

Сера, селен, теллур элементы VIA подгруппы

(халькогены – «рождающие руды»)

Лекция №9 курса

«Общая и неорганическая химия»

для биоинженеров и биофизиков

Свойства простых веществ

	O_2	S	Se	Te
Температура плавления, $^{\circ}C$	-219	113	221	450
Температура кипения, $^{\circ}C$	-183	444,6	688	1390
Радиус атома, пм	45	81	92	111



Нахождение серы в природе



Самородная сера

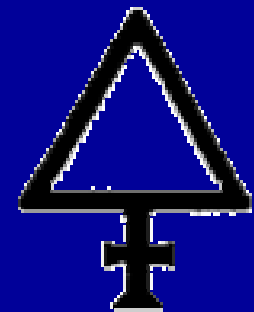


**Сульфидная руда CuFeS_2
Халькопирит (медный колчедан)**

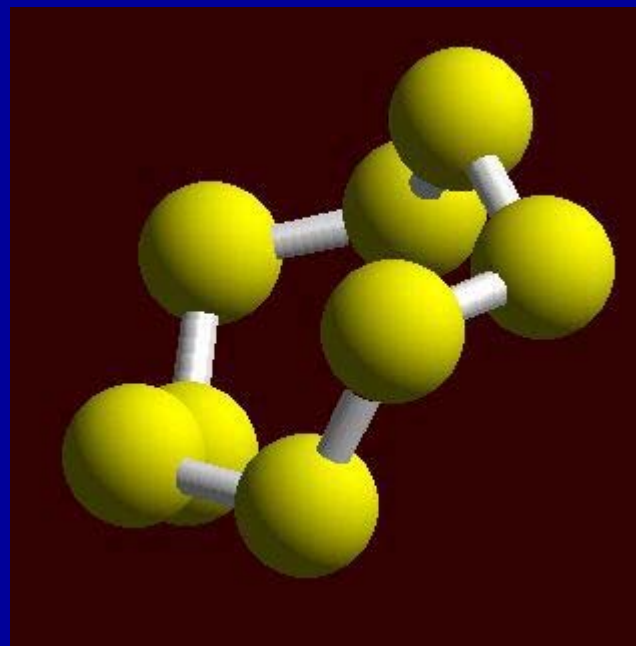
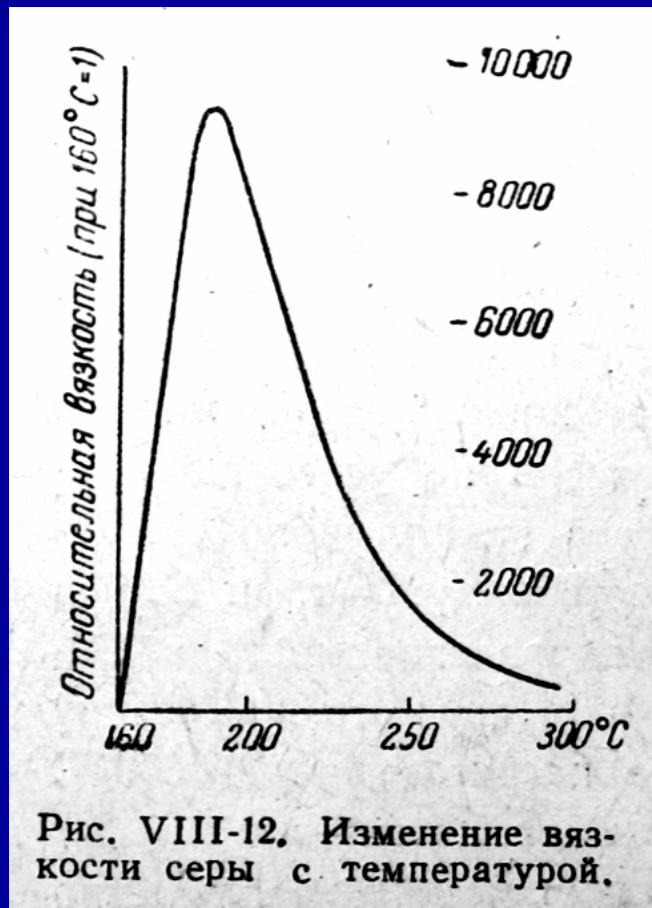
**Сульфатная руда
Гипс (селенит) $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$**



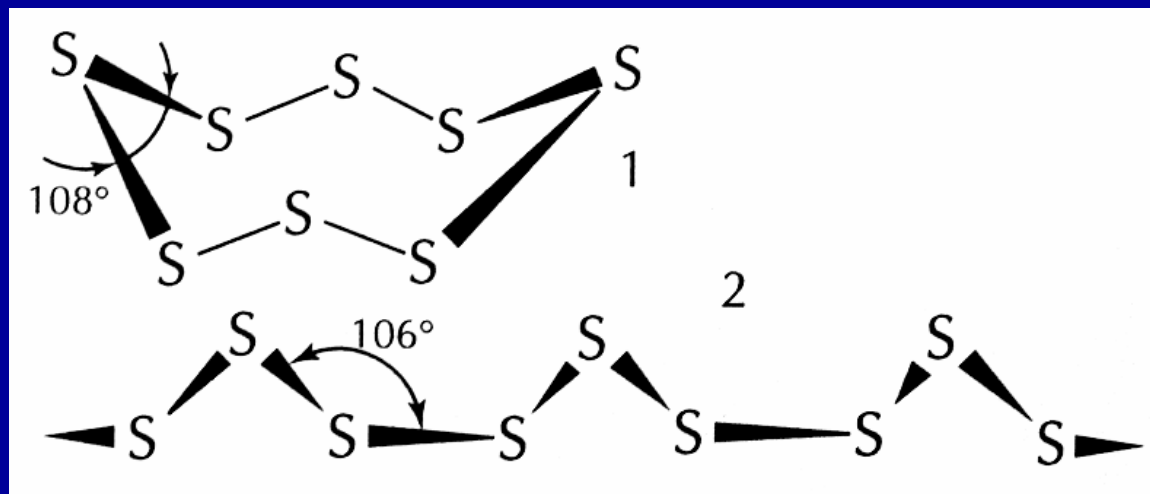
Сера как жидкая среда и горючее :-Р



Кристаллическая и пластическая сера



<http://www.webelements.com>



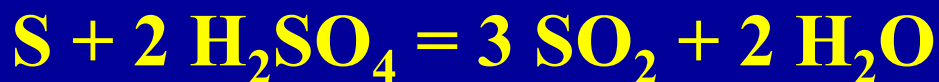
Реакции элементарной серы



1С Химия для всех – XXI
D:\DATA\VIDEO\080154.mpg



1С: Репетитор.Химия
VID\s09_3vo3



1С: Репетитор.Химия
VID\s09_3vo4



Диспропорционирование серы в щелочи:

