

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

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

# Нахождение серы в природе



**Самородная сера**



**Сульфидная руда  $\text{CuFeS}_2$   
Халькопирит (медный колчедан)**

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



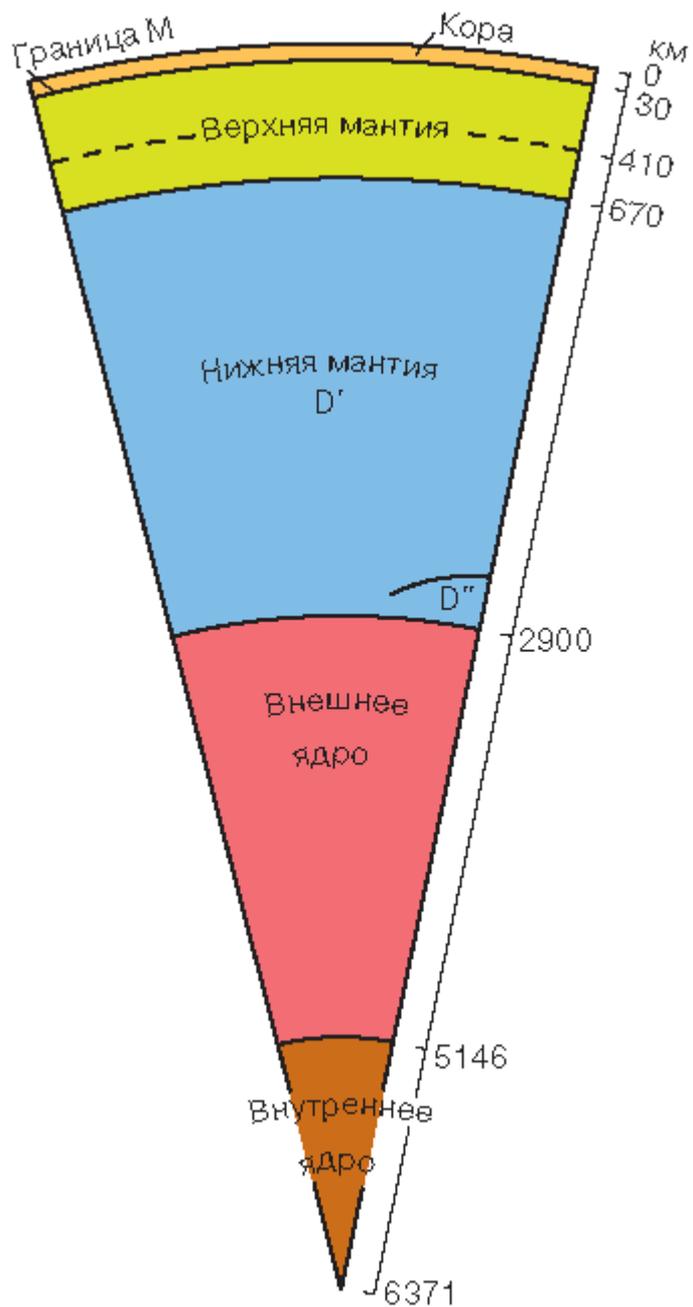


**Крупный кристалл халькопирита ( $\text{CuFeS}_2$ )**



**Сульфидная руда  $\text{CuFeS}_2$**

**Халькопирит (медный колчедан)**



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

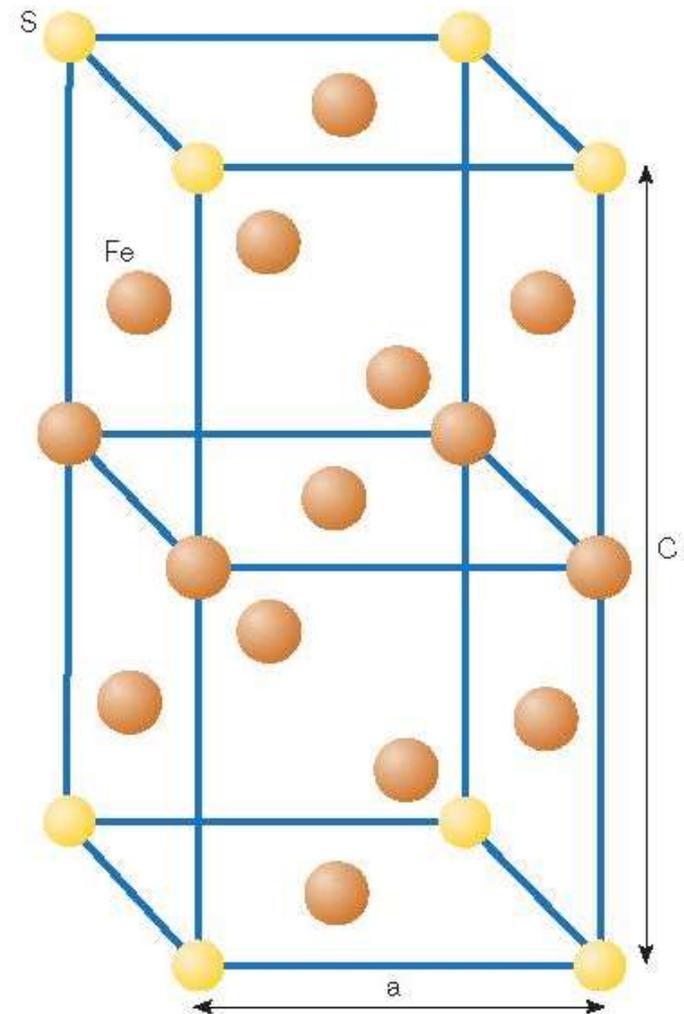


Рис. 3. Тетрагональная структура  $\text{Fe}_7\text{S}$ -возможного компонента внутреннего (твёрдого) ядра, по Д.М. Шерману (1997)

