

Лекция № 3

Вода

Водородный показатель

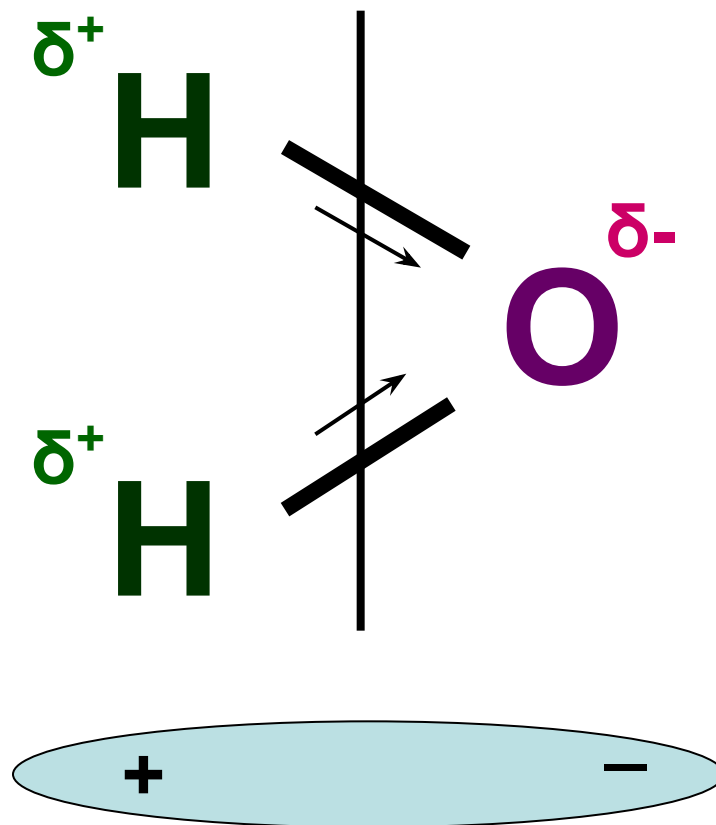
Общая характеристика воды

- Вода является самым распространенным веществом на Земле;
- Жизнь зародилась в воде, и вода входит в состав всех живых организмов;
- В организме взрослого человека содержание воды составляет 60-65 % или примерно $\frac{2}{3}$;

