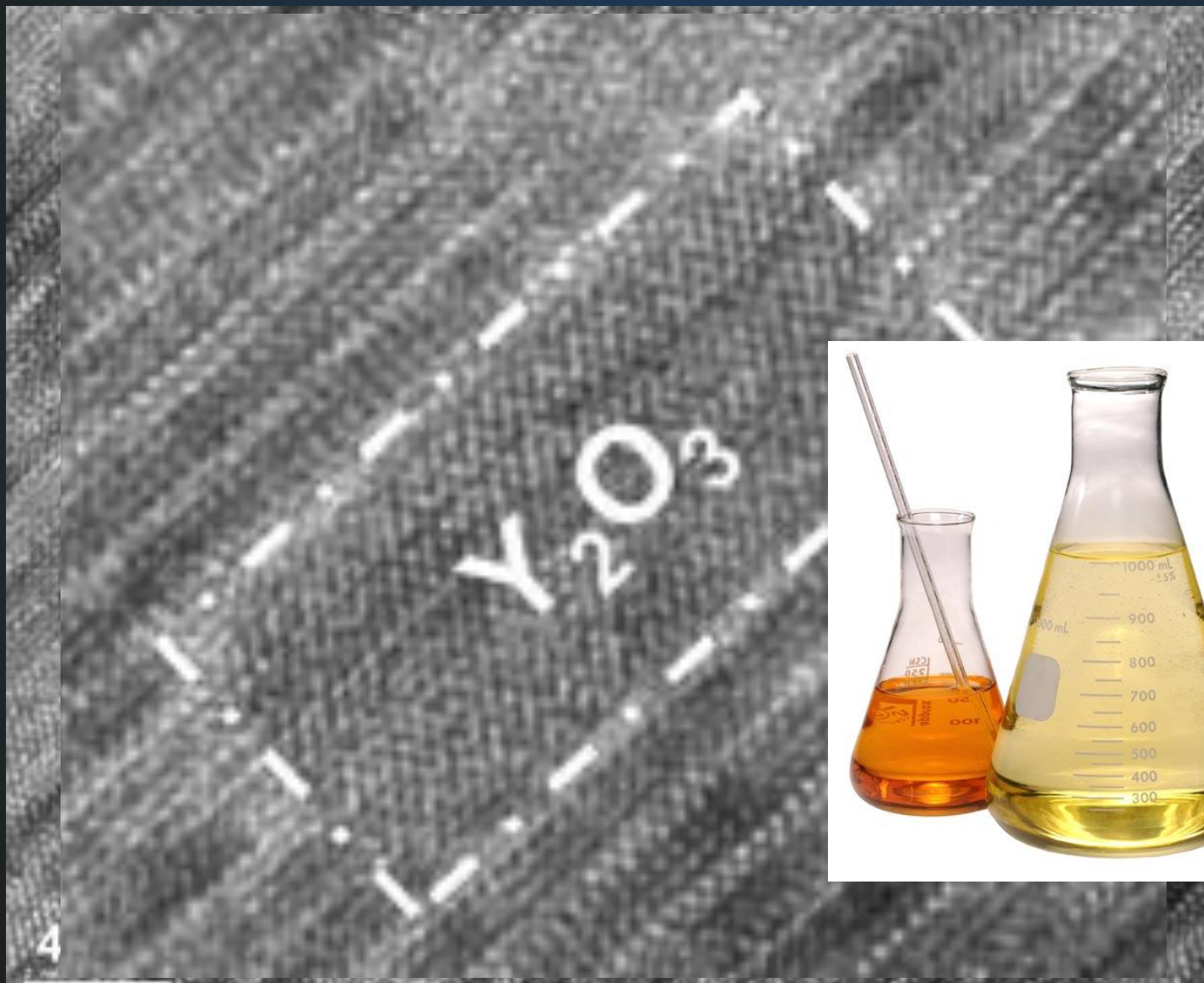


**МИРЭА – Российский Технологический Университет  
Институт тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова  
Кафедра неорганической химии им. А.Н. Реформатского**

# **МЕТОДЫ ОЧИСТКИ И РАЗДЕЛЕНИЯ ВЕЩЕСТВ**

**Преподаватель: доц., к.х.н. Дорохов Андрей Викторович**

# МЕТОДЫ РАЗДЕЛЕНИЯ СМЕСЕЙ



СМЕСЬ  
(дела фаз)

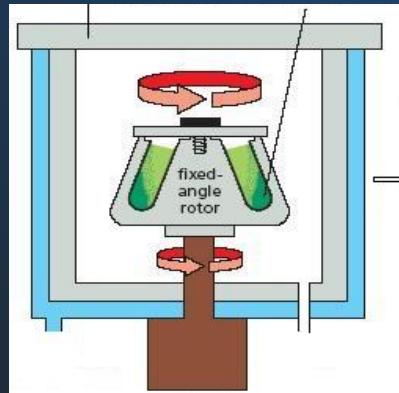
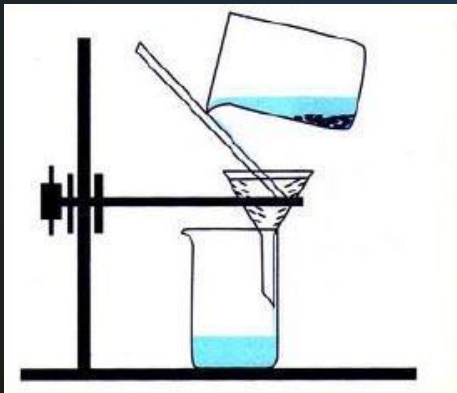


# I. РАЗДЕЛЕНИЕ ГЕТЕРОГЕННЫХ СМЕСЕЙ

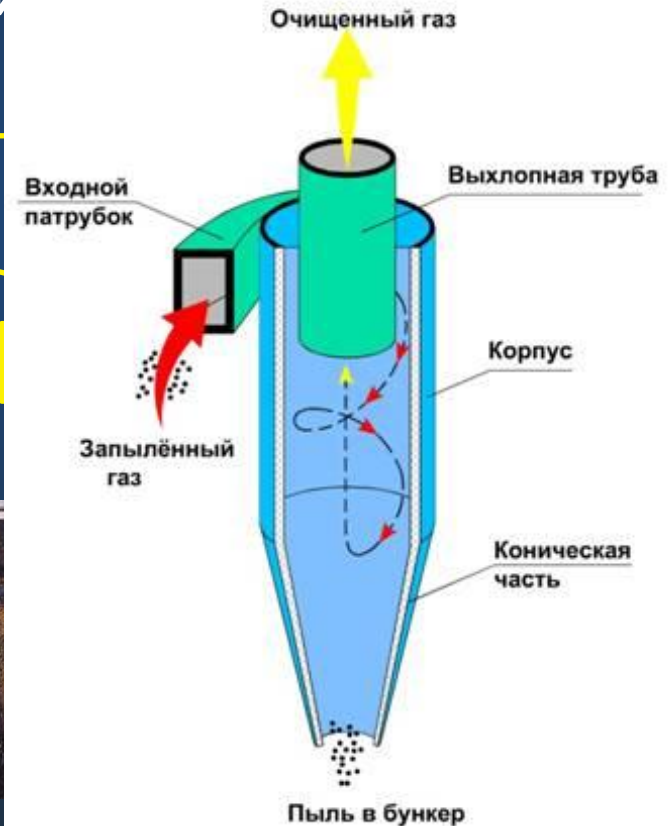
## МЕХАНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

фильтрование

отстаивание,  
центрифугирование



Ф



МЕ

ляция)

# I. РАЗДЕЛЕНИЕ ГЕТЕРОГЕННЫХ СМЕСЕЙ

## 1. МЕХАНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ.

**ОТСТАИВАНИЕ** – разделение гетерогенных смесей под действием силы тяжести.

- удаление грубодисперсных нерастворимых примесей (ил, песок)
- разделение несмешивающихся жидкостей.



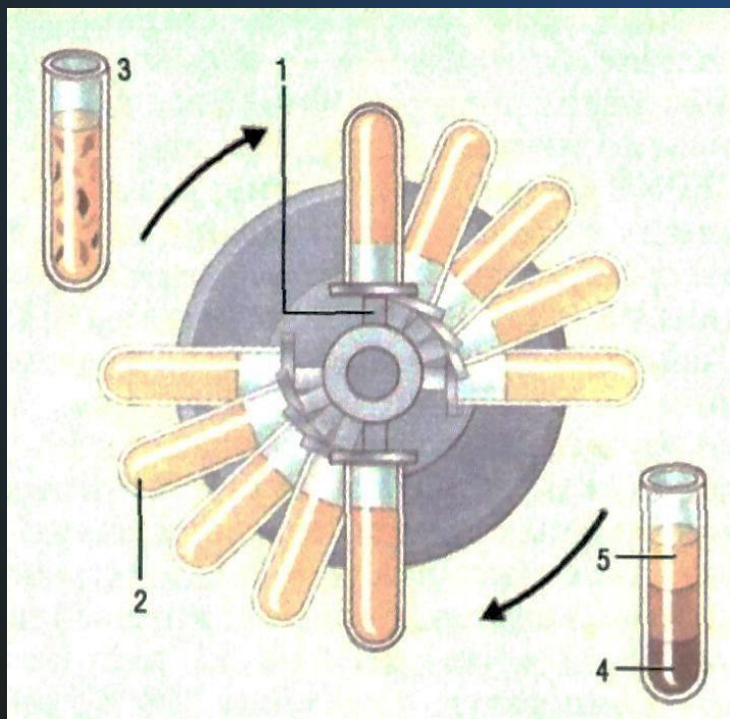


# I. РАЗДЕЛЕНИЕ ГЕТЕРОГЕННЫХ СМЕСЕЙ

## 1. МЕХАНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ.

**ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЕ** – разделение гетерогенных смесей под действием центробежной силы.