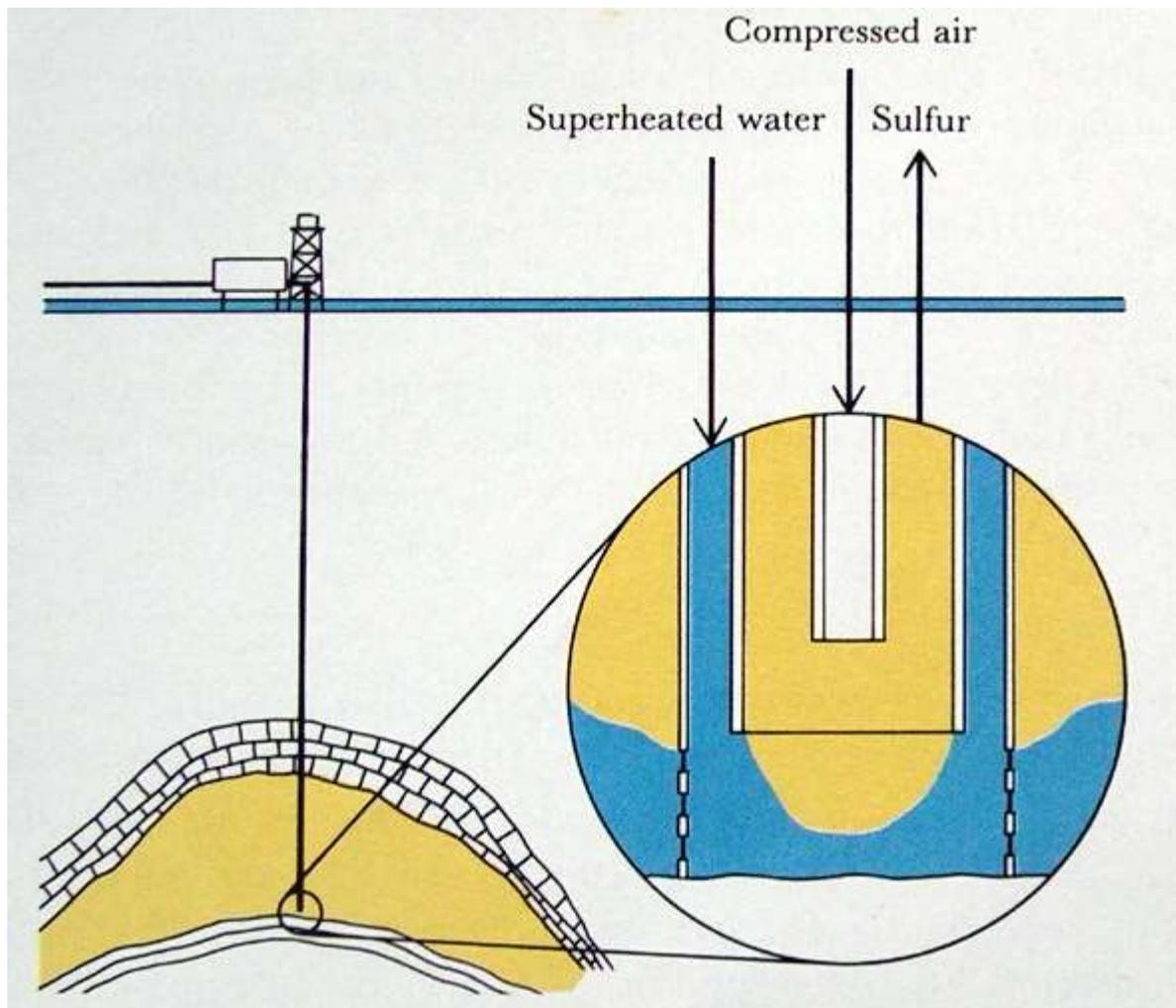
Состав и строение мантии Земли  
Пушаровский Д.Ю., Пушаровский Ю.М.  
// СОЖ 1998, №11, с. 111-119.

# 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..	Uun110 Ун-ун-ну..	Uuu111 Ун-ун-ун..

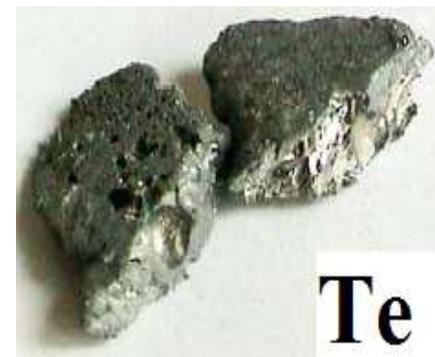
Ce 58 Церий	Pr 59 Празеод..	Nd 60 Неодим	Pm 61 Прометий	Sm 62 Самарий	Eu 63 Европий	Gd 64 Гадолин..	Tb 65 Тербий	Dy 66 Диспроз..	Ho 67 Гольмий	Er 68 Эрбий	Tm 69 Тулий	Yb 70 Иттербий	Lu 71 Лютеций
Th 90 Торий	Pa 91 Протакт..	U 92 Уран	Np 93 Нептуний	Pu 94 Плутоний	Am 95 Америций	Cm 96 Кюрий	Bk 97 Берклий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

## Содержание халькогенов в земной коре

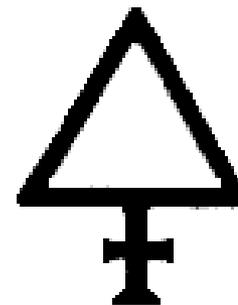
	<b>O</b>	<b>S</b>	<b>Se</b>	<b>Te</b>
В земной коре, % по массе	47,4 %	0,026	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-7}$

## Свойства простых веществ

	<b>O<sub>2</sub></b>	<b>S</b>	<b>Se</b>	<b>Te</b>
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



