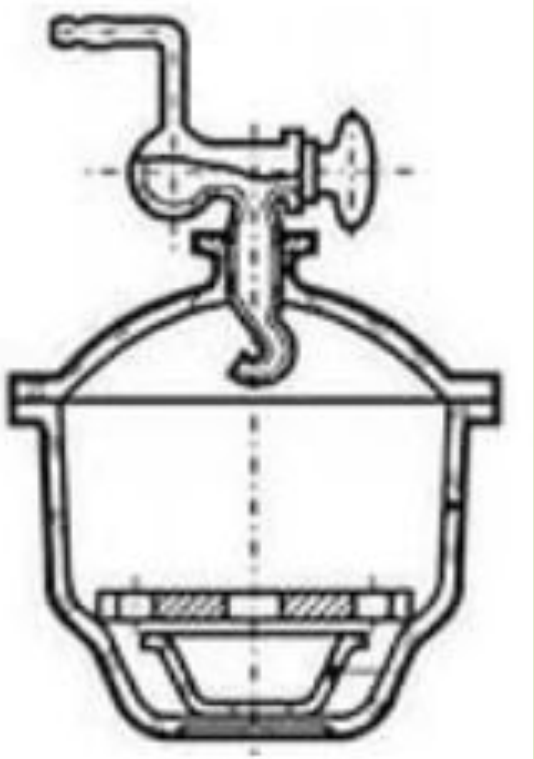
Серная кислота

Серная кислота H_2SO_4 — сильная двухосновная кислота. При обычных условиях концентрированная серная кислота — тяжёлая маслянистая жидкость без цвета и запаха.

I ступень: $H_2SO_4 = H^+ + HSO_4^-$

II ступень: $HSO_4^- \leftrightarrow H^+ + SO_4^{2-}$

Ее используют как гигроскопическое средство во многих химических реакциях, особенно при получении органических веществ, для осушки или предотвращения поглощения веществами воды. Для этих целей в лабораториях используют эксикаторы - специальные герметические сосуды:



Кроме того, благодаря этой способности, концентрированная серная кислота обугливает органические вещества (сахар, древесину), вызывает сильные ожоги кожи.