- разделение мелкодисперсных гетерогенных смесей



# I. РАЗДЕЛЕНИЕ ГЕТЕРОГЕННЫХ СМЕСЕЙ

## 1. МЕХАНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ.

**ФИЛЬТРОВАНИЕ** (отделение осадка от раствора) – механический метод разделения гетерогенных смесей. Применяется для отделения осадка от раствора.

- удаление механических (нерастворимых примесей)
- отделение осадка от раствора



Фильтровальные материалы делятся на:

- 1) гибкие (ткани, мембраны, фильтровальная бумага)
- 2) негибкие (пористые керамика, пористые полимеры и металлы)

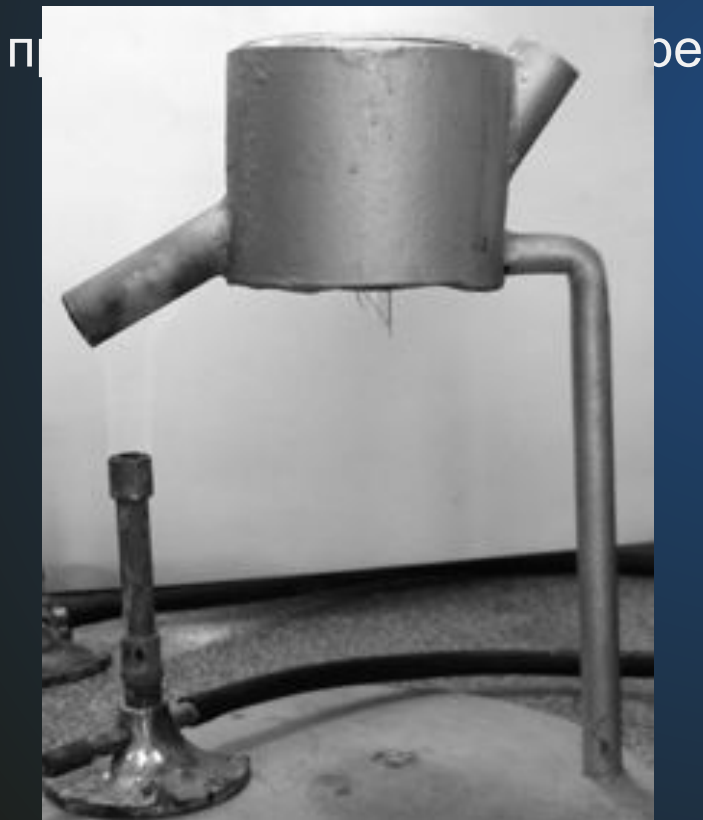
Фильтровальная бумага:

- 1) розовая (чёрная) лента – быстрофильтрующие, ~10 мкм.
- 2) белая лента – средней проницаемости, 5-8 мкм.
- 3) синяя лента – для мелкозернистых осадков, 3-5 мкм.
- 4) зелёная лента – для очень мелкозернистых осадков, 2-3 мкм.
- 5) жёлтая лента – обезжиренные фильтры (средняя скорость, нет золы)

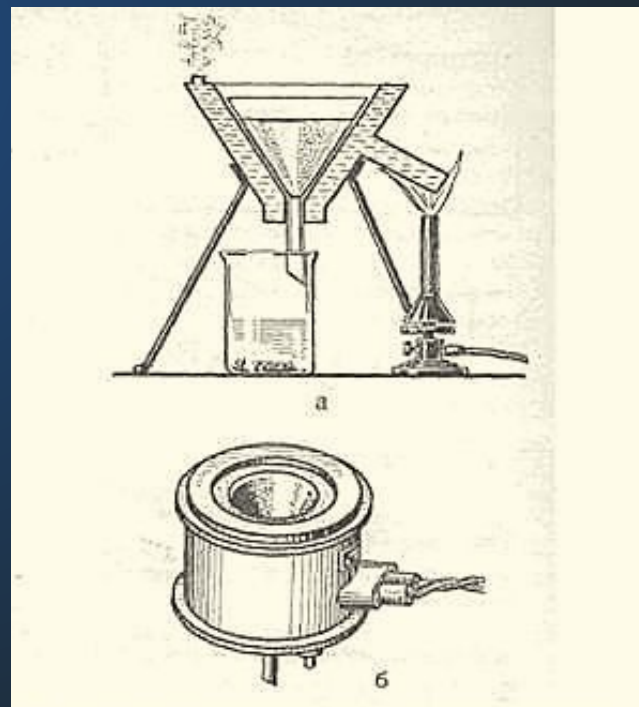
# I. РАЗДЕЛЕНИЕ ГЕТЕРОГЕННЫХ СМЕСЕЙ

## 1. МЕХАНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ. ФИЛЬТРОВАНИЕ

### ФИЛЬТРОВАНИЕ ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ



горячее фильтрование



# I. РАЗДЕЛЕНИЕ ГЕТЕРОГЕННЫХ СМЕСЕЙ

## 1. МЕХАНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ. ФИЛЬТРОВАНИЕ

### ФИЛЬТРОВАНИЕ ПРИ ПОНИЖЕННОМ ДАВЛЕНИИ

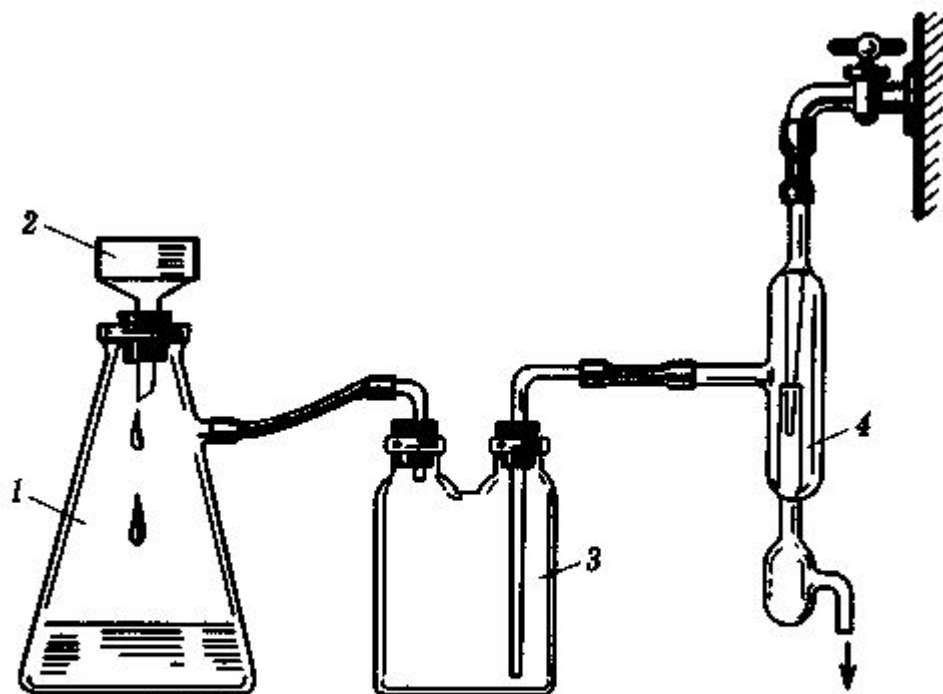


Рис. 23. Фильтрация при пониженном давлении:


1 — колба Бунзена; 2 — воронка Бюхнера; 3 — предохранительная склянка;  
4 — водоструйный насос



# I. РАЗДЕЛЕНИЕ ГЕТЕРОГЕННЫХ СМЕСЕЙ

## 1. МЕХАНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ. ФИЛЬТРОВАНИЕ

МИКРОФИЛЬРАЦИЯ (0.1 мкм) И УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИЯ (0.003 мкм)



Вена Каналец

фиорозная Столб

**Микрофильрация**  
 $\Delta p = 0.1 - 5$  бар

**Ультрафильрация**  
 $\Delta p = 0.1 - 5$  бар

**Нанофильрация**  
 $\Delta p = 3 - 10$  бар

**Обратный осмос**  
 $\Delta p = 10 - 100$  бар

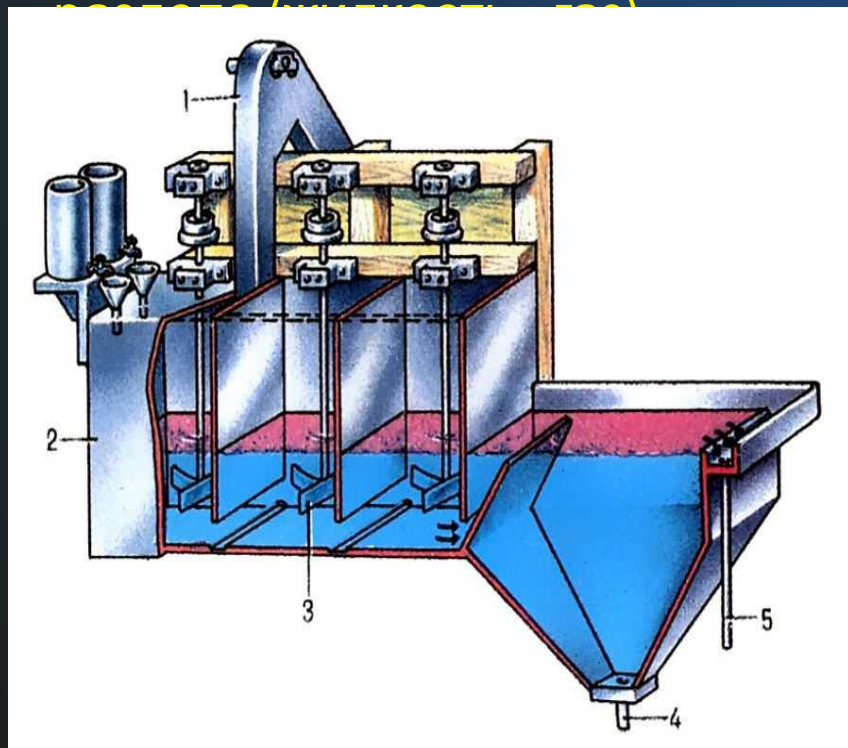
- Крупная органика
- Органика среднего размера
- Мелкая органика
- Двухвалентные ионы
- Одновалентные ионы
- Бактерии, паразиты, частицы
- Вирусы

