

# Серная кислота: производство и применение

# Цели урока

- объяснять процесс производства серной кислоты;
- понимать процесс производства серной кислоты как равновесный и уметь предсказывать воздействие изменения условий на выход целевого продукта;

# Ожидаемые результаты

описывает основные стадии получения серной кислоты контактным способом и записывает уравнения реакций каждой стадий с указанием условия;

– объясняет необходимые условия для повышения выхода оксида серы (VI) при каталитическом окислении оксида серы (IV) в контактном аппарате;

# Работа с терминами

Слабая кислота

Сильная кислота

Обратимая реакция

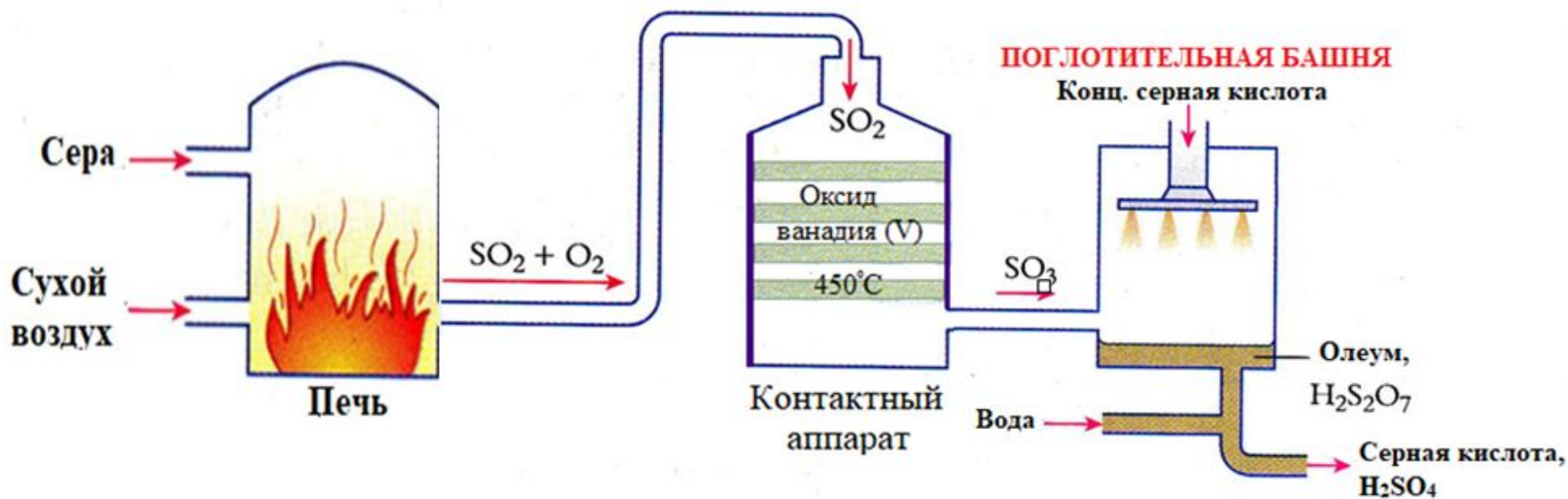
Химическое равновесие

# Получение серной кислоты в промышленности

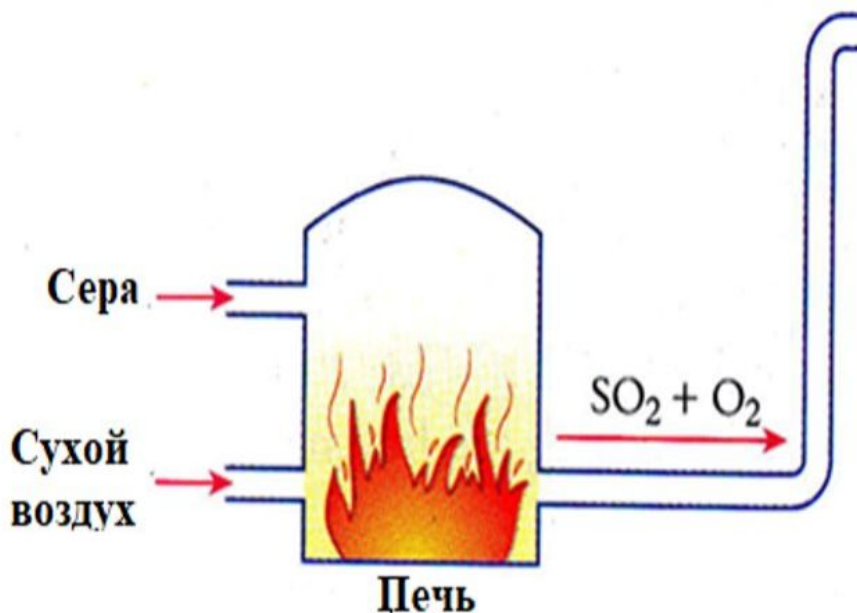
<https://bilimland.kz/ru/subject/ximiya/10-klass/proizvodstvo-sernoj-kisloty-kontaktным-sposobom?mid=f2867163-9ee4-11e9-a361-1f1ed251dcfe>