Видеоопыт - https://www.youtube.com/watch?v=p-PQoBt_ssU

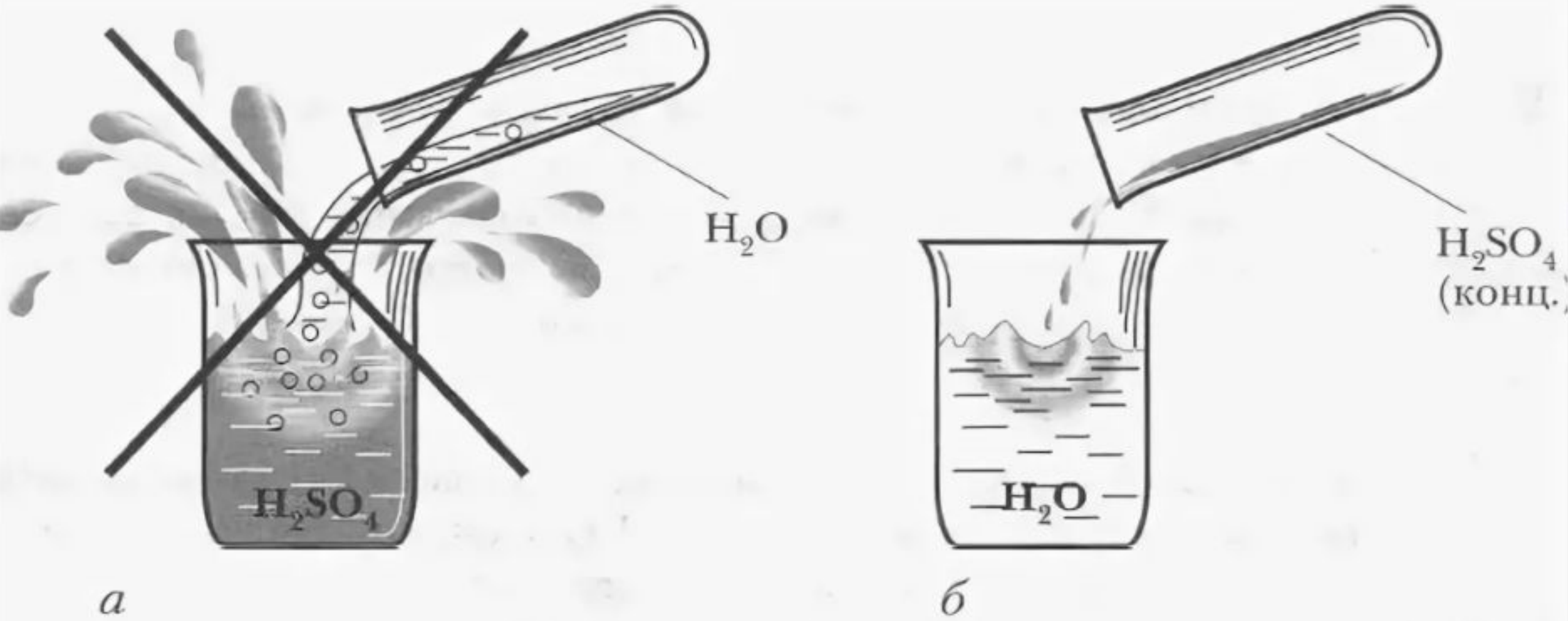


Рис. 22. Правило разбавления серной кислоты:
а – неправильно; *б* – правильно

Свойства разбавленной серной кислоты

Разбавленная H2SO4 - вступает в реакции замещения, за счет окисления катионов H^+:

$$H_2SO_4(\text{разб.}) + Mg = MgSO_4 + H_2 \uparrow$$

$$2H^+ + 2\bar{e} = H_2^0 \quad |2 \quad 1 \quad \text{окислитель, восстановление}$$

$$Mg - 2\bar{e} = Mg^{2+} \quad |2 \quad 1 \quad \text{восстановитель, окисление}$$

С активными металлами, стоящими до H в ряду напряжений, реагирует как обычная кислота, вытесняя водород.

С благородными металлами (Au, Pt) и металлами, стоящими после H в ряду напряжений не реагирует.

$$H_2SO_4(\text{разб.}) + Cu(Ag, Au, Hg) \neq$$

Качественной реакцией на серную кислоту и её растворимые соли является их взаимодействие с растворимыми солями бария, при котором образуется ***белый осадок сульфата бария***, нерастворимый в воде и кислотах, например:

$$H_2SO_4 + BaCl_2 = BaSO_4 \downarrow + 2HCl$$

Видеоопыт - https://www.youtube.com/watch?v=4yFyNl6Wb8A

Свойства концентрированной серной кислоты

Al, Cr, Fe пассивируются в конц.H_2SO_4, но реагируют с ней при нагревании:

$$8Al + 15H_2SO_4(\text{конц.}) \overset{t^\circ}{=} 4Al_2(SO_4)_3 + 3H_2S\uparrow + 12H_2O$$

$$2Cr + 6H_2SO_4(\text{конц.}) \overset{t^\circ}{=} Cr_2(SO_4)_3 + 3SO_2\uparrow + 6H_2O$$

$$2Fe + 6H_2SO_4(\text{конц.}) \overset{t^\circ}{=} Fe_2(SO_4)_3 + 3SO_2\uparrow + 6H_2O$$

Металлы	активные	Средней активности	малоактивные	благородные
	Li,Ca, Rb, K, Ba, Sr, Ca, Na, Mg, Al(п)	Zn,Cd, Sn, Mn(п),Cr (п), Fe (п), Co (п), Ni (п), Pb(п)	Cu, Ru, Hg, Ag, Rh, Pd, Bi (п)	Au, Pt, Ir
Концентрированная кислота	H_2S, S	S, SO_2	SO_2	-

Неметалл + H_2SO_4(конц) → **кислота** + $\mathbf{SO_2}$ + $\mathbf{H_2O}$

Пассивация: с холодной конц. серной кислотой не реагируют: **Al, Cr, Fe, Be, Co**
При нагревании пассивирующие пленки растворяются, и взаимодействие с кислотой протекает интенсивно.