SO<sub>2</sub>



# Вулкан Анек в Индонезии

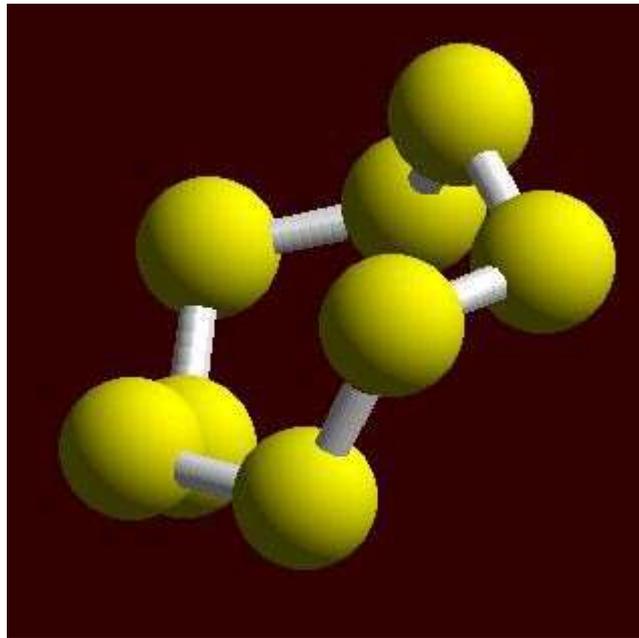
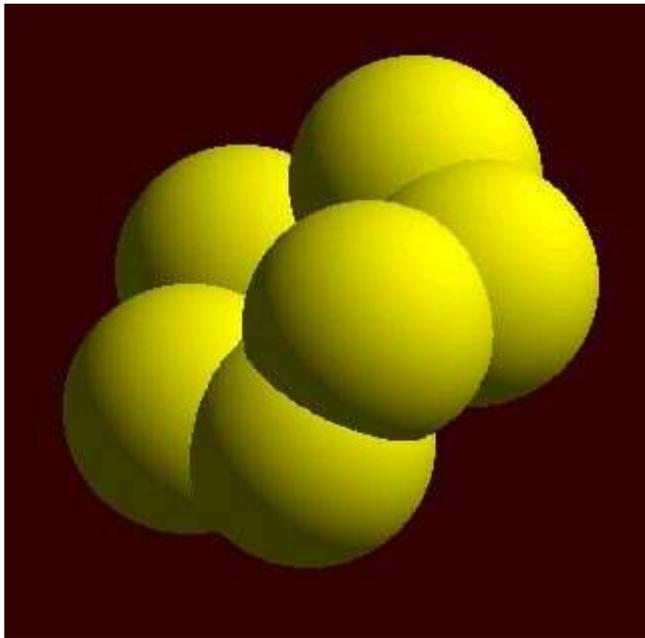
(«Индонезия: сады дьявола» из Одиссеи Жака Кусто) vulk-iz-Kust-V1s 1:24



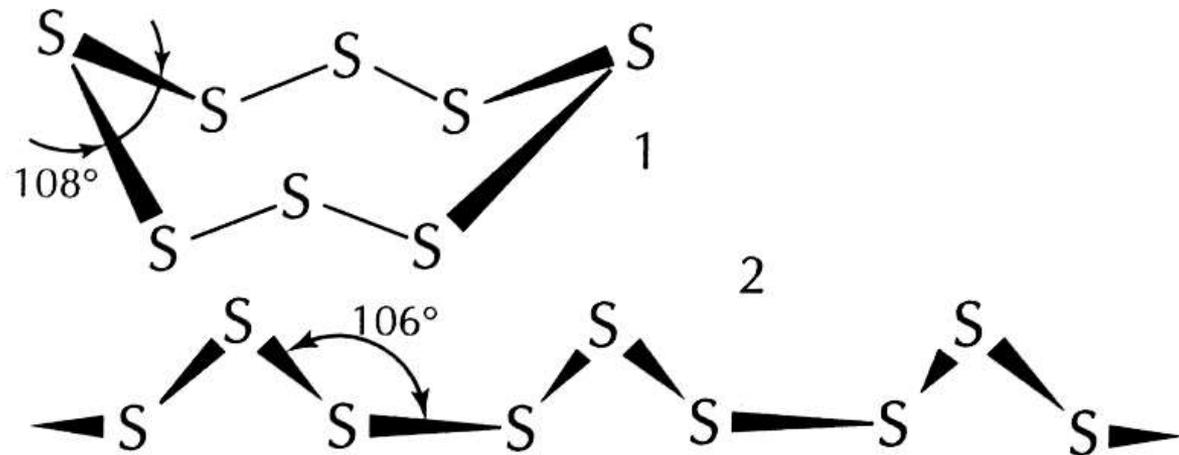
A person wearing a white lab coat and a watch is performing a laboratory experiment. They are holding a test tube with a blue ring, which is being heated by a Bunsen burner. The burner is placed on a wooden laboratory bench. In the foreground, there is a glass dish containing a light blue liquid. The background shows a wooden cabinet and a chalkboard.

**Пластическая сера**  
Лекция 1 курс ФББ, 01.11.14

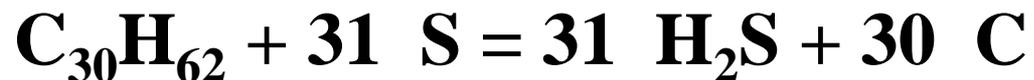
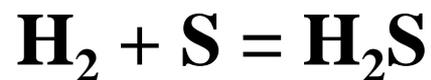
# Кристаллическая и пластическая сера



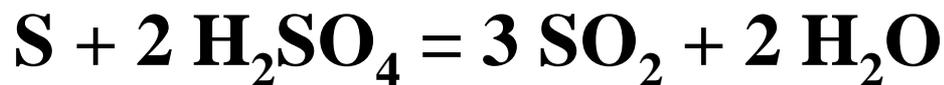
<http://www.webelements.com>



# 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	$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$	$\text{H}_2\text{S}_3\text{O}_6$	$\text{H}_2\text{SO}_3$	$\text{H}_2\text{SO}_4$
Степ. окисл. серы	+6, -2	+6, -2	+4	+6