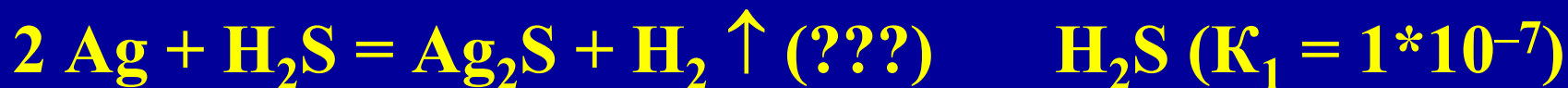


Выделены персульфиды водорода (сульфаны) до H_2S_{23} :



Снова уравнение Нернста

Вспоминаем термодинамику



$$E_0 = + 0,80 \text{ В}$$

$$E = E_0 + 0,058 \lg [\text{Ag}^+]$$

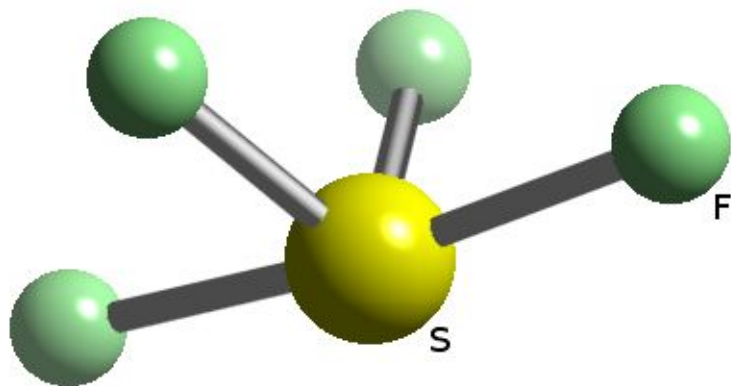


$$P_{\text{Ag}_2\text{S}} = 2 \cdot 10^{-50} \quad \rightarrow \quad [\text{Ag}^+] = 1,7 \cdot 10^{-17} \approx 10^{-17}$$

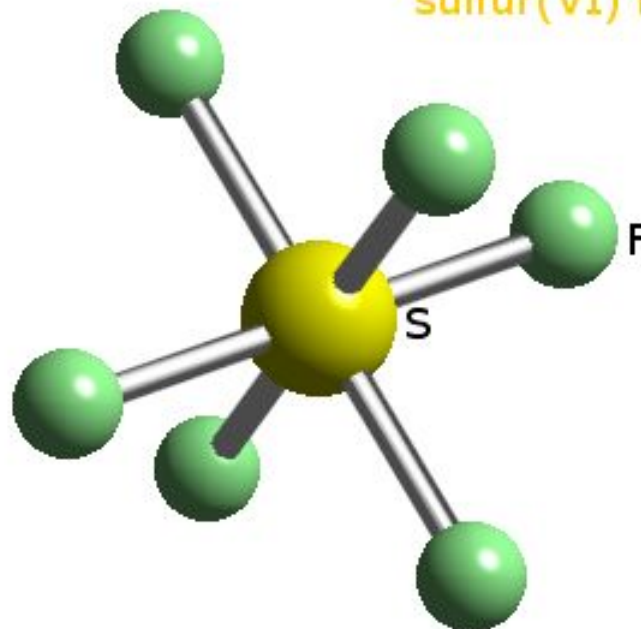
$$E = 0,8 - 0,058 \cdot 17 = 0,8 - 0,986 = -0,186 \text{ В}$$

Строение SF_4 ($6+4=10e$, 5 e-пар) и SF_6 ($6+6=12e$, 6 e-пар)