The diagram illustrates the filtration capabilities of different membrane technologies. It shows a flow from left to right through four stages: Microfiltration, Ultrafiltration, Nanofiltration, and Reverse Osmosis. A legend identifies various contaminants: large organic matter (black irregular shapes), medium organic matter (black irregular shapes), small organic matter (black irregular shapes), divalent ions (red circles), monovalent ions (small red circles), bacteria/parasites/particles (blue oval), and viruses (small blue hexagons). A green arrow at the bottom indicates the direction of flow.

# I. РАЗДЕЛЕНИЕ ГЕТЕРОГЕННЫХ СМЕСЕЙ

## 2. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ.

**ФЛОТАЦИЯ** – разделение гетерогенных смесей, основанное на различной смачиваемости частиц жидкостью (водой или маслом) и на их избирательном прилипании к поверхности



# I. РАЗДЕЛЕНИЕ ГЕТЕРОГЕННЫХ СМЕСЕЙ

## 2. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ.

**ИСПАРЕНИЕ** – разделение смесей за счёт испарения (перехода в газовую фазу одного из компонентов).

- очистка от нелетучих примесей
- разделение жидкостей с сильно различающимися температурами кипения

**1) перегонка (дистилляция) – испарение и последующая конденсация жидкости.**

перегонка при атмосферном давлении (низкая  $T_{\text{кип}}$ )

перегонка при пониженном давлении (высокая  $T_{\text{кип}}$ )

перегонка с водяным паром (малолетучие, с большой  $M_r$ )

**2) сублимация – перевод твёрдого вещества в газообразное состояние минуя жидкое.**



# 1. РАЗДЕЛЕНИЕ ГЕТЕРОГЕННЫХ СМЕСЕЙ

## 2. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ. ПЕРЕГОНКА

### ПЕРЕГОНКА ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ

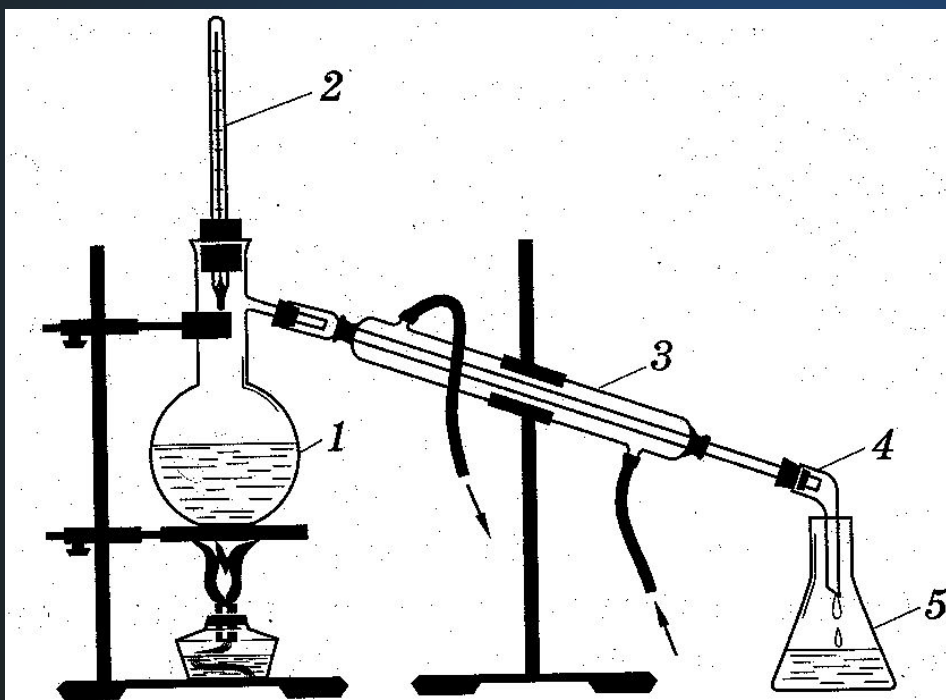
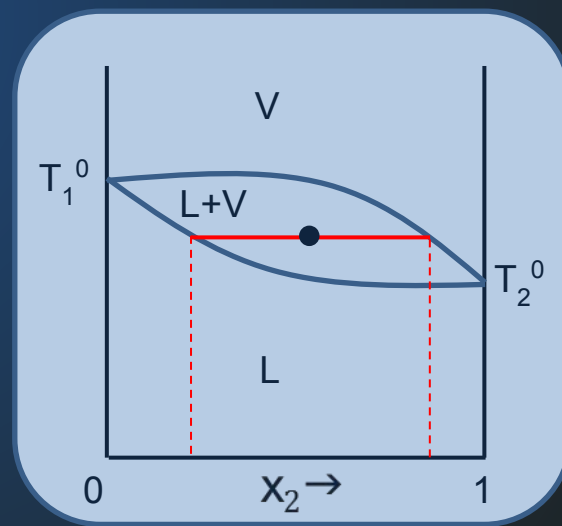


