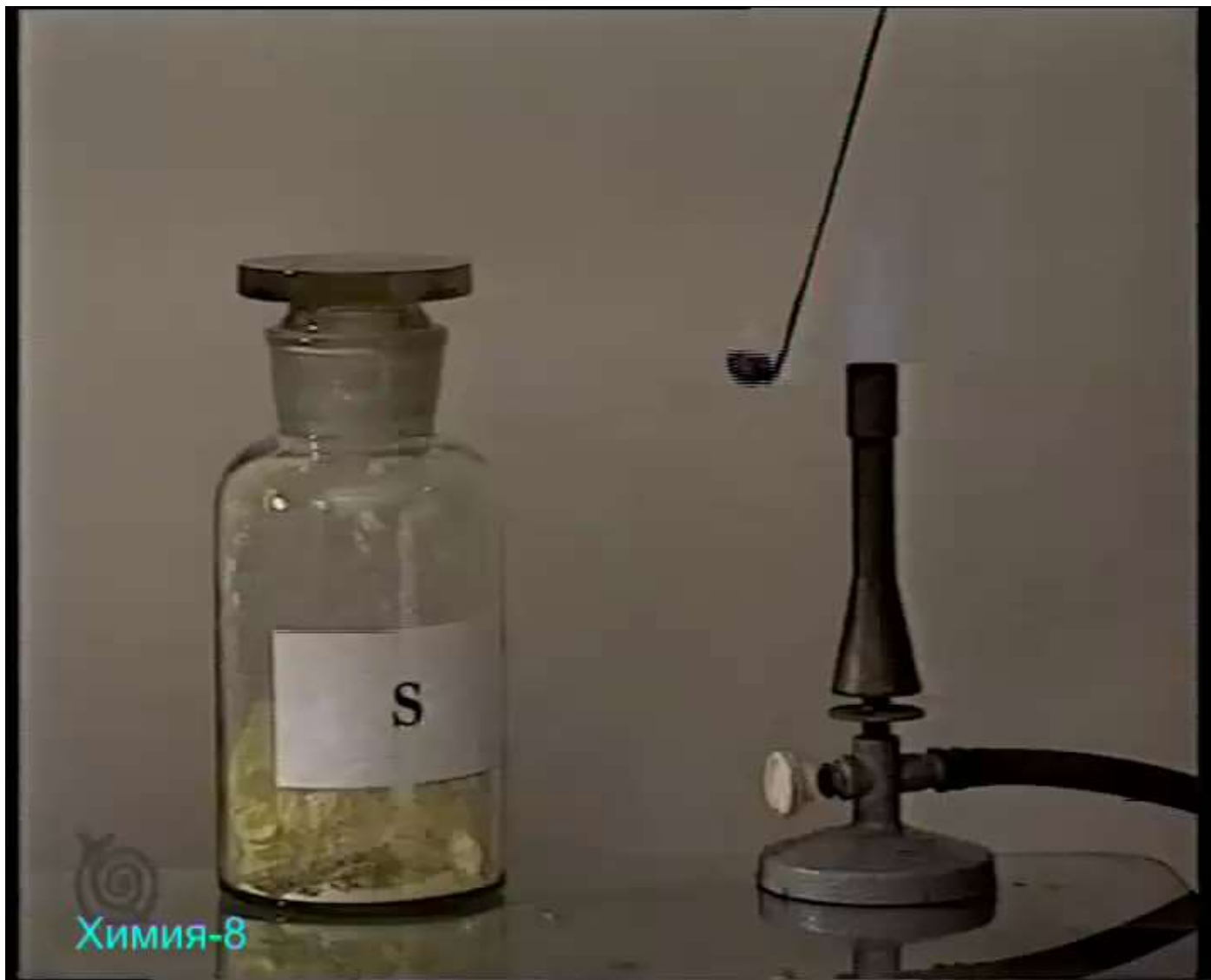
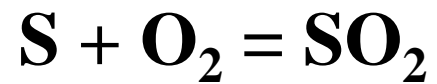


Сера и ртуть рассматриваются как отец и мать металлов. При их соединении образуются различные металлы. Сера обуславливает изменчивость и горючесть металлов, а ртуть твердость, пластичность и блеск. Сера - бескрылый змей, ртуть - крылатый. Если алхимику удавалось соединить оба принципа, то он получал первоматерию.

Горение серы на воздухе SO2-t2K1b 0:32



Горение серы в кислороде S-v-O2-tVP70 0:29

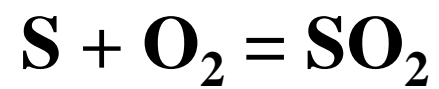


Реакция сернистого газа с водой

H2SO3-тв 0:17

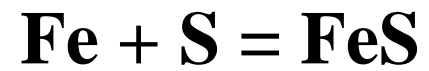


Горение серы на воздухе SO2-t2K1b 0:32

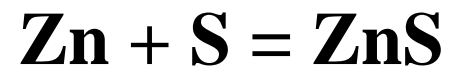


Реакция серы с железом

h-SFe-t 1:20



Реакция серы с цинком h-SZn-t 0:16



Реакция натрия с серой Na₂S-t-prVP70 0:42



Реакция натрия с твердой серой

Na2Stv-tV1 0:48



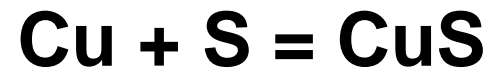
Реакция кальция с серой

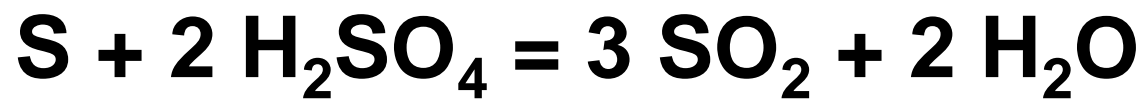
CaS08-ttsV1 01:39



Реакция меди с парами серы

CuS-a-t 1 : 36

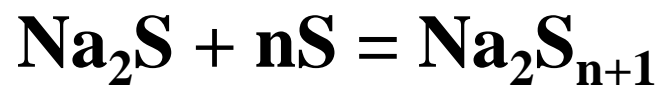




Диспропорционирование серы в щелочи SOHH-ttV1 1:36

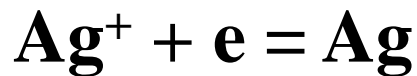
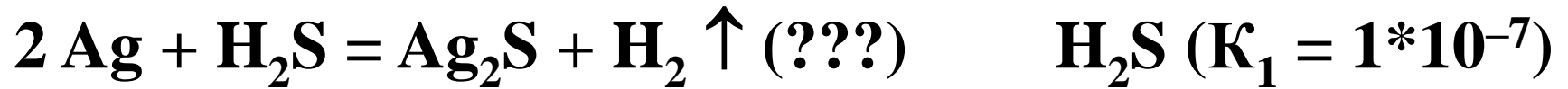


Растворение серы в сульфиде (полисульфид) Na₂S5-ttV1 2:29



Снова уравнение Нернста

Вспоминаем термодинамику



$$E^0 = + 0,80 \text{ В}$$

$$E = E^0 + 0,058 \lg [\text{Ag}^+]$$

$$\text{ПР}_{\text{Ag}_2\text{S}} = 2 \cdot 10^{-50} \rightarrow [\text{Ag}^+] = 1,7 \cdot 10^{-17} \approx 10^{-17}$$

$$E = 0,8 - 0,058 \cdot 17 = 0,8 - 0,986 = -0,186 \text{ В}$$

А если заменить серу как жидкую среду...



Лавовая река