sulfur(IV) fluoride



sulfur(VI) fluoride



Круговорот серы в природе



Рис. 1. Круговорот серы в природе

Прокариоты с серным жизненным циклом

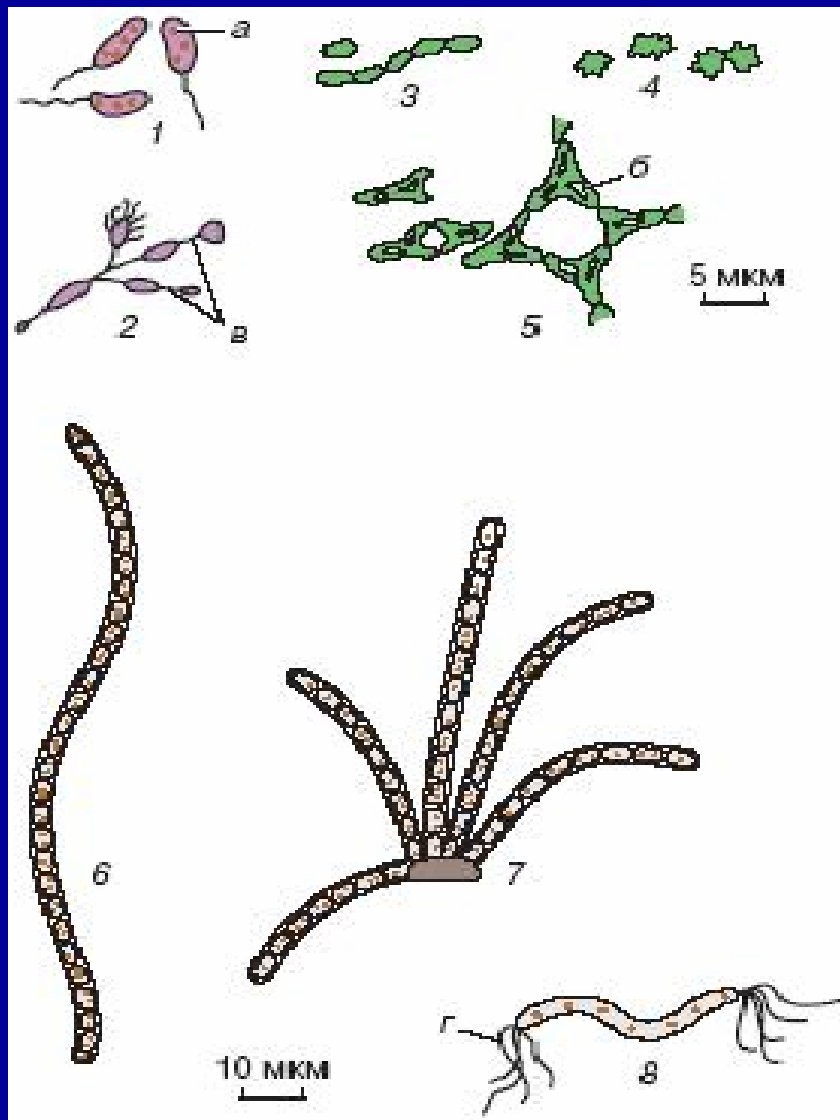


Рис. 2. Некоторые морфологические формы прокариот, участвующих в превращении соединений серы.

Фототрофные бактерии: пурпурные серные – *Chromatium* (1), пурпурные несерные – *Rhodomicrobium* (2), зеленые серные – *Chlorobium* (3), *Prostecochloris* (4), *Pelodicticon* (5)

Бесцветные серобактерии: *Beggiatoa* (6); *Thiothrix* (7); *Thiospira* (8)

а – включения серы, б – газовые вакуоли, в – гифы, г – жгутики

Кислотность и температура среды развития некоторых прокариот

Название	pH роста (мин-оптим-макс)	Оптимальная темпер., °C	Вид метаболизма
<i>Picrophilus oshimae</i>	0,6 - 0,7 - ?	85	Анаэробное дыхание
<i>Sulfurisphaera ohwakuensis</i>	1,0 - 2,0 - 5,0	84	Аэробное окисление соединений серы
<i>Acidianus infernus</i>	1,0 - 2,0 - 5,5	90	Аэробное окисление серы, восстановление серы водородом
<i>Stigiolobus azoricus</i>	1,0 - 2,3 - 5,5	80	Восстановление серы водородом

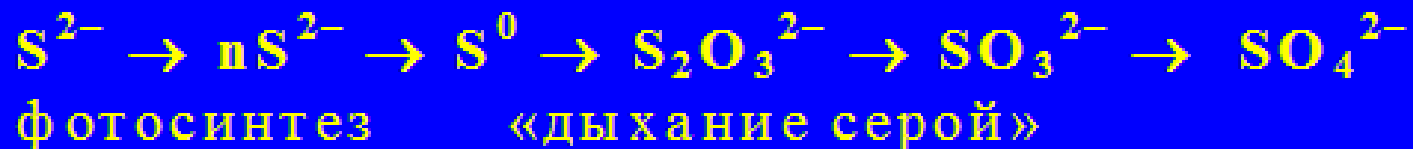
Бонч-Осмоловская Е.А. и др. Биоразнообразие анаэробных литотрофных прокариот в наземных гидротермах Камчатки. //Микробиология, 1999, Т. 68, с. 398-406

Метаболизм на основе соединений серы

Полная цепочка восстановления сульфатов
анаэробными бактериями :



Полная окислительная цепочка (*фототрофные* бактерии) :



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



СульфИТ



СульфИД



Тиосерные кислоты

Формальные структуры:

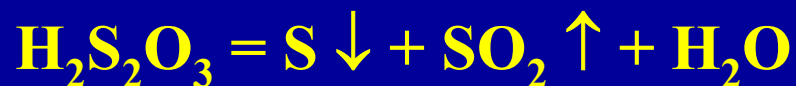


тиосульфат

тритионат

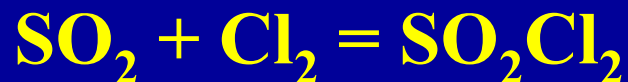


“Антихлор”:

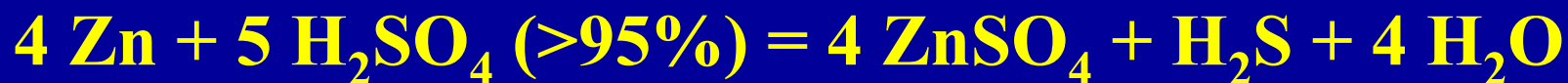
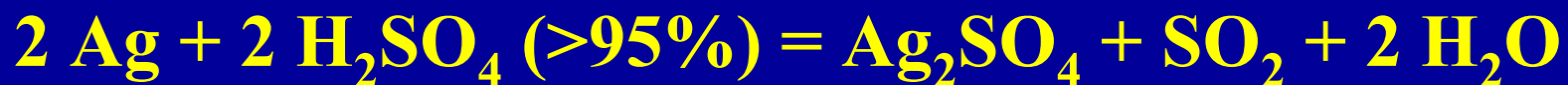


Соединения серы IV

Сернистый газ SO_2 и сульфиты:



Серная кислота. Сера - окислитель



1С: Репетитор.Химия
VID\s09_5vo1

Пиросерные кислоты $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ и $\text{H}_2\text{S}_4\text{O}_{13}$

Пероксосерная кислота $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$ (соли – персульфаты)

Токсические свойства элементов VIA группы и их соединений

	S	Se	Te
ПДК (пыль 8 час. в сутки), мг/м ³	2,0	2,0	0,01
Соединения			
	H₂S	H₂Se	H₂Te
ПДК (8 часов в сутки), мг/м ³	10	0,1	
Раздражение глаз и носа, мг/м ³	4	<0,1	
Смертельно за 1 - 3 часа, мг/м ³	800	20	
Оксиды			
	SO₂	SeO₂	TeO₂
Температура плавления, °С	-72,7	340-390	возг.450
ПДК (пыль 8 час. в сутки), мг/м ³	10	0,1	0,0005
Порог восприятия, мг/м ³	3	0,2	0,003
Раздражение глаз и носа, мг/м ³	20-50		
Смертельно за 1 - 3 часа, мг/м ³	5000		

Сернистый газ в атмосфере

Природный выброс сернистого газа составлял в 1990 г. 20 млн т в год, а антропогенный – 150 млн. т.