В настоящее время серную кислоту во всем мире получают с помощью контактного способа. Этот процесс состоит из трех стадий:

- обжиг железного (серного) колчедана или серы;
- окисление оксида серы (IV);
- абсорбция оксида серы (VI).



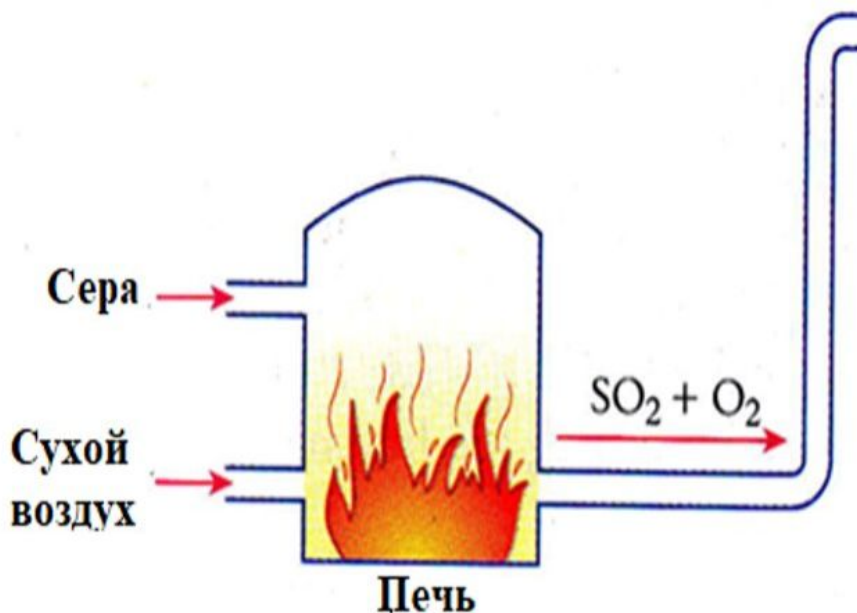
# Контактный процесс: 1-стадия



В печи расплавленная сера сжигается на сухом воздухе с образованием диоксида серы SO<sub>2</sub>. Полученный газ очищается и охлаждается.



# Контактный процесс: 1-стадия



В печи расплавленная сера сжигается на сухом воздухе с образованием диоксида серы SO<sub>2</sub>. Полученный газ очищается и охлаждается.