Сульфат  $\text{Na}_2\text{SO}_4$

Сульфит  $\text{Na}_2\text{SO}_3$

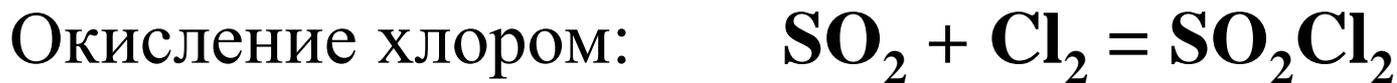
Сульфид  $\text{Na}_2\text{S}$

## Соединения серы IV

Сернистый газ  $\text{SO}_2$  и сульфиты:



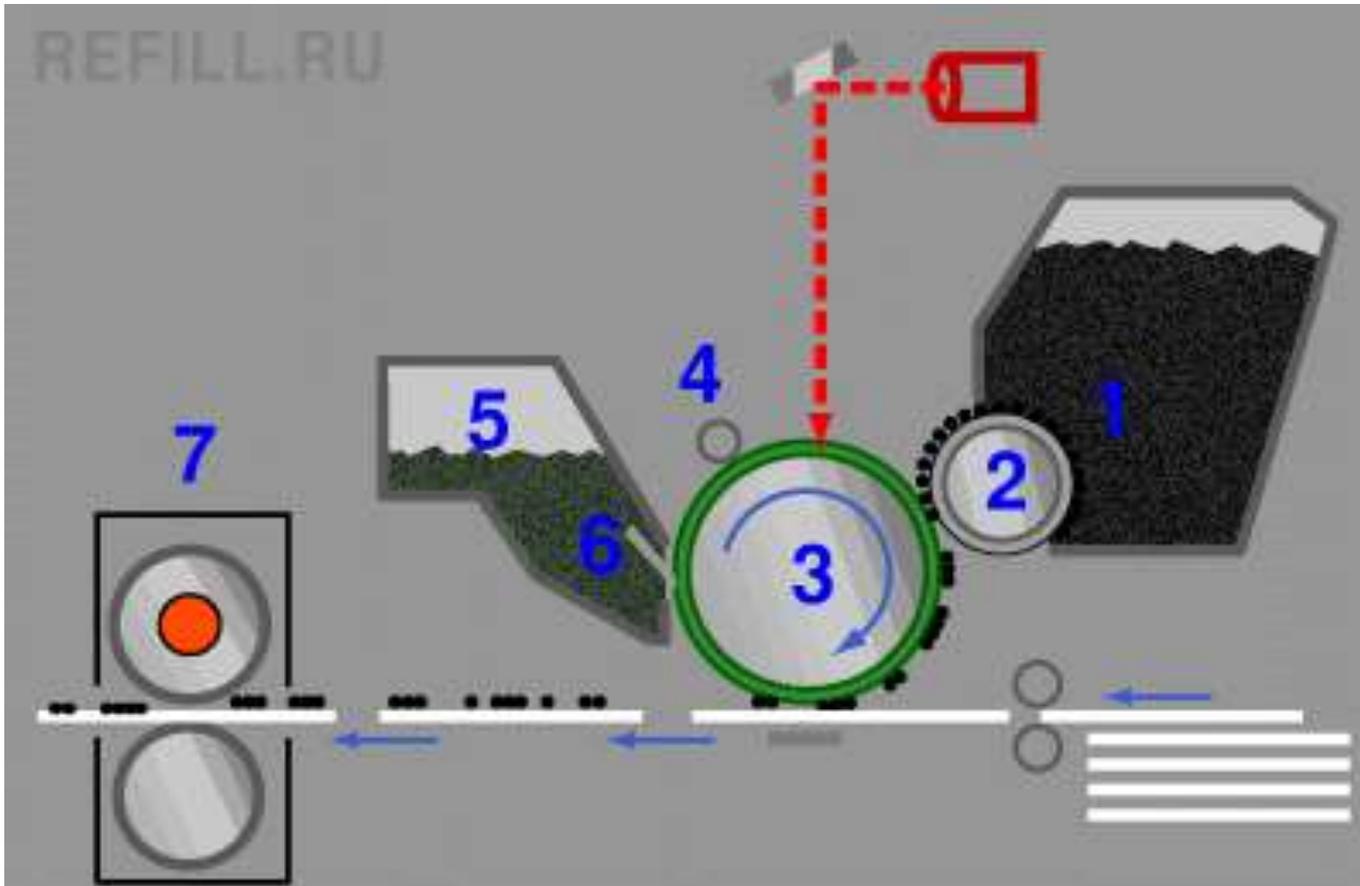
Диспропорционирование серы:



Диспропорционирование сульфита:

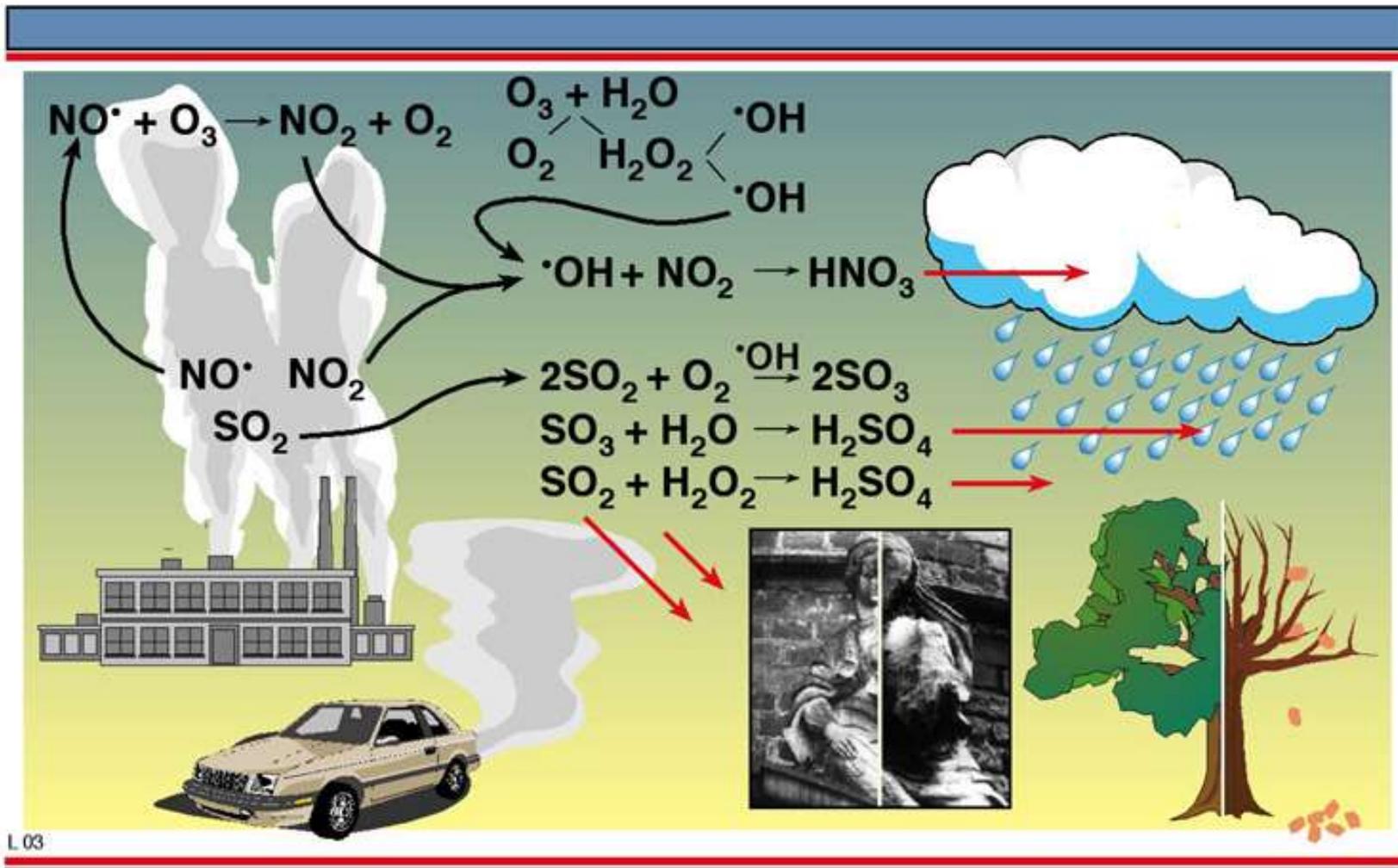


# Селен. Принцип работы лазерного принтера



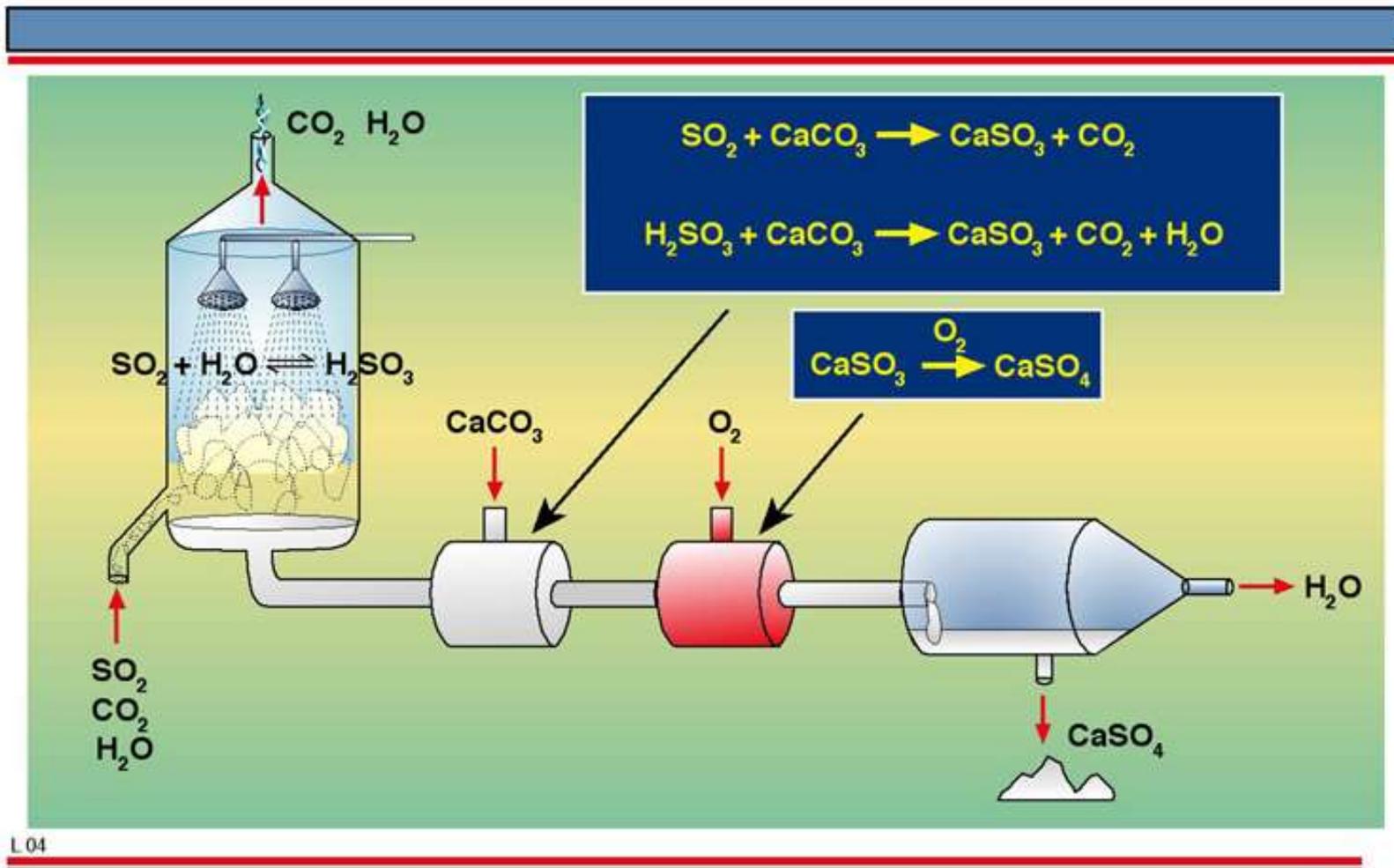
1. Тонер
2. Магнитный барабан
3. Фоторецептор
5. «Отработка»
6. Ракель (нож, лезвие)
7. Фьюзер, "печка"