Рис. 2.2. Прибор для прямой перегонки жидкостей

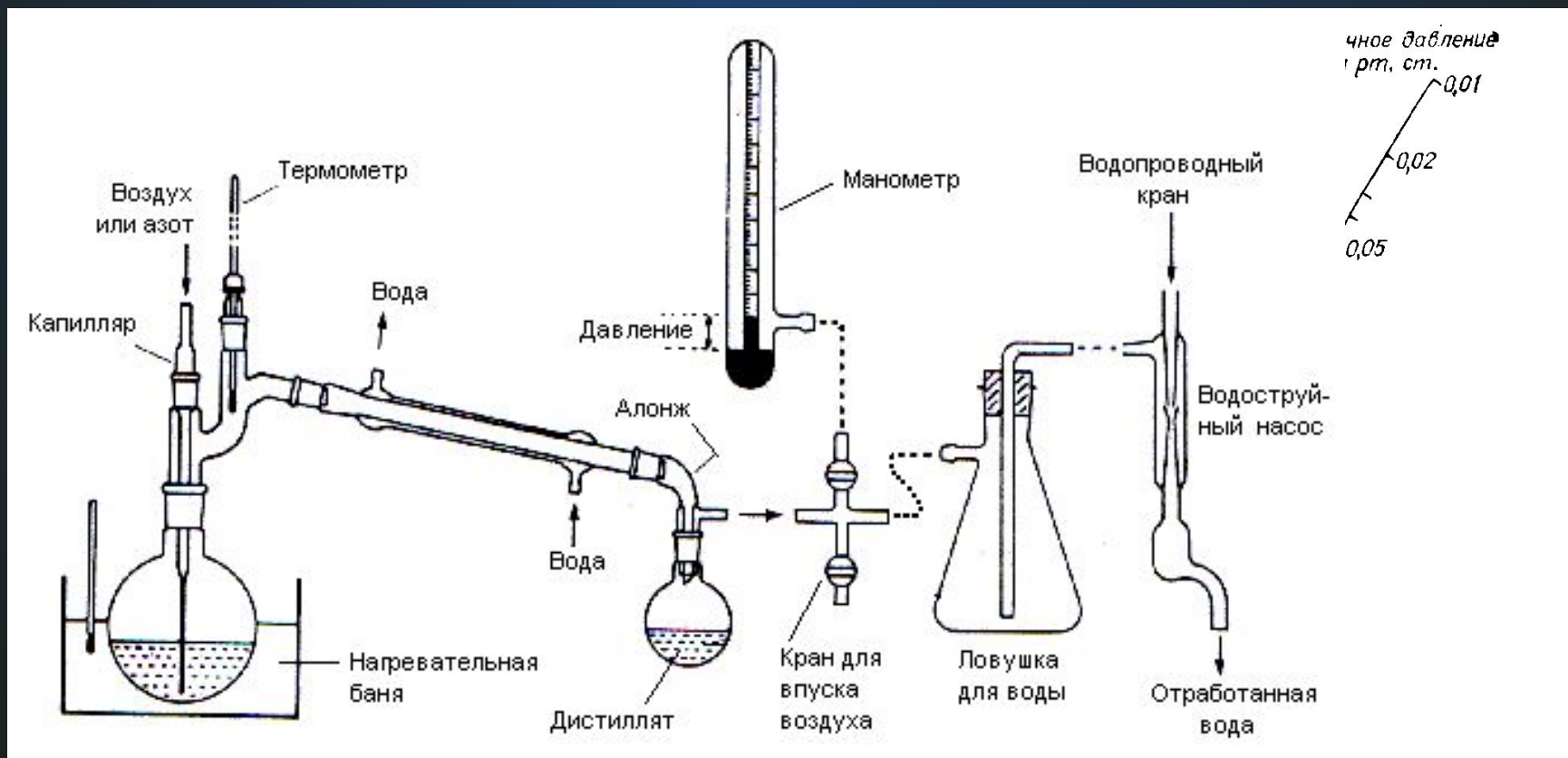




# 1. РАЗДЕЛЕНИЕ ГЕТЕРОГЕННЫХ СМЕСЕЙ

## 2. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ. ПЕРЕГОНКА

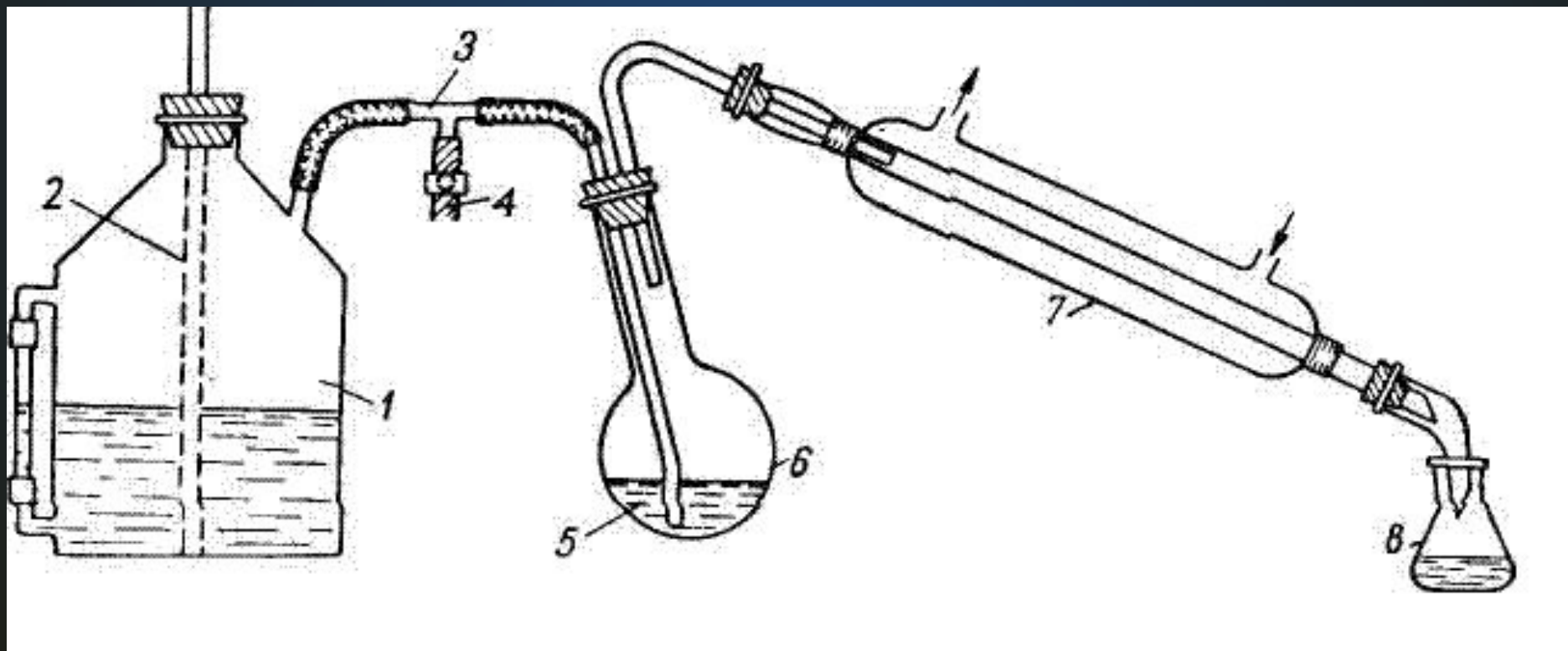
### ПЕРЕГОНКА ПРИ ПОНИЖЕННОМ ДАВЛЕНИИ



# 1. РАЗДЕЛЕНИЕ ГЕТЕРОГЕННЫХ СМЕСЕЙ

## 2. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ. ПЕРЕГОНКА

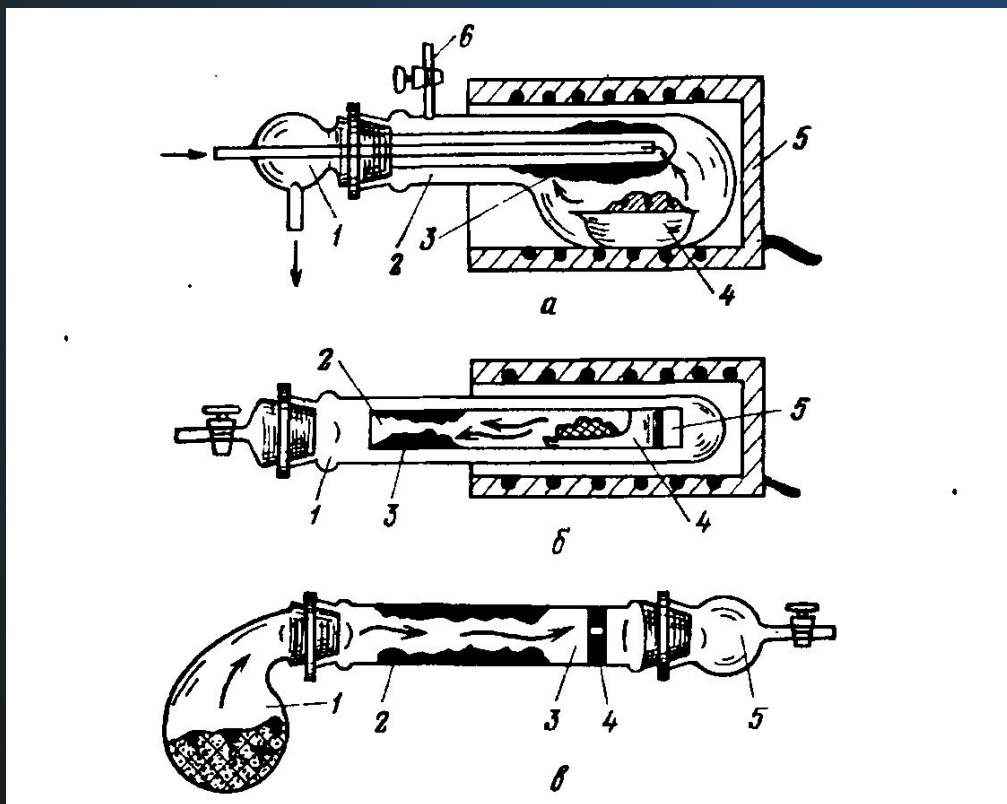
### ПЕРЕГОНКА С ВОДЯНЫМ ПАРОМ



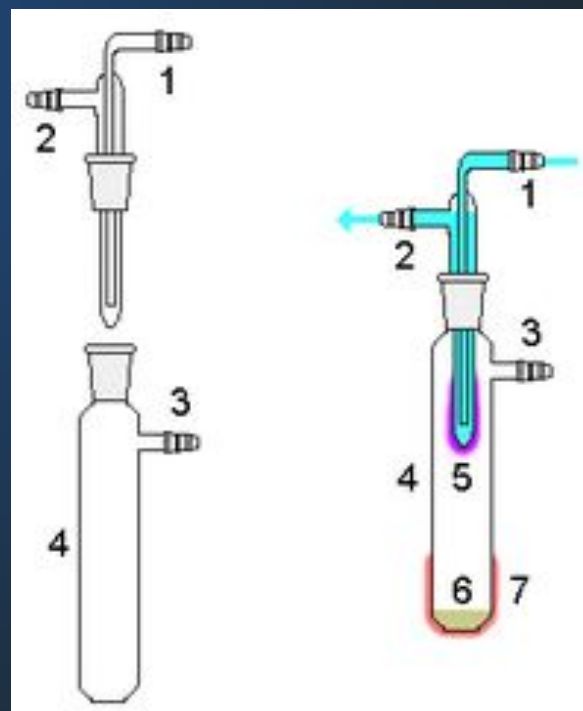
# 1. РАЗДЕЛЕНИЕ ГЕТЕРОГЕННЫХ СМЕСЕЙ

## 2. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ. ПЕРЕГОНКА

### СУБЛИМАЦИЯ (ВОЗГОНКА)



в вакууме



# II. РАЗДЕЛЕНИЕ ГОМОГЕННЫХ СМЕСЕЙ

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ  
МЕТОДЫ

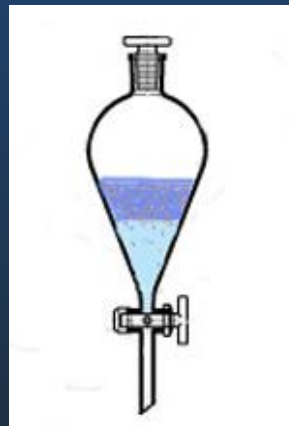
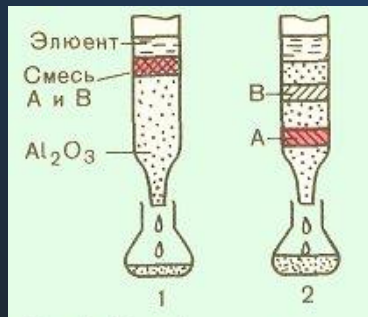
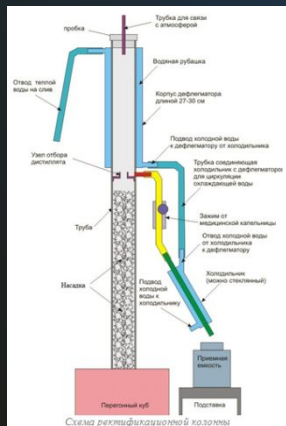
ХИМИЧЕСКИЕ  
МЕТОДЫ