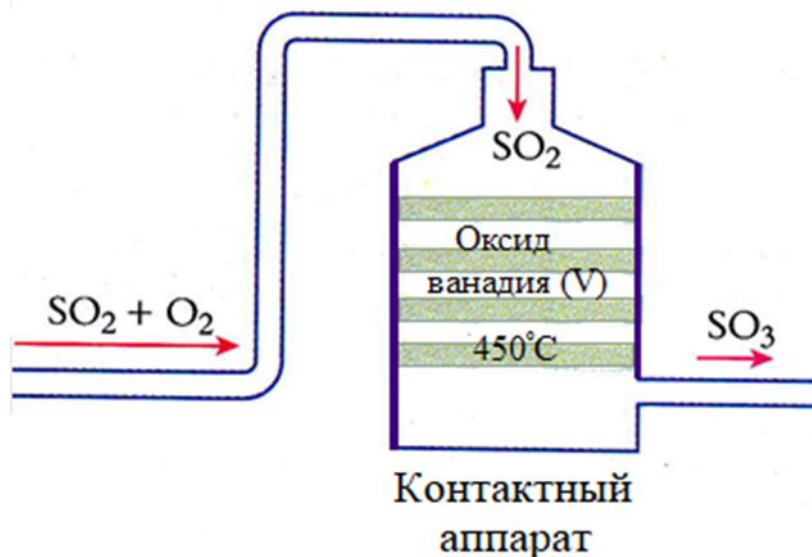


**В чем преимущество сжигания расплавленной серы путем распыления в нагретом воздухе, объясните ваш ответ.**

Реакция происходит быстро, площадь поверхности большая



# Контактный процесс: 2-стадия

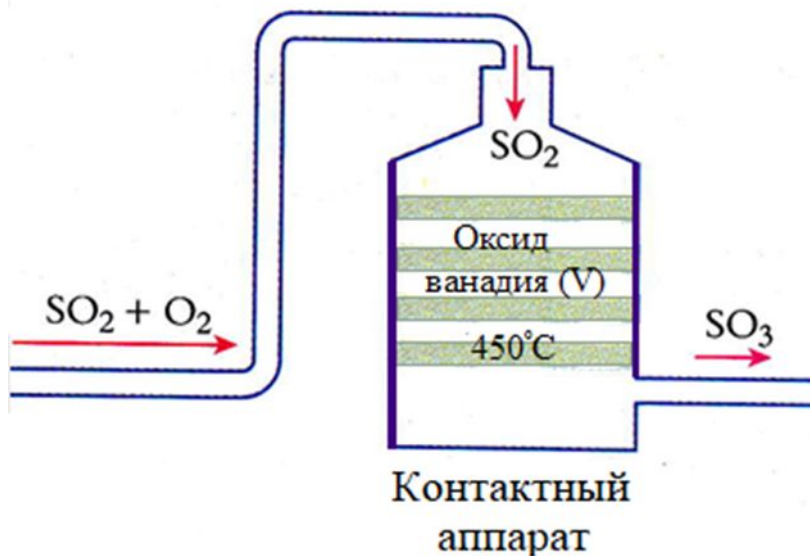


Смесь оксида серы (IV) и кислорода нагревают до 450°C и подвергают воздействию давления 101,3 - 202,6 кПа (1-2 атмосферы) в присутствии ванадиевого катализатора (оксид ванадия (V)) для получения оксида серы (VI) SO<sub>3</sub>(г).

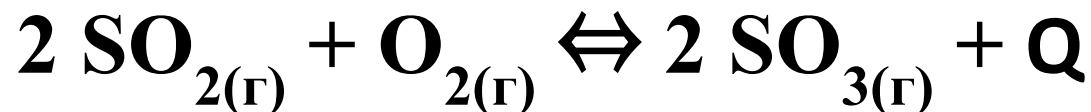


# Контактный процесс: 2-стадия

Около 99,5% оксида серы (IV),  $\text{SO}_2$  превращается в оксид серы (VI),  $\text{SO}_3$  через эту обратимую реакцию.



## II стадия. Окисление оксида серы (IV) до оксида серы (VI)



Диоксид серы + кислород (из воздуха)

1:1 (в объемном соотношении)

Температура: 400-450°C

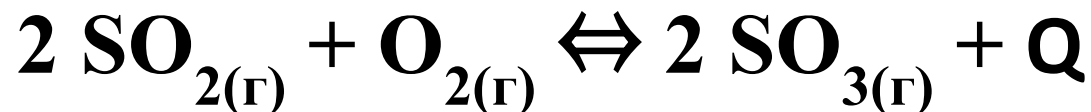
Давление: 1-2 атм

Катализатор:  $\text{V}_2\text{O}_5$

**Поэтому для получения триоксида серы необходимо использовать диоксид серы и кислород в объемном соотношении 1:1?**

Избыточное количество кислорода смещает равновесие в правую сторону, т. е. увеличивается общий выход триоксида серы

## II стадия. Окисление оксида серы (IV) до оксида серы (VI)



Диоксид серы + кислород (из воздуха)

1:1 (в объемном соотношении)