Взаимодействие серной кислоты с неметаллами

Взаимодействие серной кислоты с неметаллами происходит с выделением SO2 и окислением неметаллов до высшей степени окисления:

$$C + 2H_2SO_4(\text{конц.,гор.}) = CO_2 \uparrow + 2SO_2 \uparrow + 2H_2O$$

$$S + 2H_2SO_4(\text{конц.}) = 3SO_2 \uparrow + 2H_2O$$

$$2P + 5H_2SO_4 = 2H_3PO_4 + 5SO_2 \uparrow + 2H_2O$$

$$H_2SO_4(\text{конц.}) + H_2S = SO_2 \uparrow + S \downarrow + 2H_2O$$

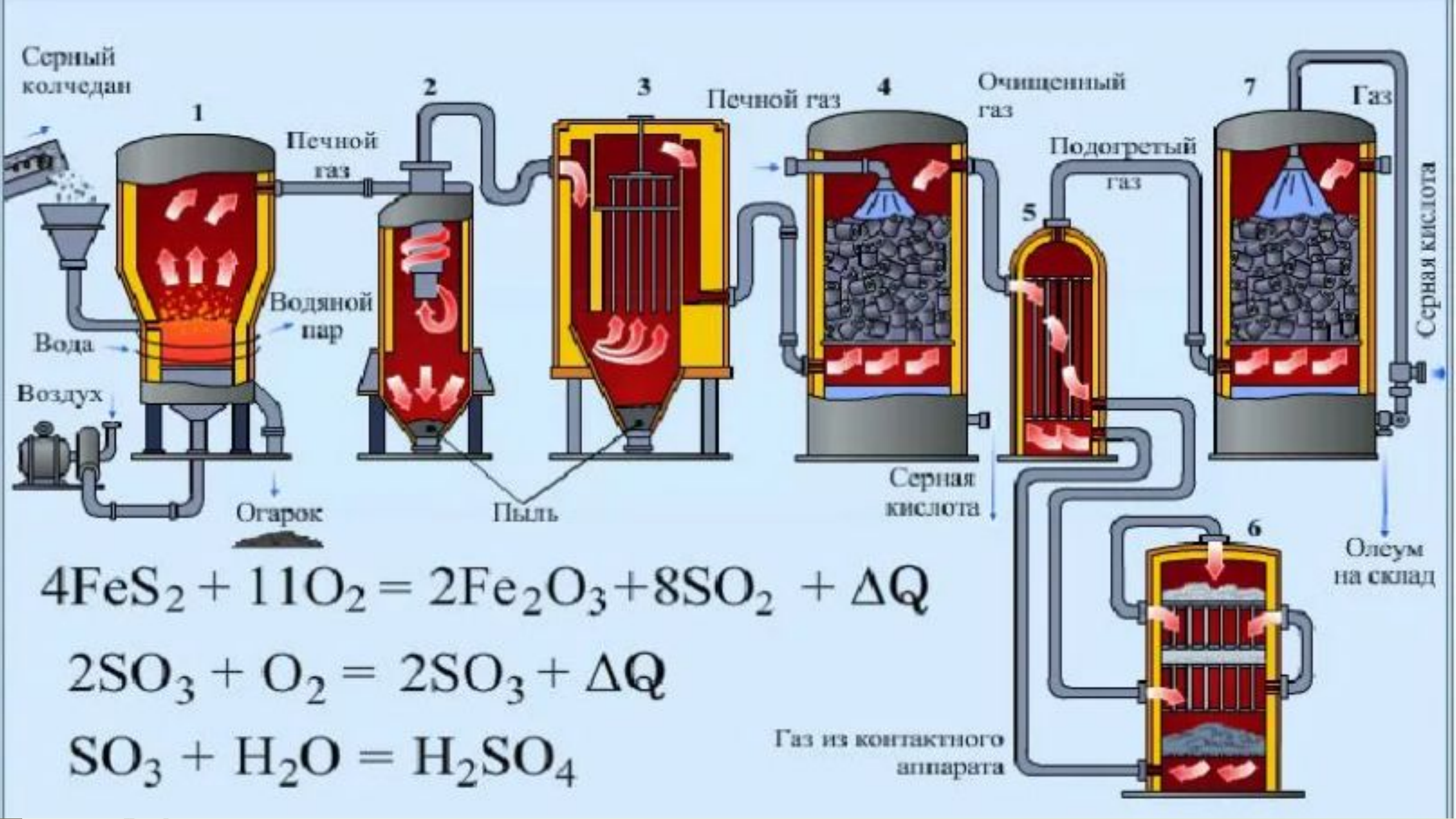
Производство серной кислоты

$$FeS_2 \ (S \text{ или сульфиды других металлов}) \xrightarrow[\text{печь для обжига в кипящем слое}]{I\text{стадия}}$$

$$\xrightarrow[\text{циклон, электрофильтр}]{\text{очистка печного газа}} \xrightarrow[\text{сушильная башня}]{\text{осушение печного газа}} SO_2 \xrightarrow[\text{контактный аппарат}]{II\text{стадия}}$$

$$SO_3 \xrightarrow[\text{поглотительная башня}]{II\text{стадия}} H_2SO_4$$

Видео - https://www.youtube.com/watch?v=uHtmnGjSTNE



$$4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2 + \Delta Q$$

$$2SO_3 + O_2 = 2SO_3 + \Delta Q$$

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

Общие научные принципы химического производства:

1. Непрерывность.
2. Противоток
3. Катализ
4. Увеличение площади соприкосновения реагирующих веществ.
5. Теплообмен
6. Рациональное использование сырья

1. Печь для обжига «в кипящем слое»:

Пирит подвергают обжигу кислородом воздуха

$$4FeS_2 + 11\ O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2 + 3310\ кДж$$