ректификация

хроматография

экстракция

ионный обмен

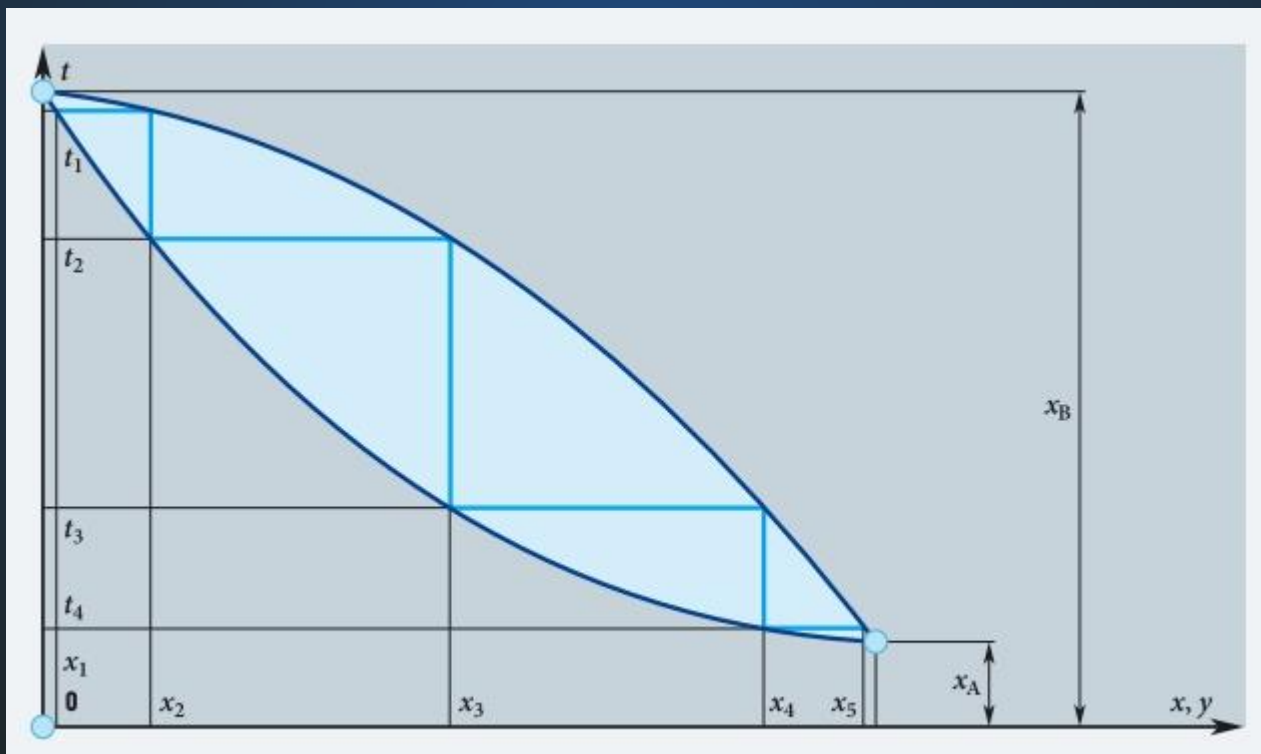




# I. РАЗДЕЛЕНИЕ ГОМОГЕННЫХ СМЕСЕЙ

## 1. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ. РЕКТИФИКАЦИЯ

РЕКТИФИКАЦИЯ (от позднелат. *rectificatio* - выпрямление, исправление) – разделение жидких смесей на практически чистые компоненты, отличающиеся температурами кипения, путем многократных испарения жидкости и конденсации паров.



# I. РАЗДЕЛЕНИЕ ГОМОГЕННЫХ СМЕСЕЙ

## 1. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ. РЕКТИФИКАЦИЯ



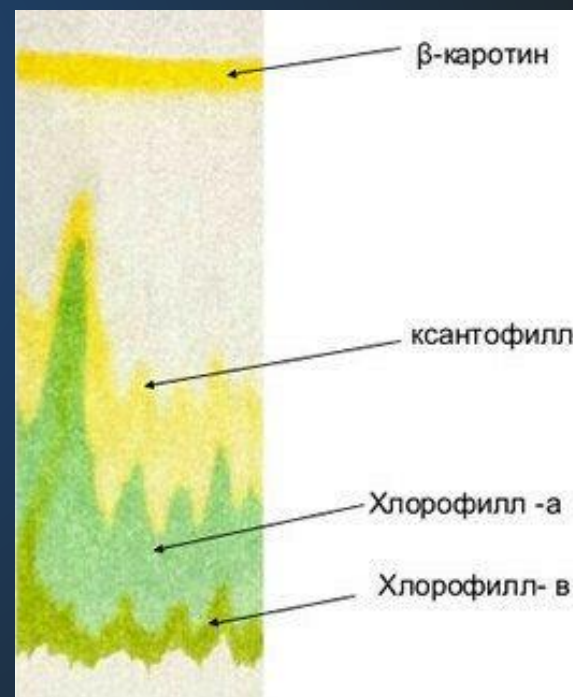
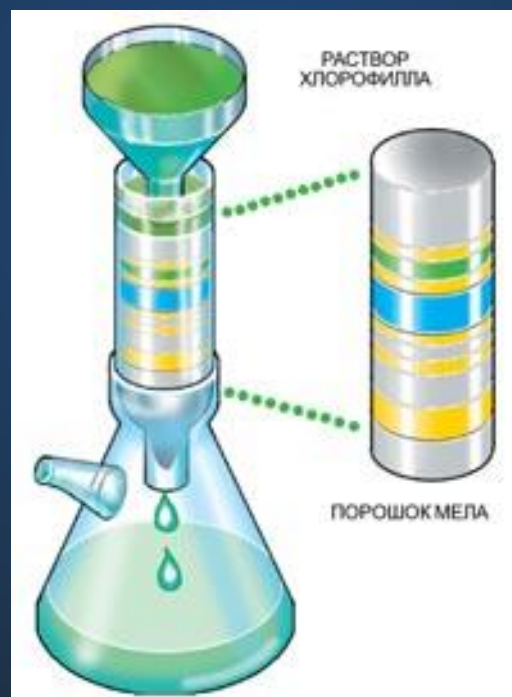
# II. РАЗДЕЛЕНИЕ ГОМОГЕННЫХ СМЕСЕЙ

## 1. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ. ХРОМАТОГРАФИЯ

**ХРОМАТОГРАФИЯ** (от др.-греч. χρῶμα - цвет) – процесс, основанный на многократном повторении актов сорбции и десорбции вещества при перемещении его в потоке подвижной фазы вдоль неподвижного сорбента



Михаил Семёнович  
Цвет

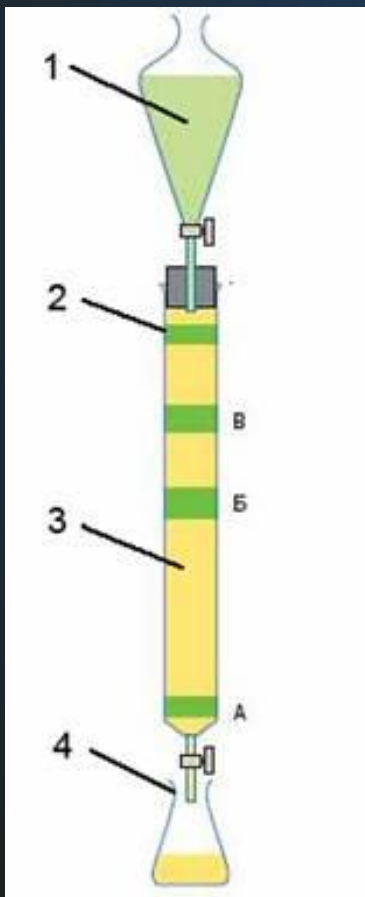




# II. РАЗДЕЛЕНИЕ ГОМОГЕННЫХ СМЕСЕЙ

## 1. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ. ХРОМАТОГРАФИЯ

### 1) Колоночная хроматография: сорбент – в колонке (трубке)



1 – элюент; 2 - хроматографическая колонка; 3 – сорбент; 4 – приемники фракции

#### Требования к элюенту:

а) Выделяемые вещества не должны взаимодействовать с элюентом или разрушаться при его присутствии.