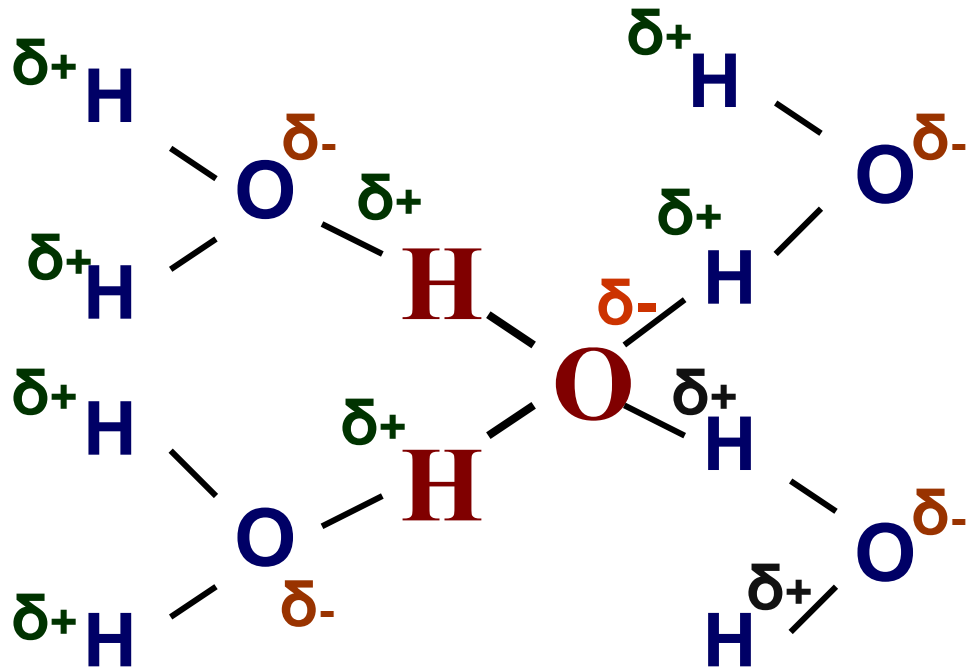
Биологические функции воды

- ❖ Вода является универсальным растворителем, в ней растворены почти все химические соединения, входящие в состав живого организма;
- ❖ Вода выполняет транспортную функцию: легко перемещаясь по пространствам организма, вода переносит растворенные в ней вещества;
- ❖ Вода участвует в терморегуляции и способствует поддержанию у теплокровных организмов постоянной температуры;
- ❖ Вода участвует в обмене веществ.

Строение молекулы воды



Водородные связи в воде



Характеристика водородных связей

- Водородные связи очень непрочные: они в 10-12 раз слабее ковалентных связей;
- Время существования водородных связей всего $1 \cdot 10^{-10}$ - $1 \cdot 10^{-11}$ с;
- Водородные связи обладают кооперативным эффектом (*кооперативностью*): при увеличении количества водородных связей их суммарная прочность резко возрастает;

- **Количество водородных связей в воде зависит от температуры;**
- **При 0°C каждая молекула воды образует водородные связи с четырьмя соседними;**
- **При повышении температуры количество водородных связей уменьшается, и при температуре 100°C водородные связи не образуются.**

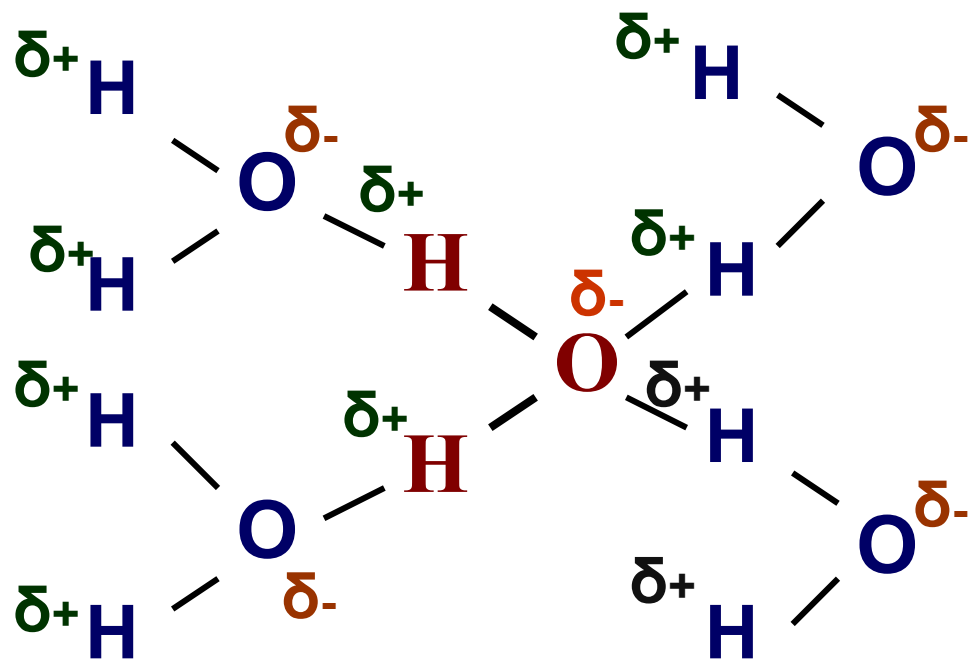
- **Благодаря огромному количеству водородных связей у воды имеется ряд уникальных свойств, отсутствующих у других жидкостей:**