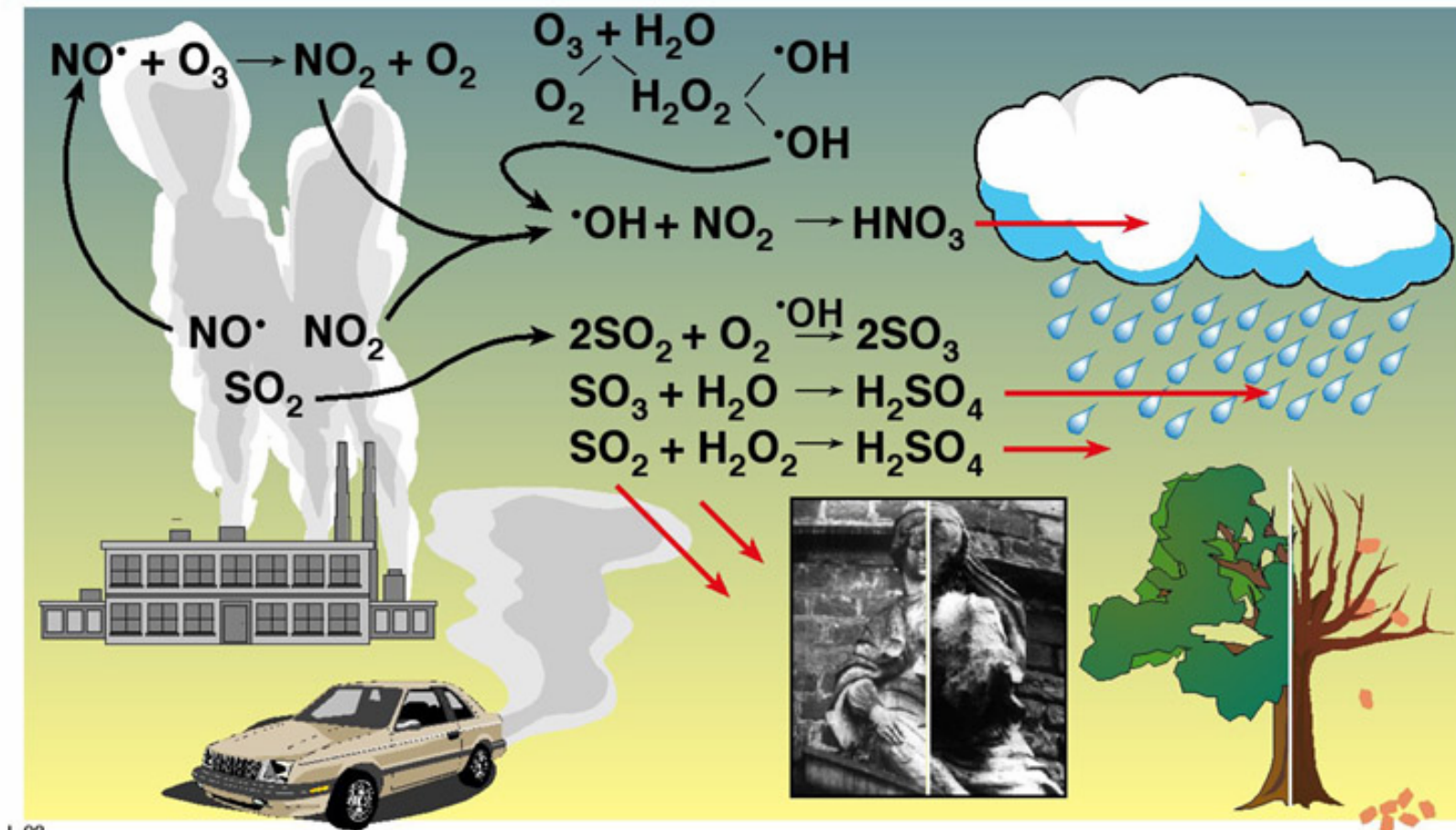
Максимум загрязнения приходился в Европе на 1973-1974 гг.; тогда рН дождя в Шотландии составлял 2,4, на западном берегу Норвегии 2,7.

Тепловая электростанция мощностью 1 млн. кВт тратит в год 3 млн т. каменного угля, при этом в атмосферу выбрасывается до **100000 т сернистого газа.**

В присутствии сернистого газа озоновый слой становится источником сернокислотного загрязнения атмосферы и осадков:



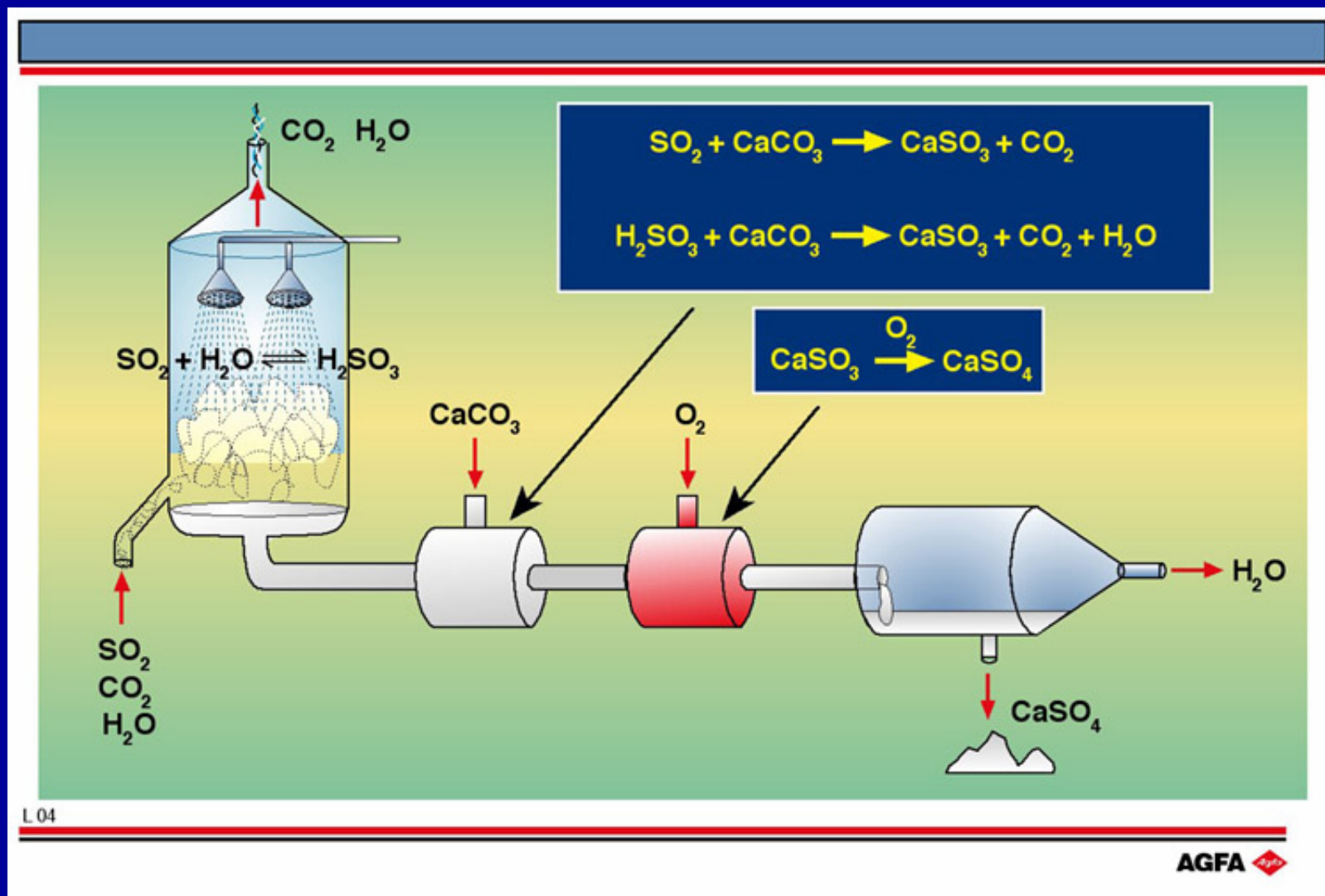
Источники кислотных дождей



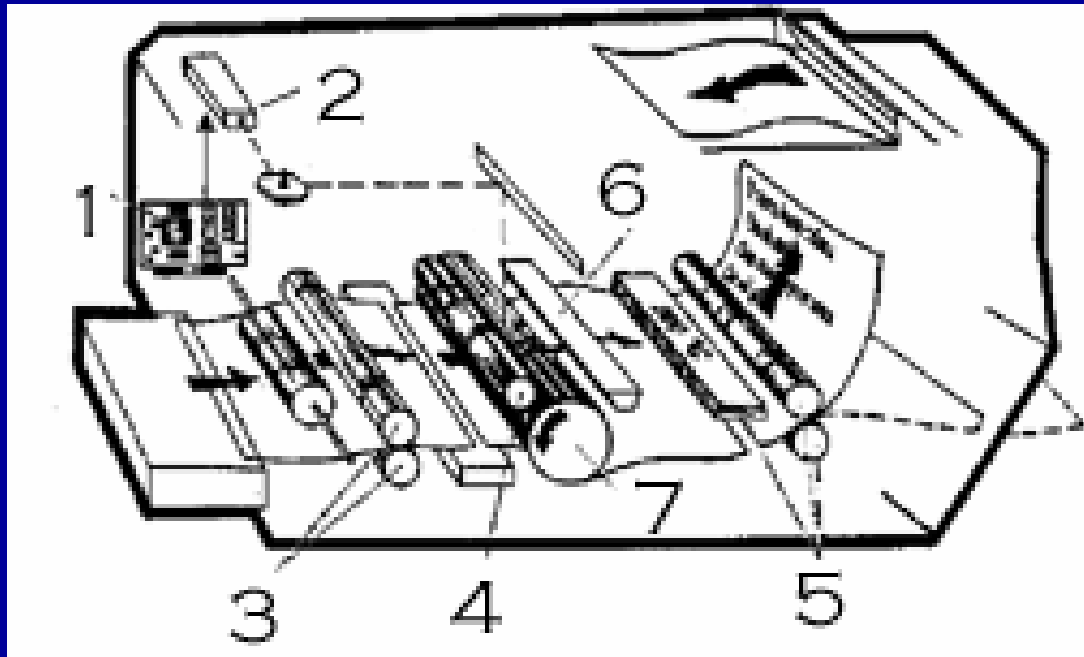
L 03

AGFA 

Очистка продуктов горения от соединений серы



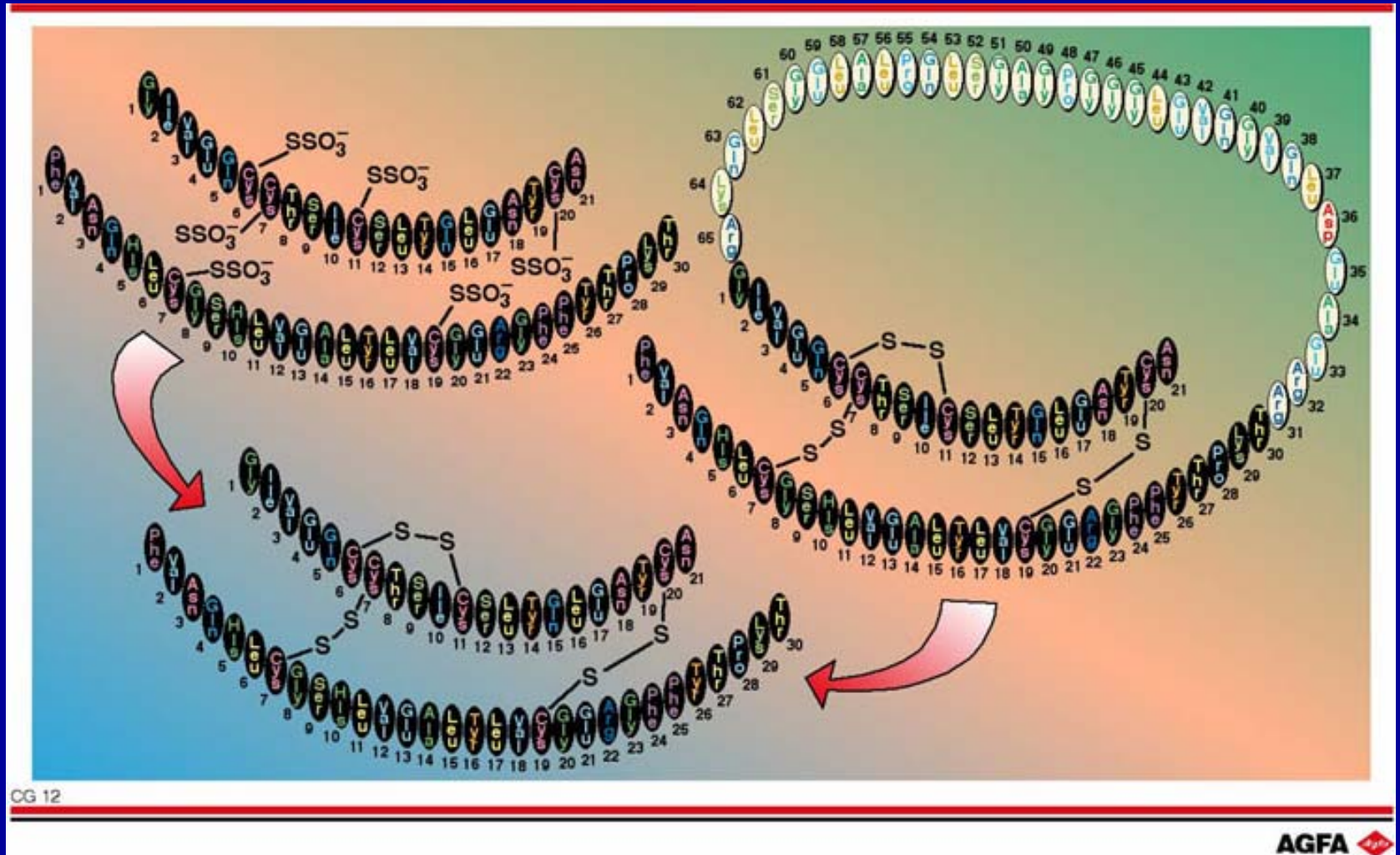
Селен. Принцип работы лазерного принтера



- 1-процессор
- 2-Лазер
- 3-Механизм "зарядки" бумаги
- 4-барабан-девелопер
- 5-механизм нагрева бумаги
- 6-лезвие
- 7-фотобарабан