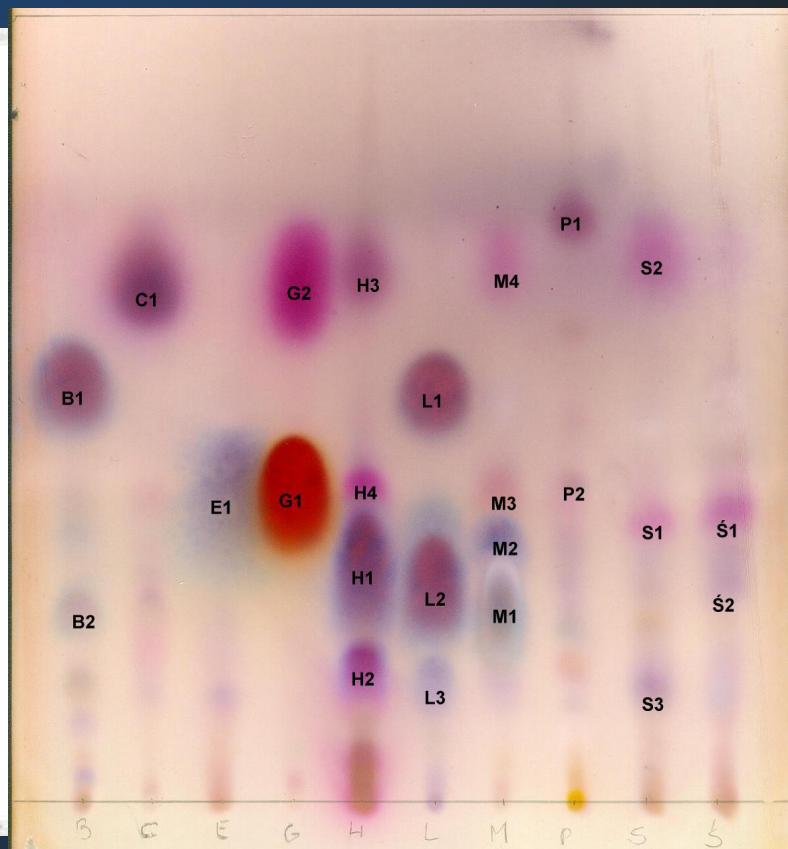
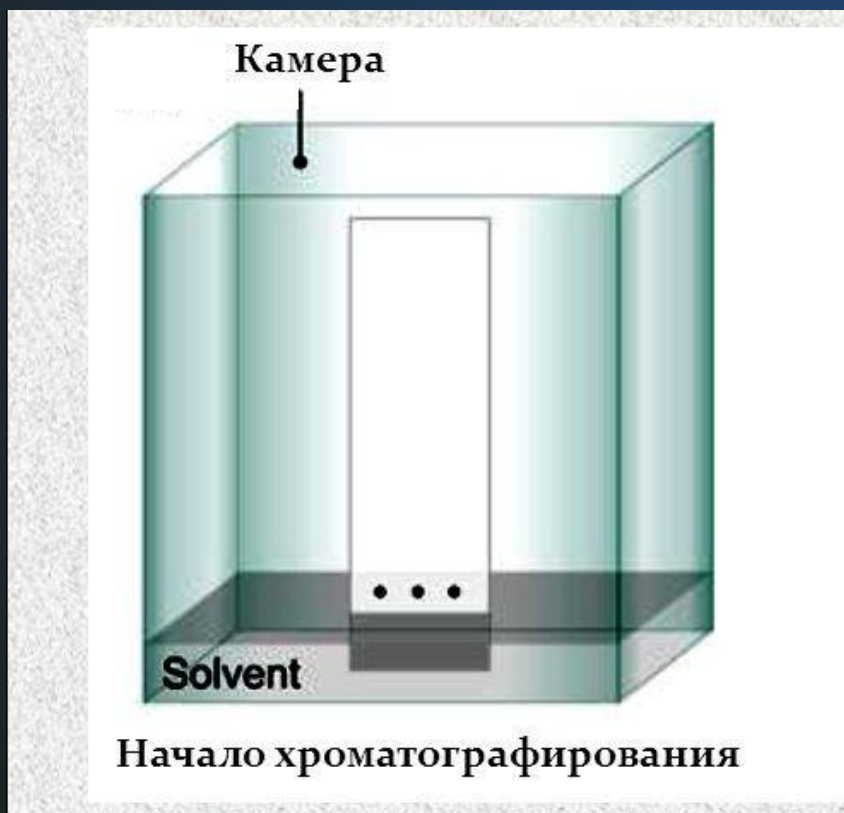
б) элюент может быть или индивидуальным растворителем или смесью нескольких растворителей. Растворители должны легко удаляться после выделения веществ  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{Pb}_2\text{O}_3$ , силикагель и др.



# II. РАЗДЕЛЕНИЕ ГОМОГЕННЫХ СМЕСЕЙ

## 1. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ. ХРОМАТОГРАФИЯ

2) Тонкослойная хроматография: сорбент – в тонком слое на носителе



# II. РАЗДЕЛЕНИЕ ГОМОГЕННЫХ СМЕСЕЙ

## 1. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ. ХРОМАТОГРАФИЯ

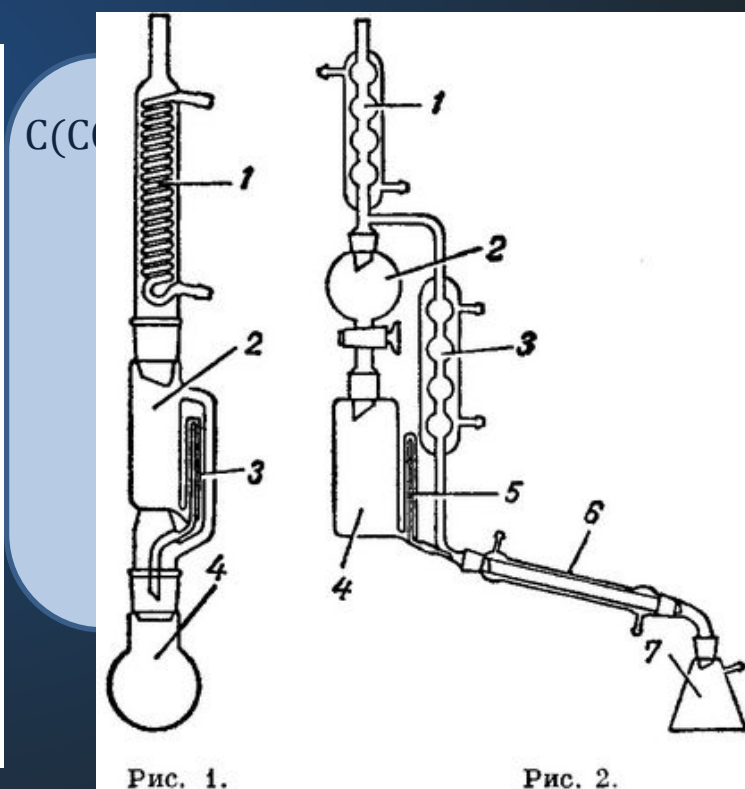
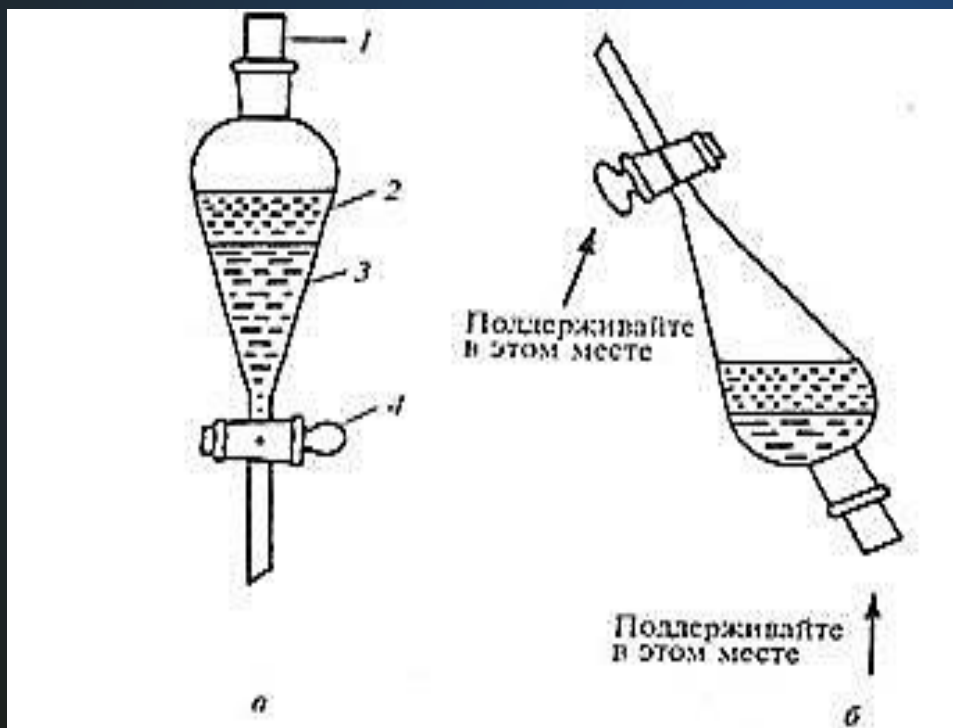
3) Газо-адсорбционная и газо-жидкостная хроматография – распределение между движущейся газовой и неподвижной твёрдой или жидкой фазами.