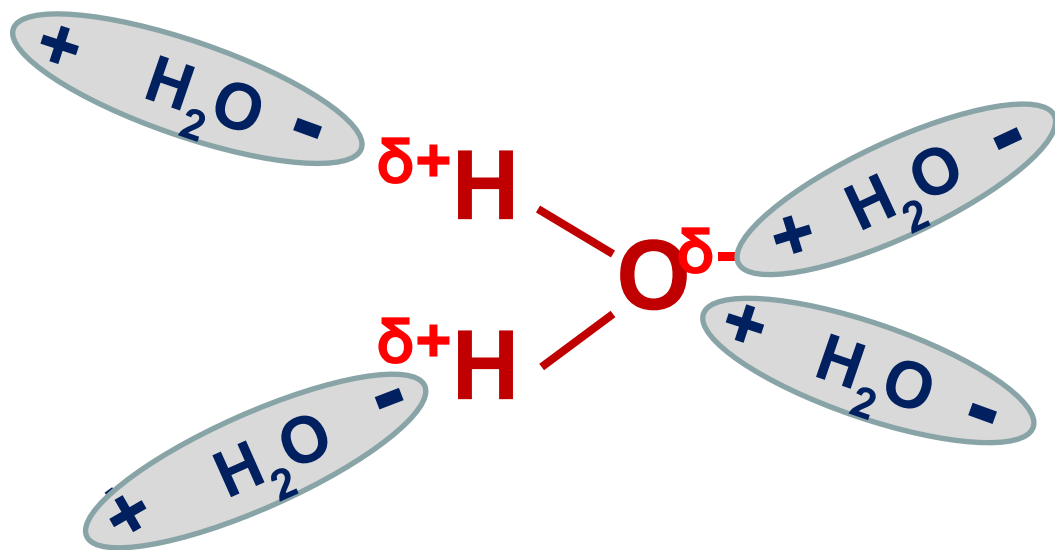
- ❖ **Высокая теплоемкость;**
- ❖ **Высокая теплопроводность;**
- ❖ **Высокая температура кипения;**
- ❖ **Большая теплота испарения**