Температура: 400-450°C

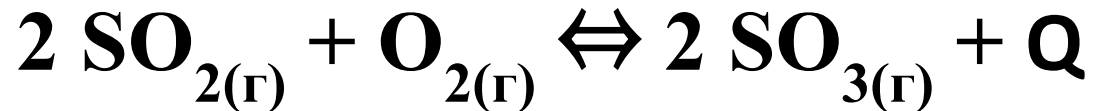
Давление: 1-2 атм

Катализатор:  $\text{V}_2\text{O}_5$

**Почему реакцию проводят при температуре 400-450°C?**

400–450°C - это компромиссная температура, при которой в равновесной смеси образуется довольно высокая доля триоксида серы, за очень короткое время

## II стадия. Окисление оксида серы (IV) до оксида серы (VI)



Диоксид серы + кислород (из воздуха)

1:1 (в объемном соотношении)

Температура: 400-450°C

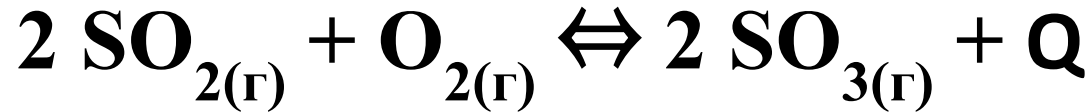
Давление: 1-2 атм

Катализатор:  $\text{V}_2\text{O}_5$

**Почему, реакция проводится под давлением 1-2 атм?**

Даже при этих относительно низких давлениях 99,5% диоксида серы превращается в триоксид серы. Из-за небольшого улучшения выхода на 0,5% не стоит увеличивать давление, а также затрат на создание высокого давления

**II стадия. Окисление оксида серы (IV) до оксида серы (VI)**



**Диоксид серы + кислород (из воздуха)**

**1:1 (в объемном соотношении)**

**Температура: 400-450°C**

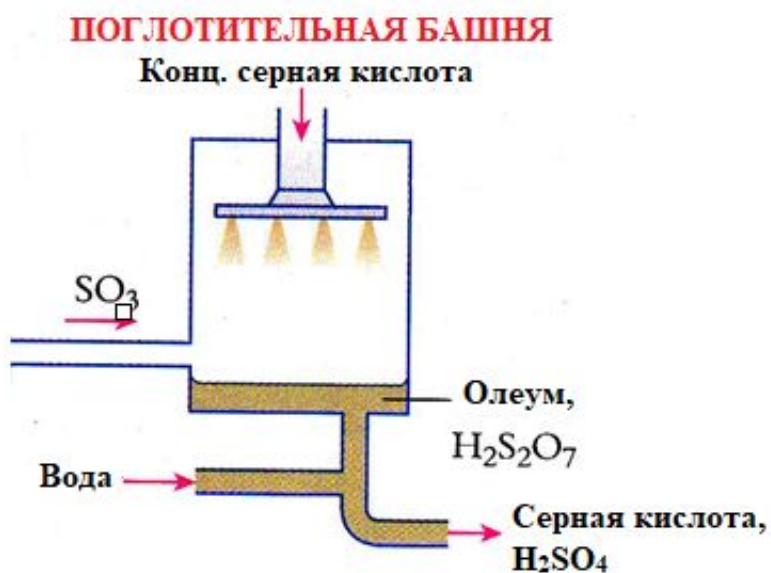
**Давление: 1-2 атм**

**Катализатор:  $\text{V}_2\text{O}_5$**

**Почему реакция проводится в присутствии катализатора?**

Добавление катализатора не приводит к увеличению процентного содержания триоксида серы в равновесной смеси. Он только увеличивает скорость реакции. Без участия катализатора реакция происходит очень медленно. Катализатор обеспечивает скорость, необходимую для установления динамического равновесия в течение короткого времени между газами в реакторе