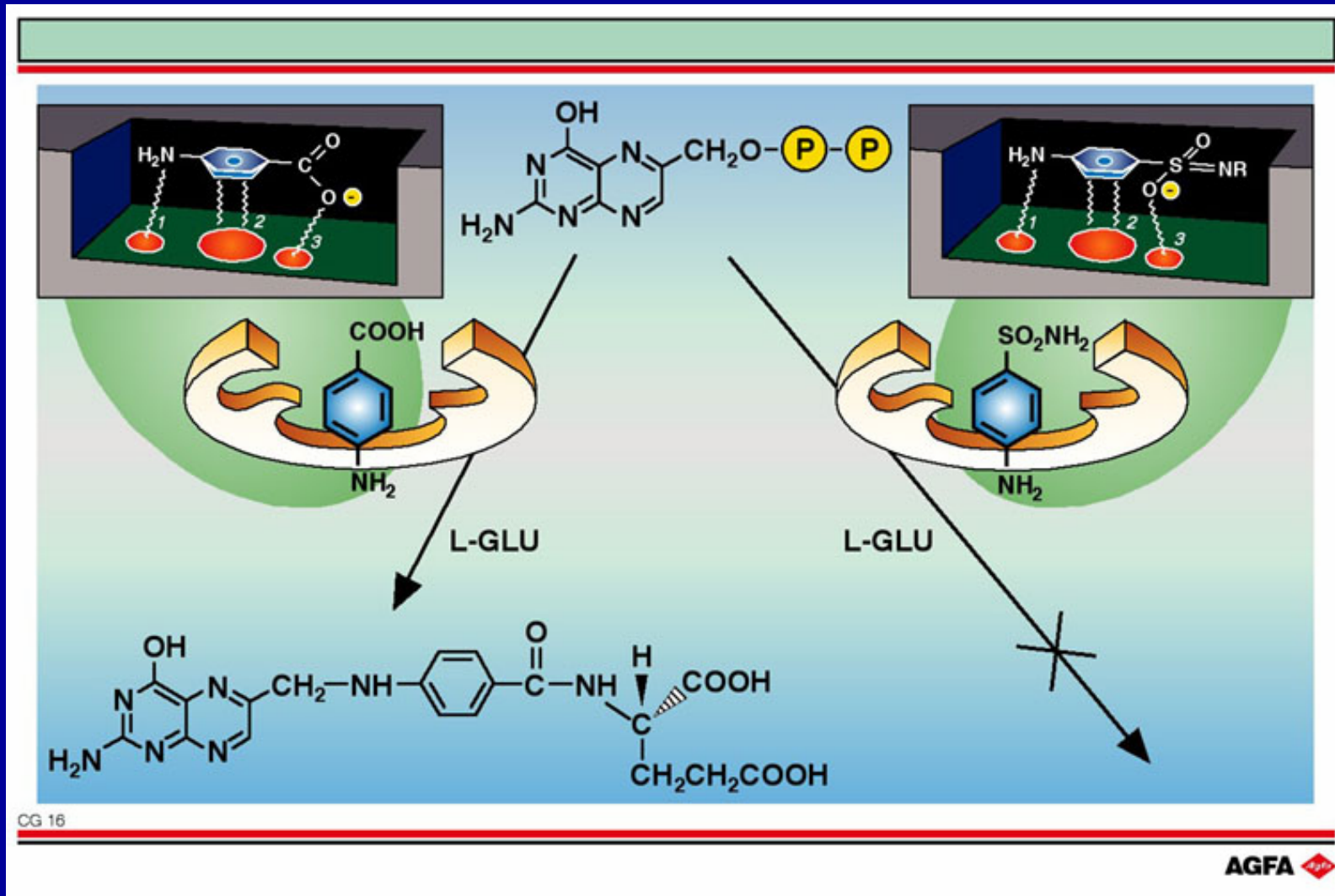
Сера в организме. Инсулин –

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



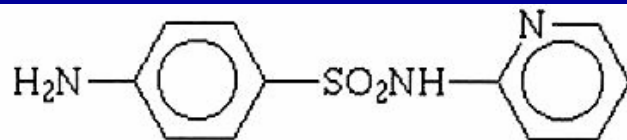
Эффект сульфамидов –

конкуренция с п-аминобензойной кислотой (фактор роста бактерий)
в синтезе фолиевой кислоты

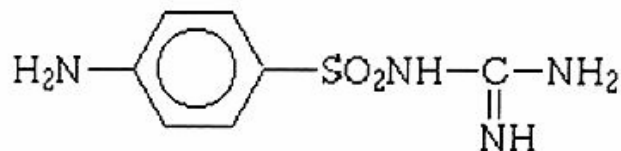


Сульфамиды - лекарства

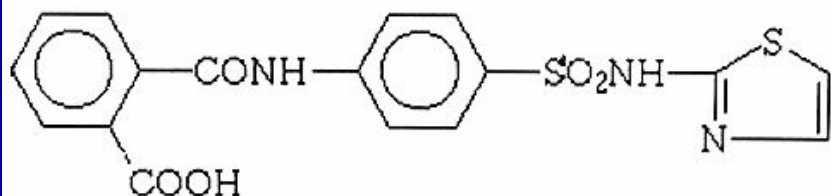
-(Шкроб А.М. Молекулы лечат. ХиЖ-XXI, 1998, № 2)



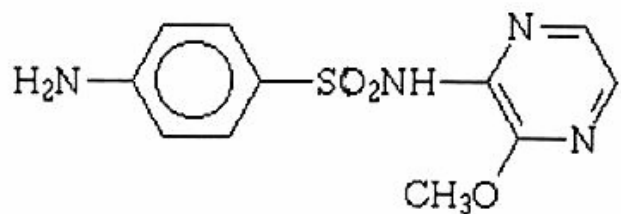
Сульфидин



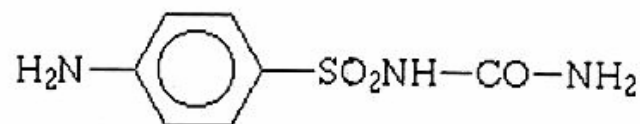
Сульгин



Фталазол



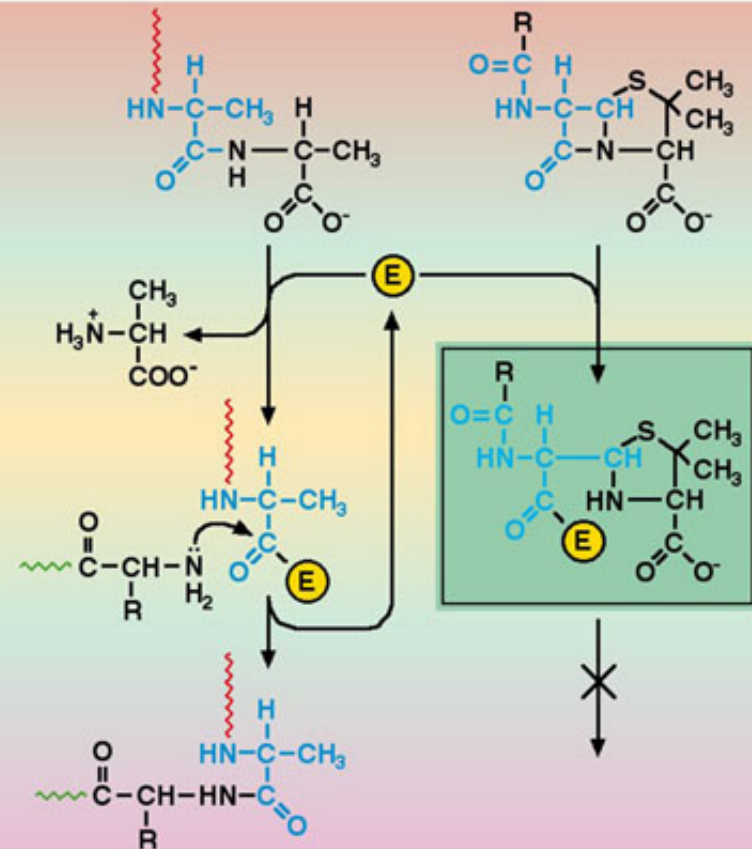
Сульфален



Уросульфан

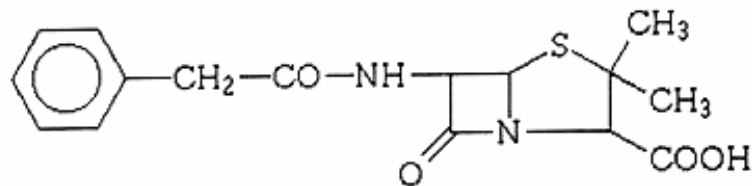
Эффект пенициллина –

блокирование транспептидазы (E) – т.е. остановка синтеза
клеточных стенок некоторых бактерий