# II. РАЗДЕЛЕНИЕ ГОМОГЕННЫХ СМЕСЕЙ

## 1. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ. ЭКСТРАКЦИЯ

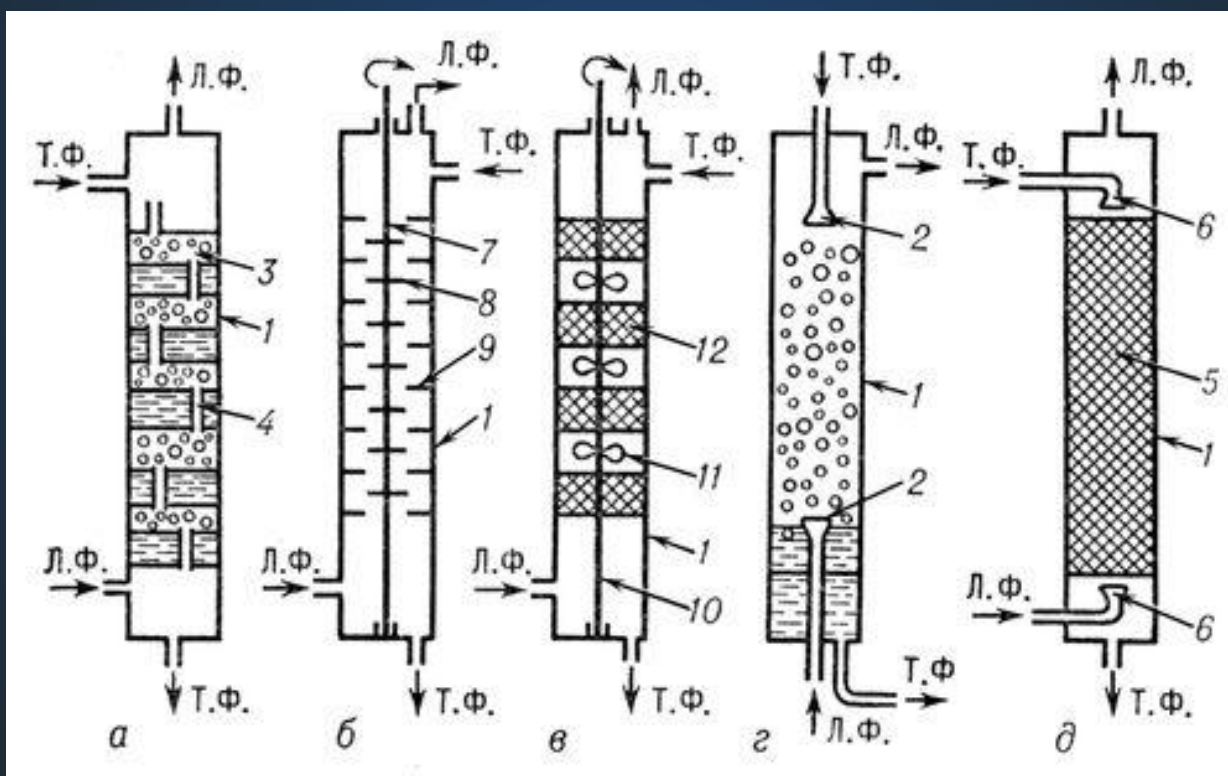
**ЭКСТРАКЦИЯ** (от лат. *extraho* — *извлекаю*) – метод извлечения вещества из раствора или сухой смеси, основанный на его перераспределении между двумя несмешивающимися фазами.



# II. РАЗДЕЛЕНИЕ ГОМОГЕННЫХ СМЕСЕЙ

## 1. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ. ЭКСТРАКЦИЯ

### Непрерывная (проточная) экстракция



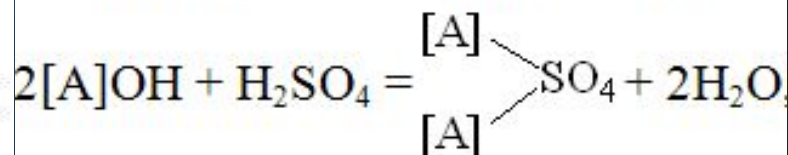
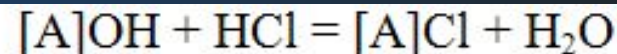
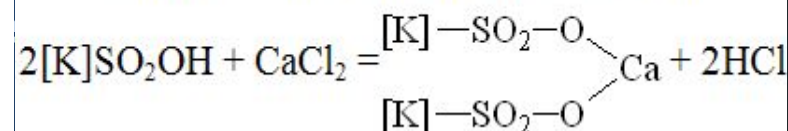
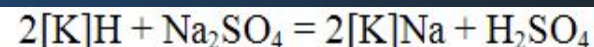
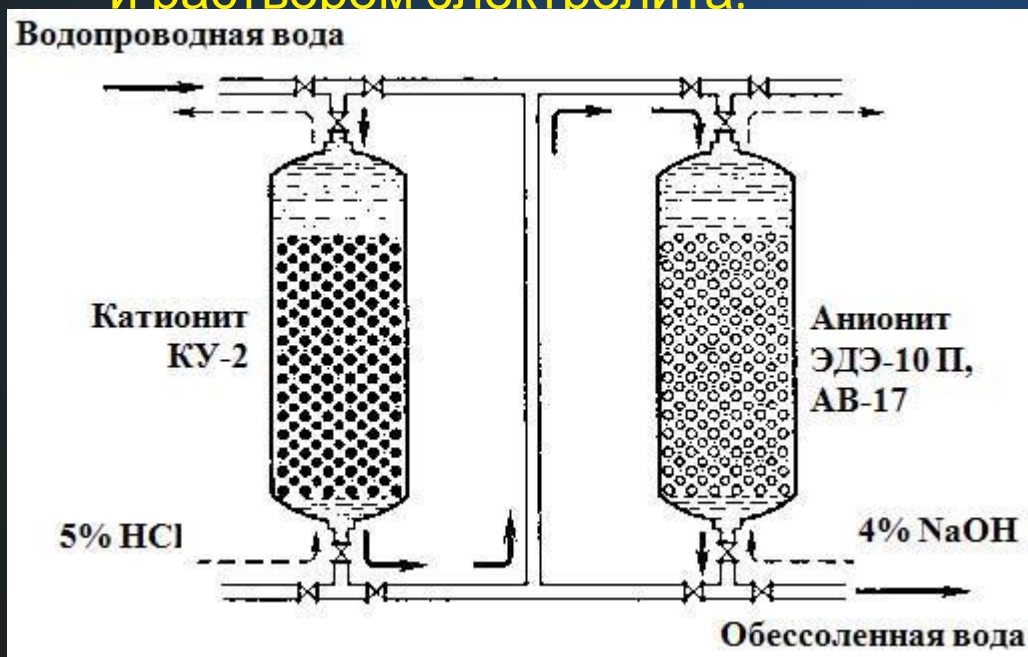
а — колонна с ситчатыми тарелками; б — роторно-дисковый экстрактор; в — колонна с чередующимися смесительными и отстойными насадочными секциями; г — распылительная колонна; д — насадочная колонна;



# II. РАЗДЕЛЕНИЕ ГОМОГЕННЫХ СМЕСЕЙ

## 2. ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ. ИОННЫЙ ОБМЕН

**ИОННЫЙ ОБМЕН** - обратимая химическая реакция, при которой происходит обмен ионами между твердым веществом (ионитом) и раствором электролита.



# II. РАЗДЕЛЕНИЕ ГОМОГЕННЫХ СМЕСЕЙ

## 2. ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ. ИОННЫЙ ОБМЕН

**Ионообменные смолы** — синтетические органические иониты — высокомолекулярные синтетические соединения с трехмерной гелевой и макропористой структурой, которые содержат функциональные группы кислотной или основной природы, способные к реакциям ионного обмена.



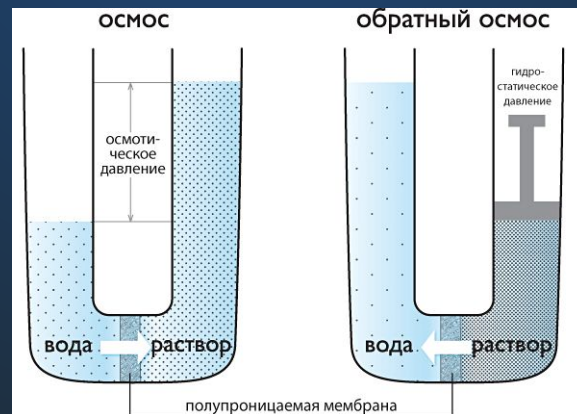
# III. МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВЕЩЕСТВ (от растворимых примесей)

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

перекристаллизация



обратный осмос



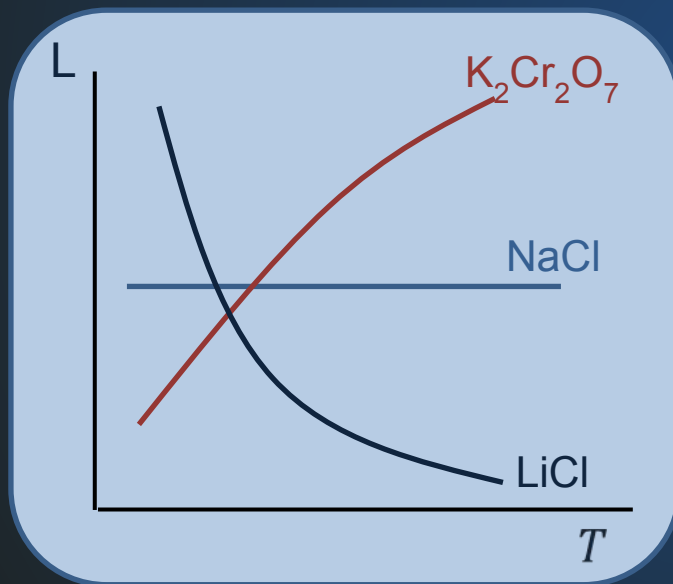
зонная плавка



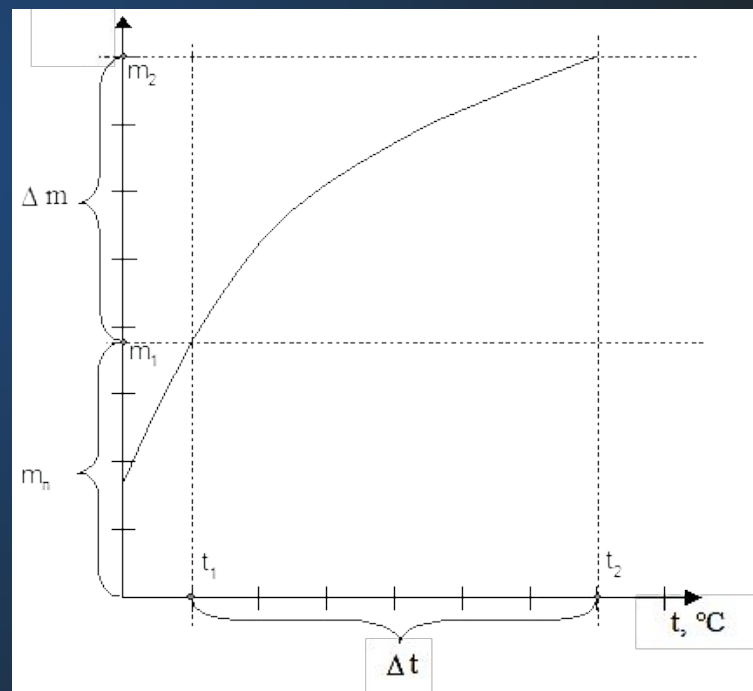
# II. МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВЕЩЕСТВ

## 1. ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИЯ

ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИЯ - метод очистки вещества, основанный на различии растворимости вещества в растворителе при различных температурах



$$\Delta_{dis}H^{\circ} = \Delta H_{кр}^{\circ} + \Delta_s H^{\circ}$$



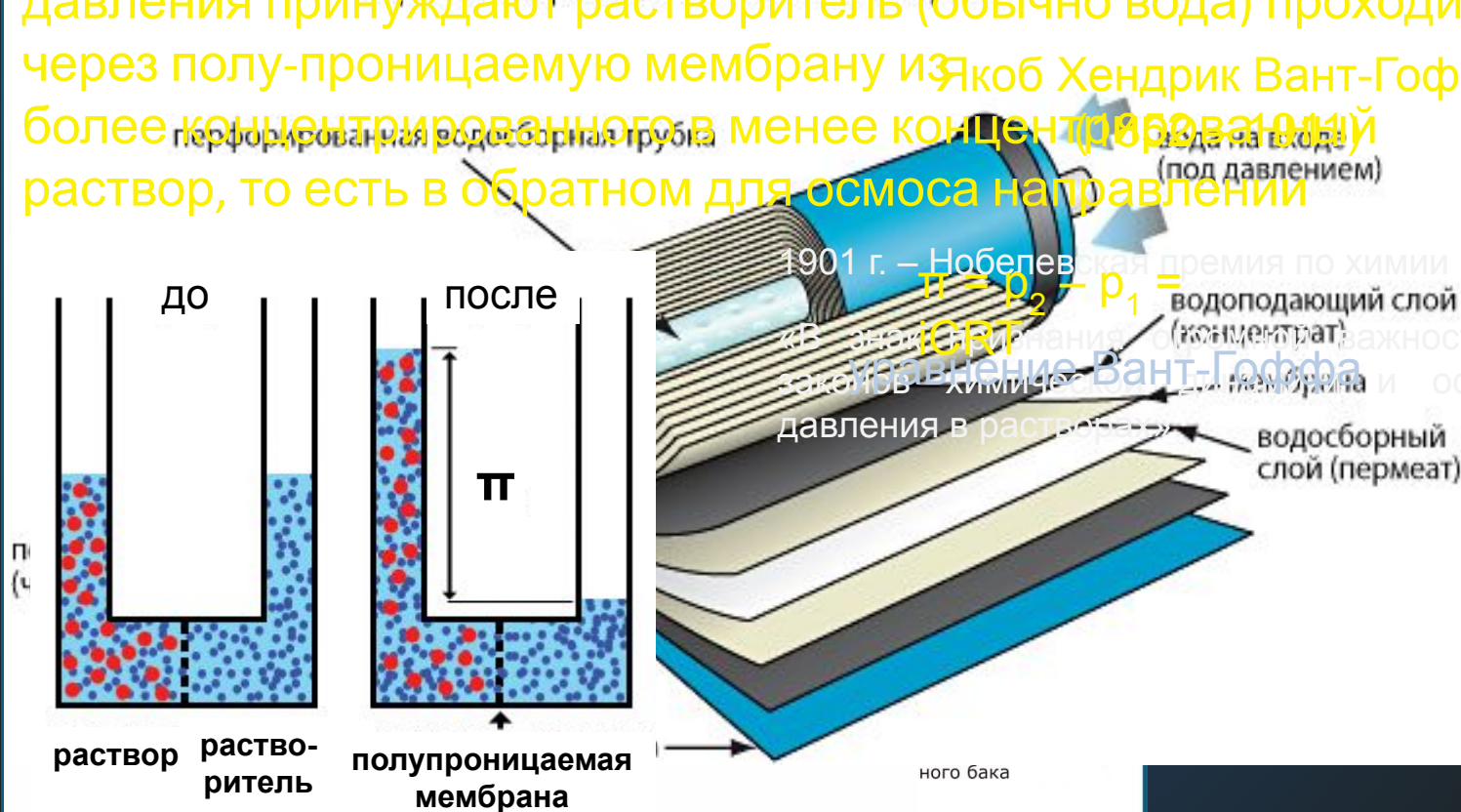


# II. МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВЕЩЕСТВ

## 2. ОБРАТНЫЙ ОСМОС

**ОБРАТНЫЙ ОСМОС** — процесс, в котором с помощью давления принуждают растворитель (обычно вода) проходить через полу-проницаемую мембрану из более концентрированного в менее концентрированный раствор, то есть в обратном для осмоса направлении

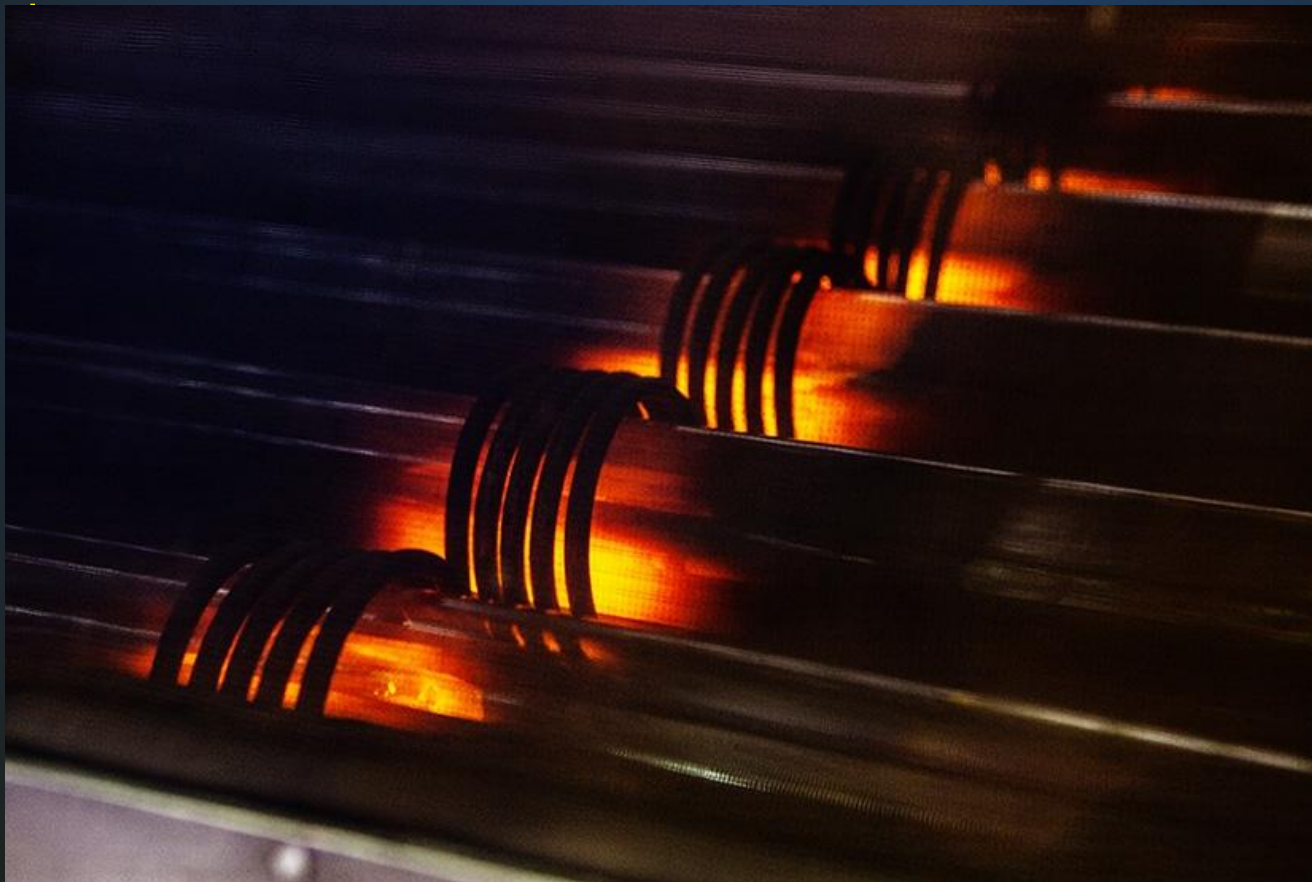
Строение обратноосмотической мембраны



## II. МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВЕЩЕСТВ

### 3. ЗОННАЯ ПЛАВКА

**ЗОННАЯ ПЛАВКА** - метод очистки твёрдых веществ, основанный на различной растворимости примесей в твердой и жидкой





# II. МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВЕЩЕСТВ

## 4. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ РАФИНИРОВАНИЕ

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ РАФИНИРОВАНИЕ (от фр. *Raffiner* – очищать) – очистка металлов от посторонних примесей путём э