# Источники кислотных дождей



L 03

# Очистка продуктов горения от соединений серы

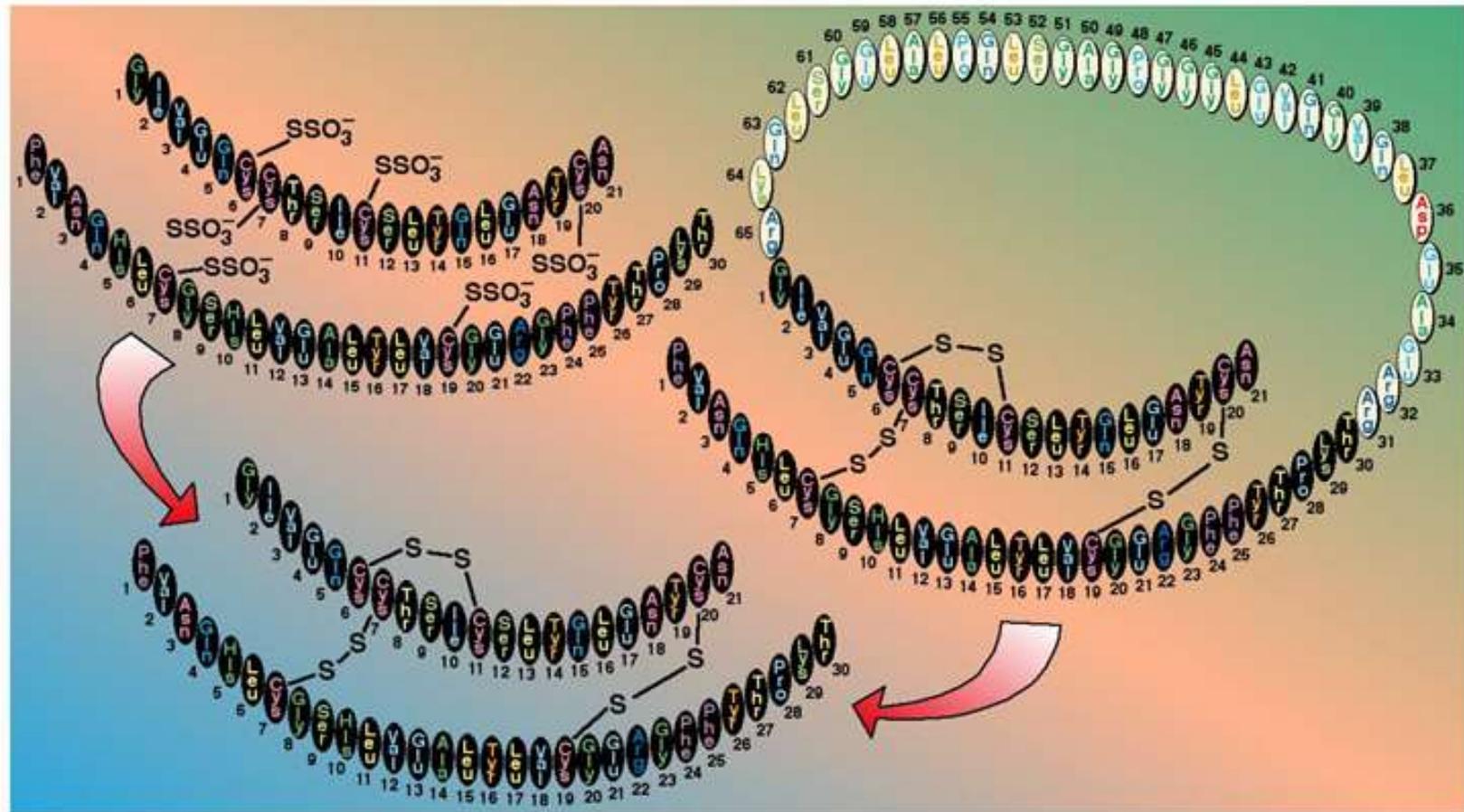


L 04

AGFA 

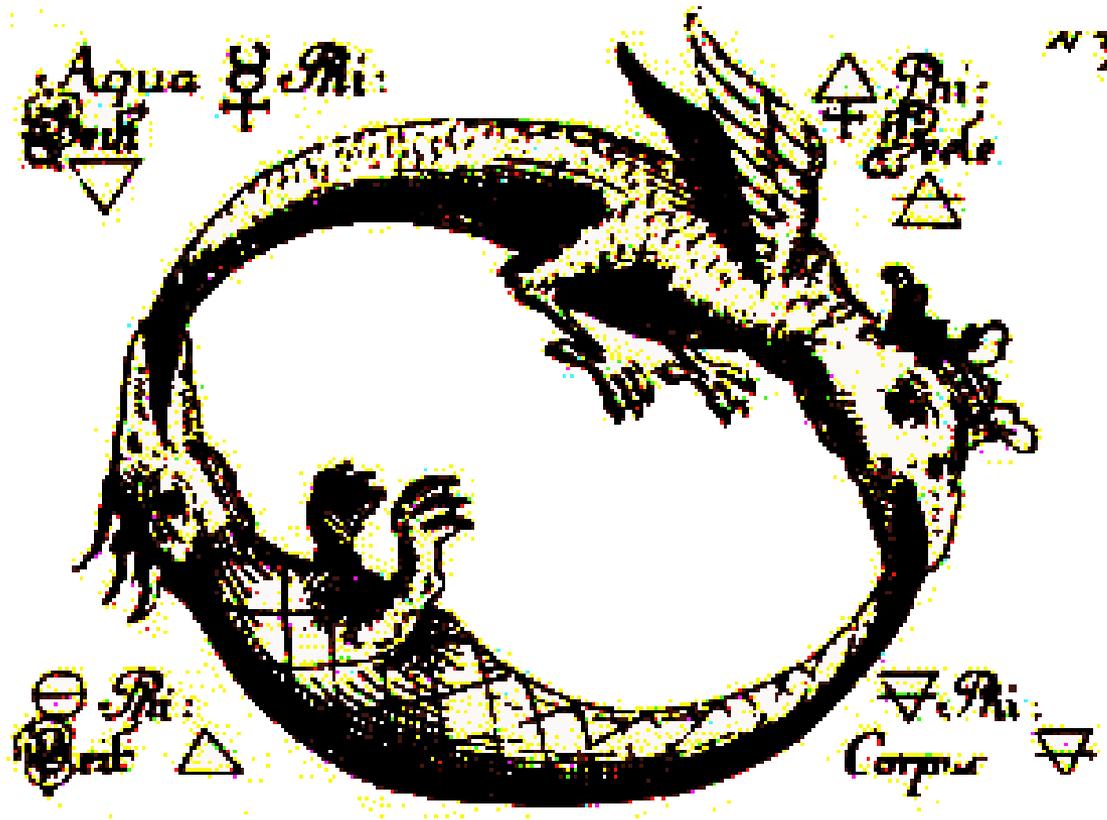
# Сера в организме. Инсулин –

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



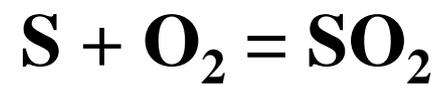
CG 12

AGFA 

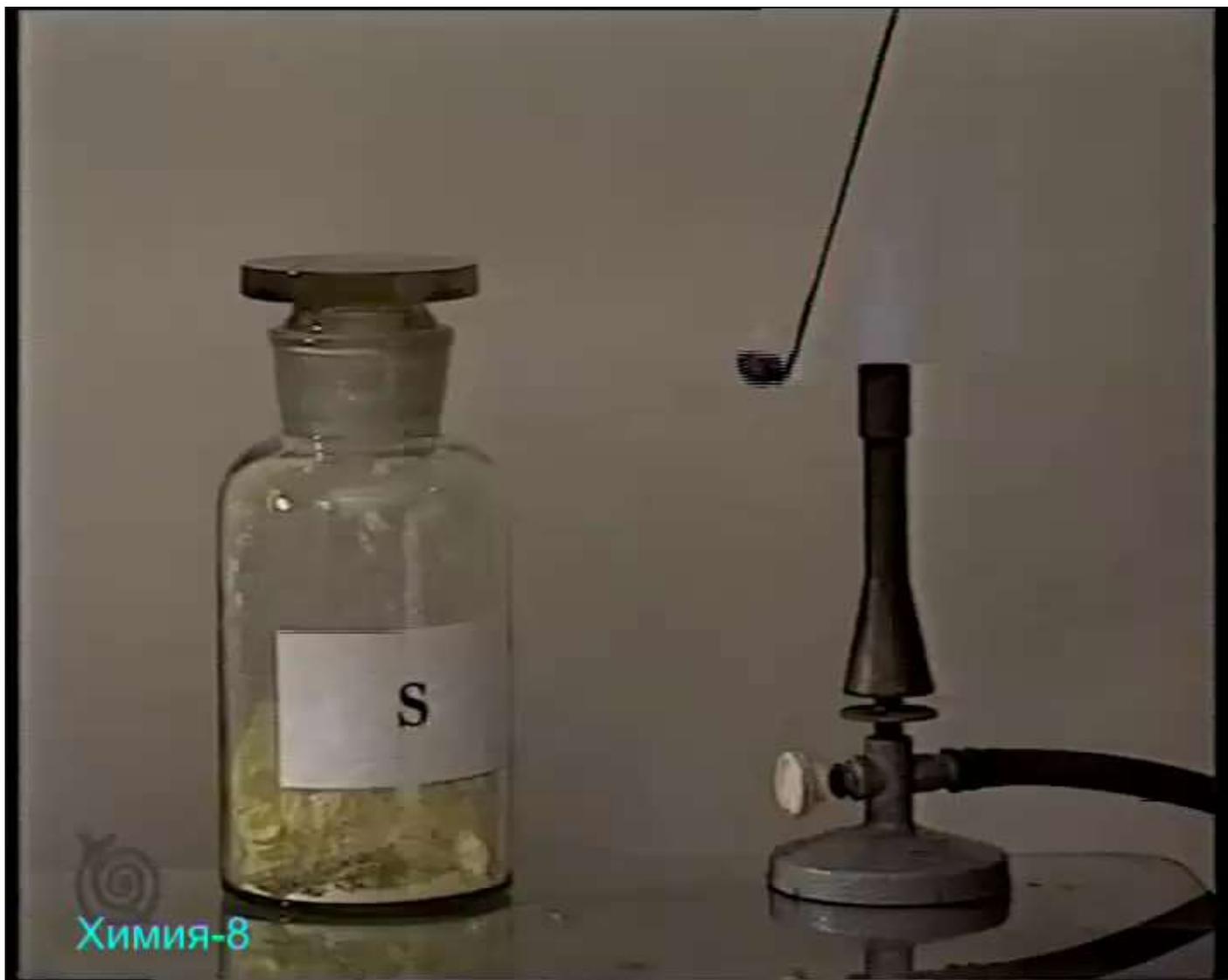
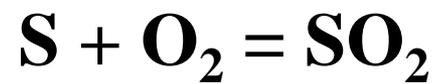


Сера и ртуть рассматриваются как отец и мать металлов. При их соединении образуются различные металлы. Сера обуславливает изменчивость и горючесть металлов, а ртуть твердость, пластичность и блеск. Сера - бескрылый змей, ртуть - крылатый. Если алхимику удавалось соединить оба принципа, то он получал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