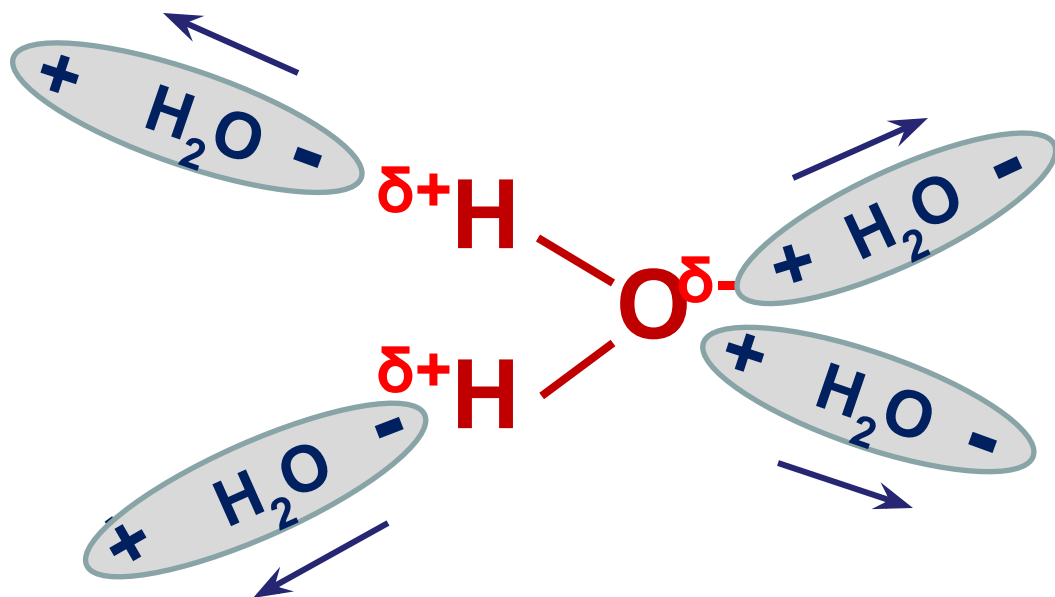
Электролитическая диссоциация воды

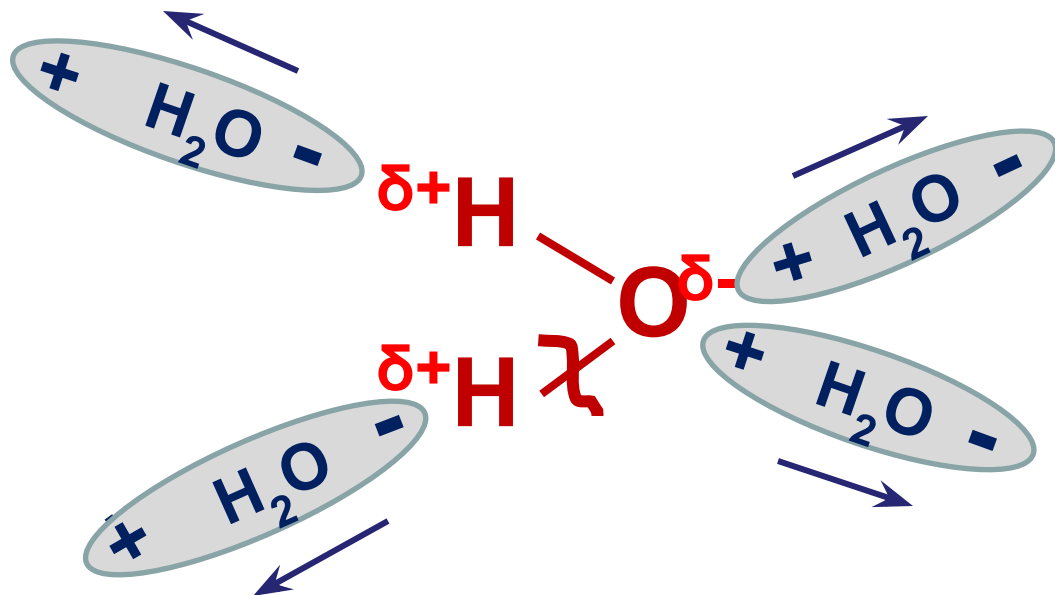
- Вода является слабым электролитом и подвергается расщеплению под действием соседних молекул с образованием иона водорода и иона гидроксила:

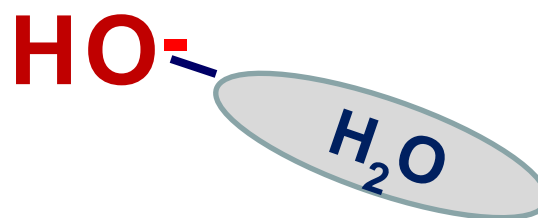














H^+

HO^-



- Однако присутствие ионов водорода и гидроксидов даже в очень низких концентрациях существенно влияет на свойства воды и водных растворов;
- Для оценки содержания ионов водорода и гидроксидов в воде и водных растворах используют соответственно водородный и гидроксильный показатели.

- Водородный показатель – это отрицательный десятичный логарифм концентрации ионов водорода:

$$\text{Водородный показатель} = -\lg [H^+]$$

$$-\lg = p \quad \text{Водородный показатель} = pH$$

- В дисциллированной воде концентрация ионов водорода равна $1 \cdot 10^{-7}$ моль/л;

$$pH = -\lg 1 \cdot 10^{-7} = 7$$

- Гидроксильный показатель – это отрицательный десятичный логарифм концентрации ионов гидроксила:

$$pOH = - \lg [OH^-]$$

- В дисциллированной воде концентрация ионов гидроксила равна $1 \cdot 10^{-7}$ моль/л

$$pOH = - \lg 1 \cdot 10^{-7} = 7$$

- В нейтральной среде

$$pH = pOH = 7$$

В воде и во всех водных растворах
 $\text{pH} + \text{pOH} = 14$

Ионное произведение воды:

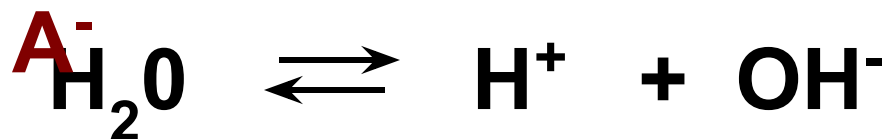
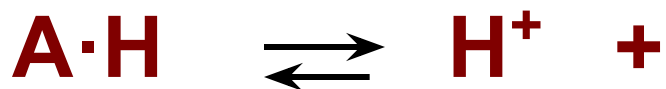
$$[\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 1 \cdot 10^{-7} \cdot 1 \cdot 10^{-7} = 1 \cdot 10^{-14}$$

Кислая среда

- Кислота – любое вещество, способное отщеплять ионы водорода:



- В кислой среде протекает диссоциация как молекул кислоты, так и молекул воды



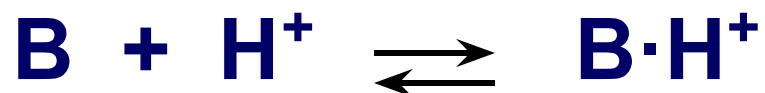
В кислой среде:

$$[\text{H}^+]_{\text{кисл}} > [\text{H}^+]_{\text{нейтр}} > 1 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л}$$

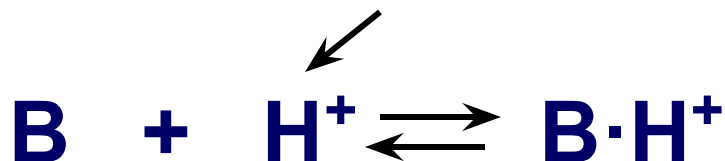
$$\text{pH}_{\text{кисл}} < \text{pH}_{\text{нейтр}} < 7$$

Щелочная среда

Основание – любое вещество, способное присоединять ионы водорода:



В щелочной среде протекает диссоциация молекул воды и захват молекулами основания ионов водорода:



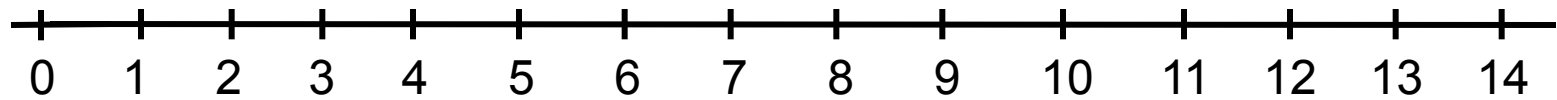
В щелочной среде:

$$[\text{H}^+]_{\text{щел}} < [\text{H}^+]_{\text{нейтр}} < 1 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л}$$

$$\text{pH}_{\text{щел}} > \text{pH}_{\text{нейтр}} > 7$$

**Изменению pH на одну единицу
соответствует повышение или
снижение кислотности в 10 раз**

Нейтральная среда



Кислая среда

Щелочная среда

Методы определения pH

- ❖ Индикаторные или колориметрические
- ❖ Электрометрические

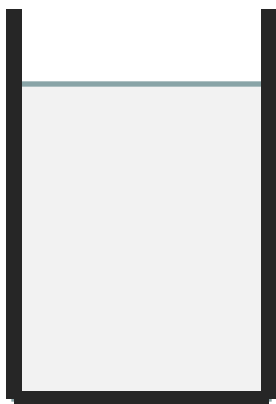
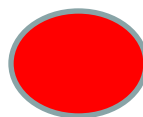
- Индикатор – слабая органическая кислота или основание, у которых диссоциированная и недиссоциированная формы имеют разную окраску:



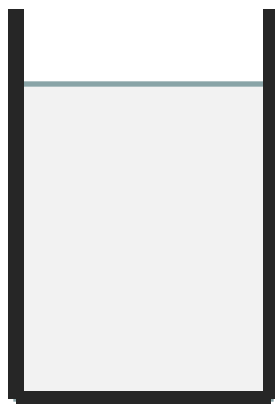
- Соотношение между диссоциированной и недиссоциированной формами индикатора зависит от кислотности.

- Поэтому каждому диапазону кислотности соответствует определенная окраска индикатора.

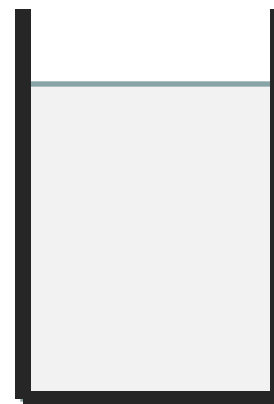
Индикатор
метиловый
красный
(метилрот)