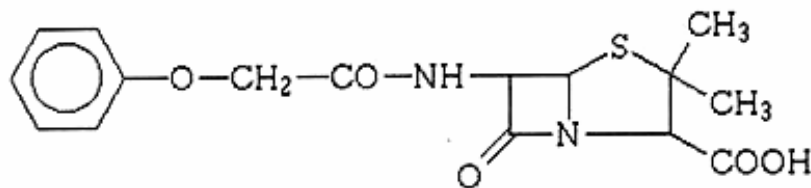


Пенициллины - лекарства

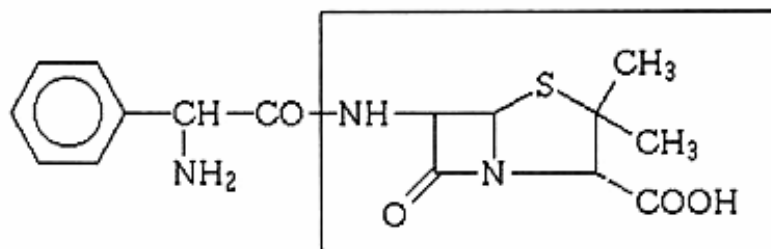
(Шкроб А.М. Молекулы лечат. ХиЖ-XXI, 1998, № 2)



"Глава" знаменитого семейства - бензилпенициллин



Феноксиметилпенициллин относительно устойчив в кислых средах; поэтому его можно принимать в виде таблеток.



На смену бензилпенициллину и феноксиметилпенициллину пришли полусинтетические пенициллины, получаемые ацилированием аминопенициллановой кислоты (ее остаток - в рамке). Здесь изображен один из них - ампициллин.

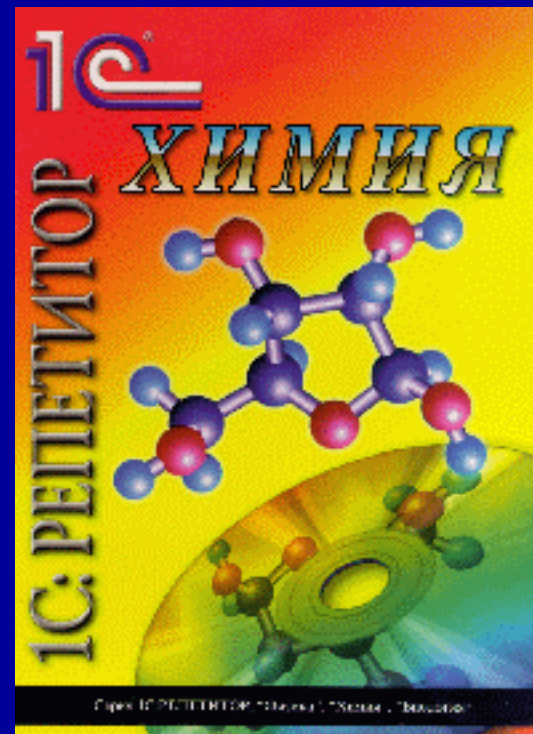
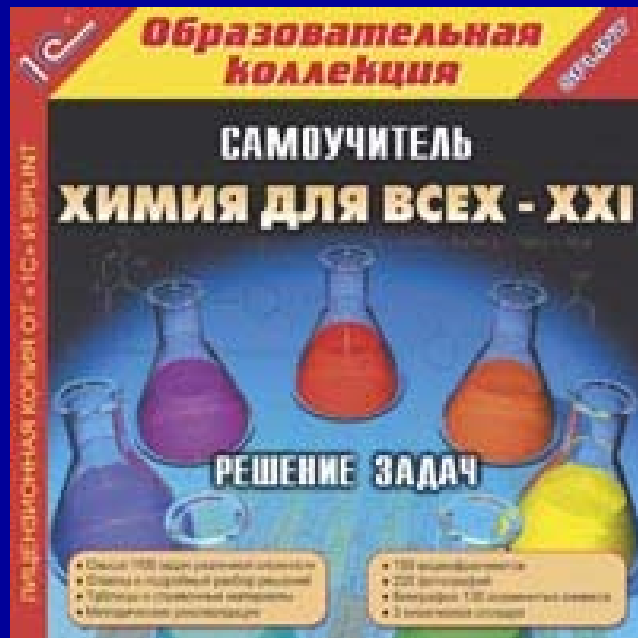


Сера и ртуть рассматриваются как отец и мать металлов. При их соединении образуются различные металлы. Сера обуславливает изменчивость и горючесть металлов, а ртуть твердость, пластичность и блеск. Сера - бескрылый змей, ртуть - крылатый. Если алхимику удавалось соединить оба принципа, то он получал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

А если заменить серу как жидкую среду...



**В лекции использованы модели
из эл. учебника «1С Химия для всех – XXI»
и эл. учебника «1С: Репетитор. Химия»**



В общем случае уравнение Нернста записывается (см. лекцию 5)

$$E = E^0 - (0,058/n) \lg \frac{[\text{отдавший электроны восстановитель}]}{[\text{берущий электроны окислитель}]}$$

Для системы $\text{Ag} + \text{H}^+ = \text{Ag}^+ + \frac{1}{2} \text{H}_2$

$$E = 0 - 0,80 - (0,058) \lg([\text{Ag}^+]/[\text{H}^+])$$

Чтобы суммарный потенциал стал положительным (критерий самопроизвольного процесса), нужно, чтобы концентрация $[\text{Ag}^+]$ была значительно меньше 1 (при $[\text{H}^+] \approx 1$).

В нашем случае (металл + кислота) можно пользоваться уравнением Нернста в виде:

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

Реакция растворения металла идет, если $E < 0$, т.е. металл «оказывается» слева (не путать со стандартным E^0).