Горение серы на воздухе SO2-t2K1b 0:32

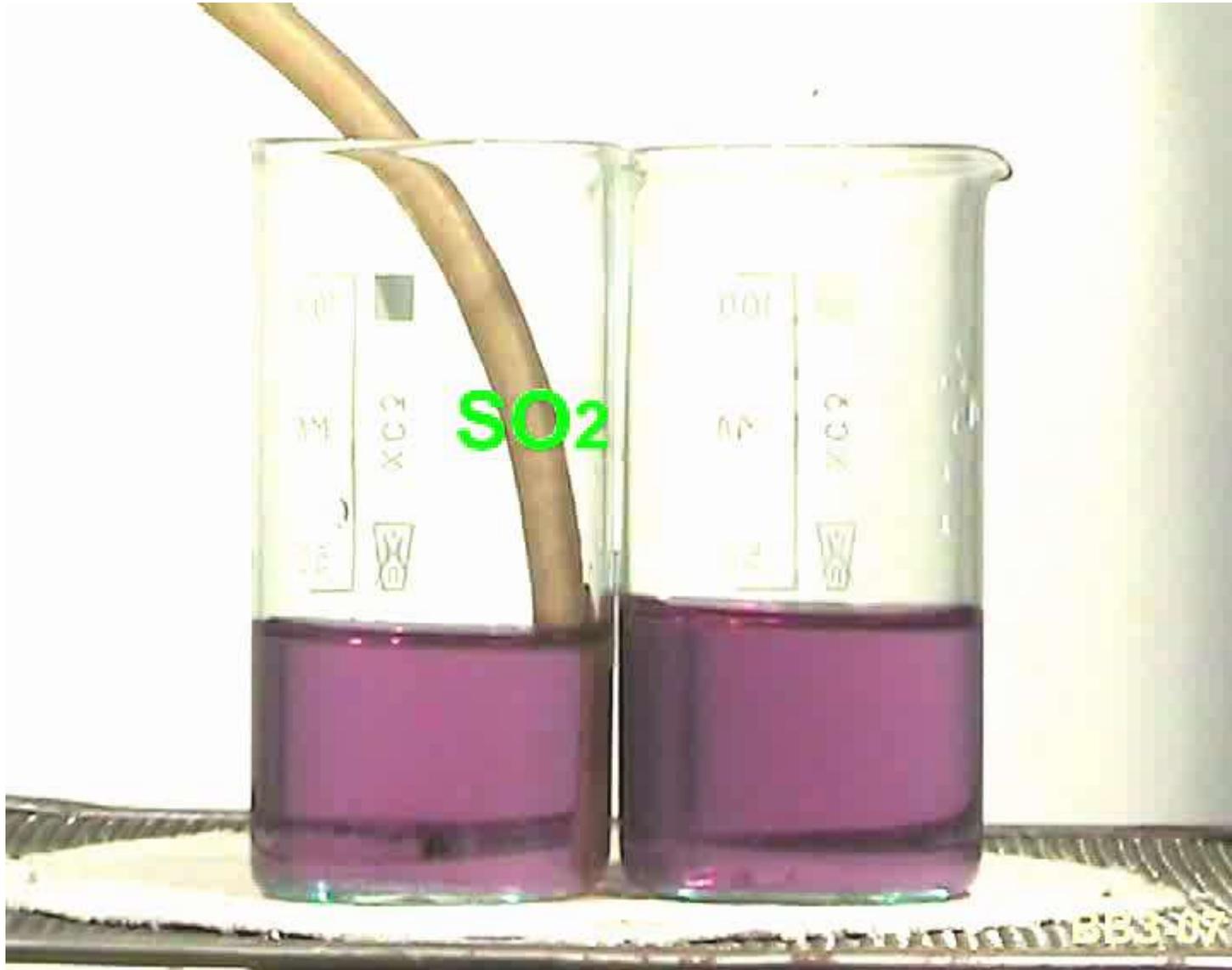


Горение серы в кислороде S-v-O2-tVP70 0:29

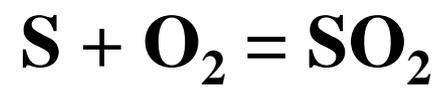


Реакция сернистого газа с водой

H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>-tb 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 Na<sub>2</sub>S-t-prVP70 0:42



# Реакция натрия с твердой серой

Na2Stv-tV1 0:48



Реакция кальция с серой

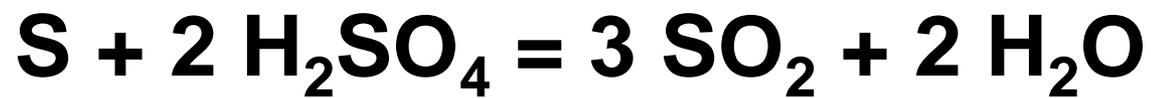
CaS08-ttsV1 01:39



# Реакция меди с парами серы

CuS-a-t 1 : 36

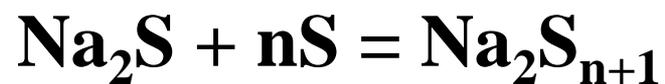




Диспропорционирование серы в щелочи SOHH-ttV1 1:36

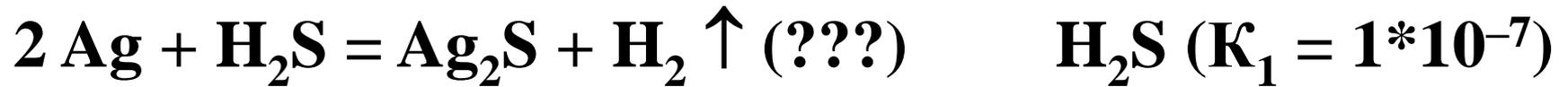


# Растворение серы в сульфиде (полисульфид) Na<sub>2</sub>S5-ttV1 2:29



# 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