2. Циклон :

Тщательная очистка от крупных частиц пыли

3. Электрофильтр :

Тщательная очистка от мелких частиц пыли

4. Сушильная башня:

Осушение от водяных паров

5. Теплообменник :

Очищенный обжиговый газ перед поступлением в контактный аппарат нагревают за счет теплоты газов, выходящих из контактного аппарата.

6. Контактный аппарат:

Обжиговый газ в присутствии катализатора при 450 °С окисляется до оксида серы (VI)

$$2SO_2 + O_2 = 2SO_3 + 197{,}8 \text{ кДж}$$

7. Поглотительная башня:

Оксид серы (VI) поглощают концентрированной серной кислотой. Образуется олеум, из которого можно приготовить серную кислоту любой концентрации

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

Экологические проблемы:

Производство серной кислоты создает немало экологических проблем – на I стадии это потери сырья при добыче, транспортировке, хранении, и переработке. Далее продукты промежуточных реакций SO2 и SO3, при попадании в атмосферу вызывают образование кислотных дождей, которые ведут к гибели растительности, возникновению респираторных заболеваний у животных и человека. Вызывают коррозию металлов, мрамора, закисление почв и водоемов.

Чтобы избежать загрязнения окружающей среды:

- безотходные производства
- бессточные системы
- использование специальные фильтры.
- кооперирование различных производства (металлургические предприятия и производства серной кислоты)
- Использование в качестве сырья - сероводорода (нефтеперерабатывающие заводы)