pH 1-2

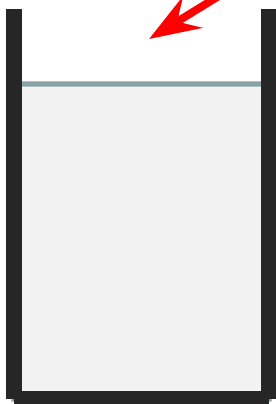
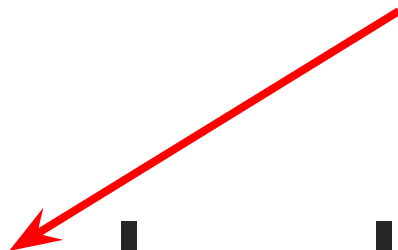
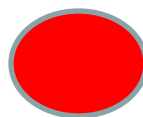


pH 5-6

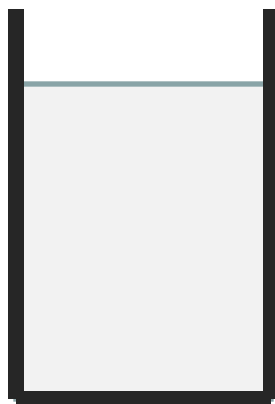


pH 11-12

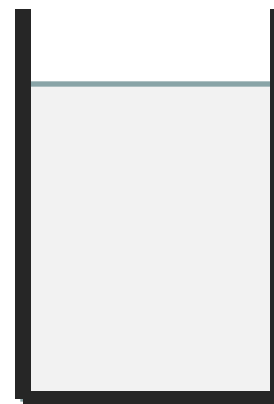
Индикатор
метиловый
красный
(метилрот)



pH 1-2

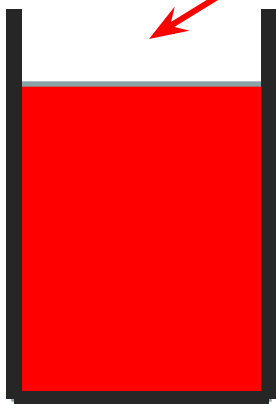
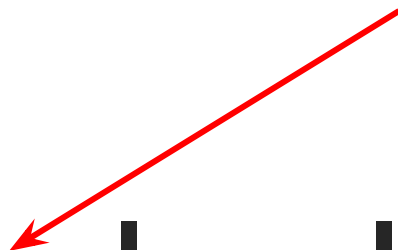
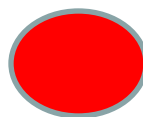


pH 5-6

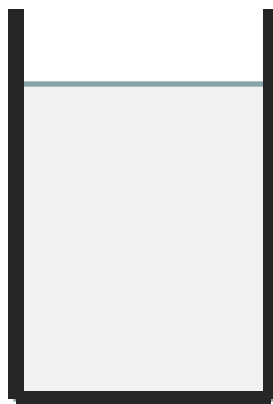


pH 11-12

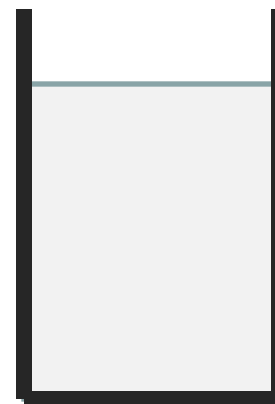
Индикатор
метиловый
красный
(метилрот)