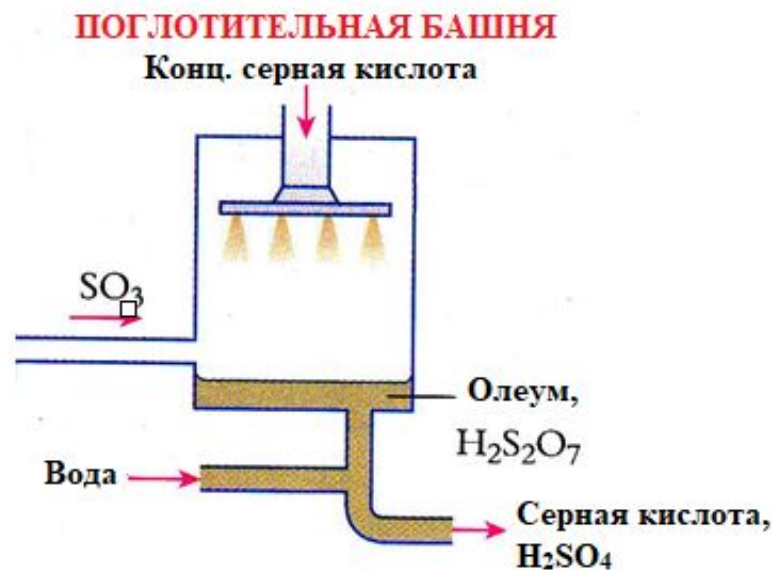
# Контактный процесс: 3-стадия



В поглотительной башне оксид серы (VI),  $\text{SO}_3$  сначала реагирует с концентрированной серной кислотой,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с образованием продукта, называемого олеумом,  $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ .



# Контактный процесс: 3-стадия

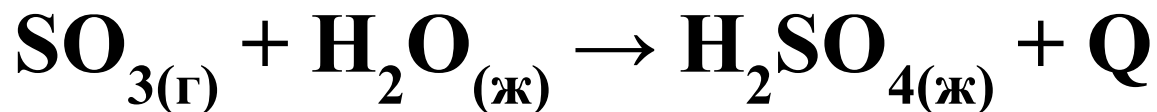


Затем олеум, H<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>7</sub> разбавляется водой с получением концентрированной серной кислоты, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в больших количествах.





## III стадия. Получение серной кислоты из оксида серы (VI)



**Почему для поглощения оксида серы (VI) используется 98% серная кислота, а не вода?**

В газовой фазе небольшое количество водяных паров приводит к образованию мелких капель серной кислоты и образуется устойчивый туман, не впитывающийся в воду.

**Критерий оценивания:** описывает основные стадии получения серной кислоты контактным способом и записывает уравнения реакций каждой стадий с указанием условия;

**Тест:**

1. Какое сырье необходимо для производства серной кислоты в контактном процессе?
  - A. Вода, воздух, сера
  - B. Аммиак, вода, кислород
  - C. Сырая нефть, воздух
2. Какой из трех этапов контактного процесса обратим?
  - A. Сжигание серы в кислороде с образованием диоксида серы
  - B. Реакция диоксида серы с кислородом с образованием триоксида серы
  - C. Реакция триоксида серы с водой с образованием серной кислоты

**Критерий оценивания:** описывает основные стадии получения серной кислоты контактным способом и записывает уравнения реакций каждой стадий с указанием условия;

**Тест:**

3. Как называется катализатор, используемый в контактном процессе?

А. Железо

В. Никель

С. Оксид ванадия (V)

**Критерий оценивания:** описывает основные стадии получения серной кислоты контактным способом и записывает уравнения реакций каждой стадий с указанием условия;

**Тест:**

4. Триоксид серы необходимо абсорбировать концентрированной серной кислотой, а не добавлять непосредственно в воду. Почему?

- A. Добавление воды замедлит реакцию.
- B. Добавление воды будет очень экзотермическим
- C. Добавление воды ускорит реакцию.

5. Что из следующего является правильным уравнением для производства триоксида серы на второй стадии контактного процесса?

- A.  $2\text{SO}_{2(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons 2\text{SO}_{3(\text{г})}$
- B.  $2\text{SO}_{2(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} \rightarrow 2\text{SO}_{3(\text{г})}$
- C.  $2\text{S}_{(\text{т})} + 3\text{O}_{2(\text{г})} \rightarrow 2\text{SO}_{3(\text{г})}$

# Ожидаемые результаты

описывает основные стадии получения серной кислоты контактным способом и записывает уравнения реакций каждой стадий с указанием условия;

– объясняет необходимые условия для повышения выхода оксида серы (VI) при каталитическом окислении оксида серы (IV) в контактном аппарате;