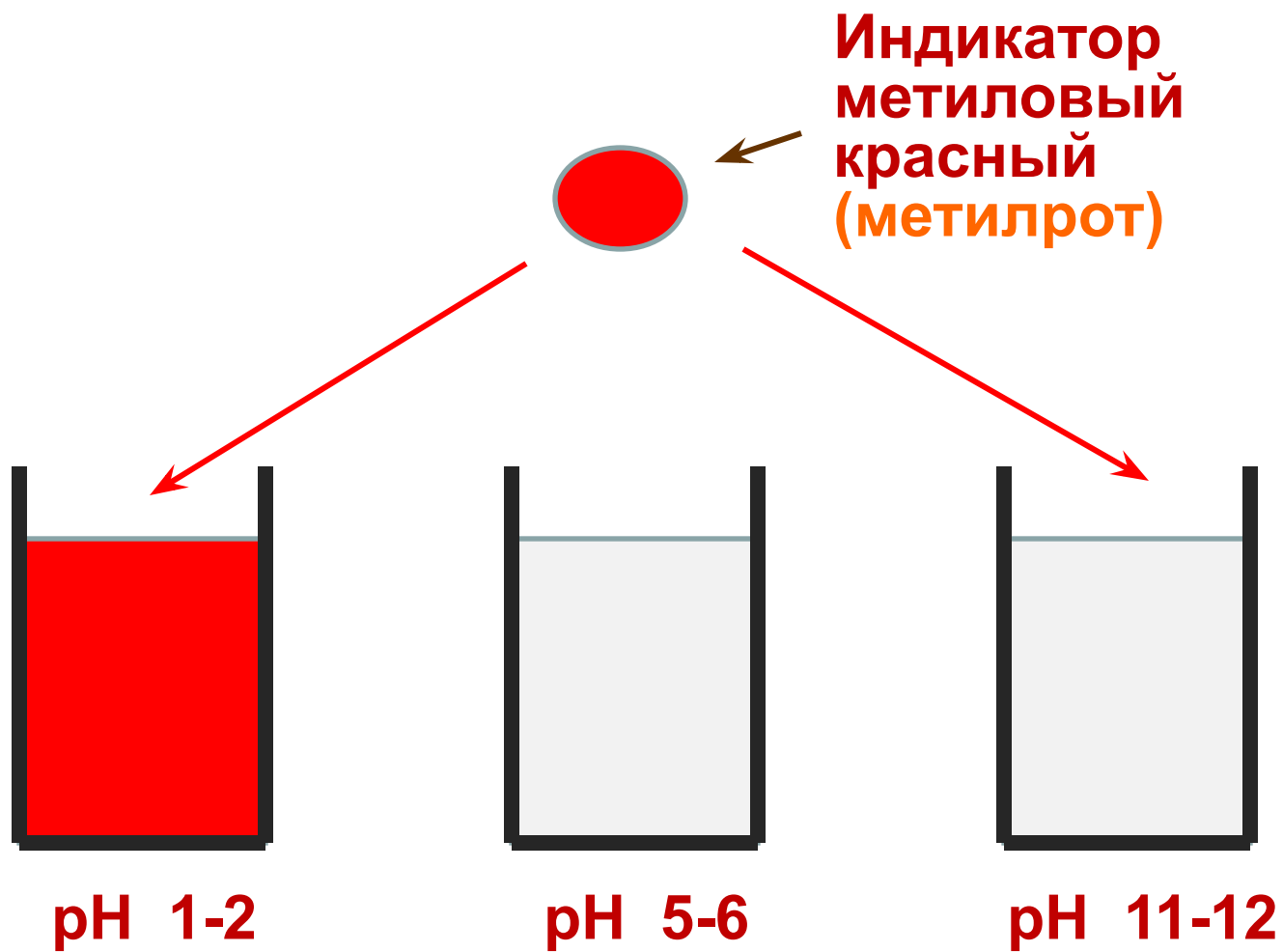
pH 1-2



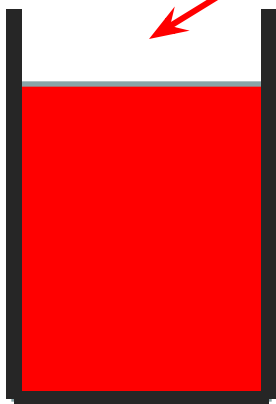
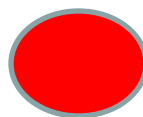
pH 5-6



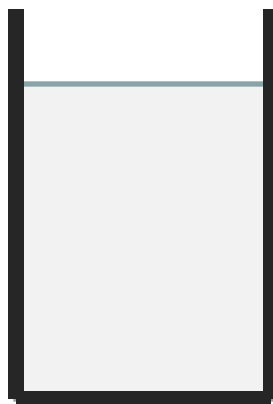
pH 11-12



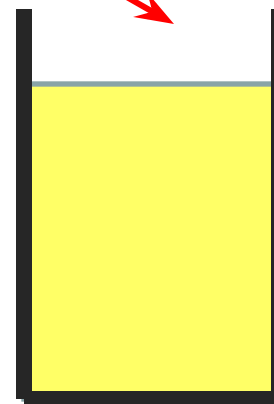
Индикатор
метиловый
красный
(метилрот)



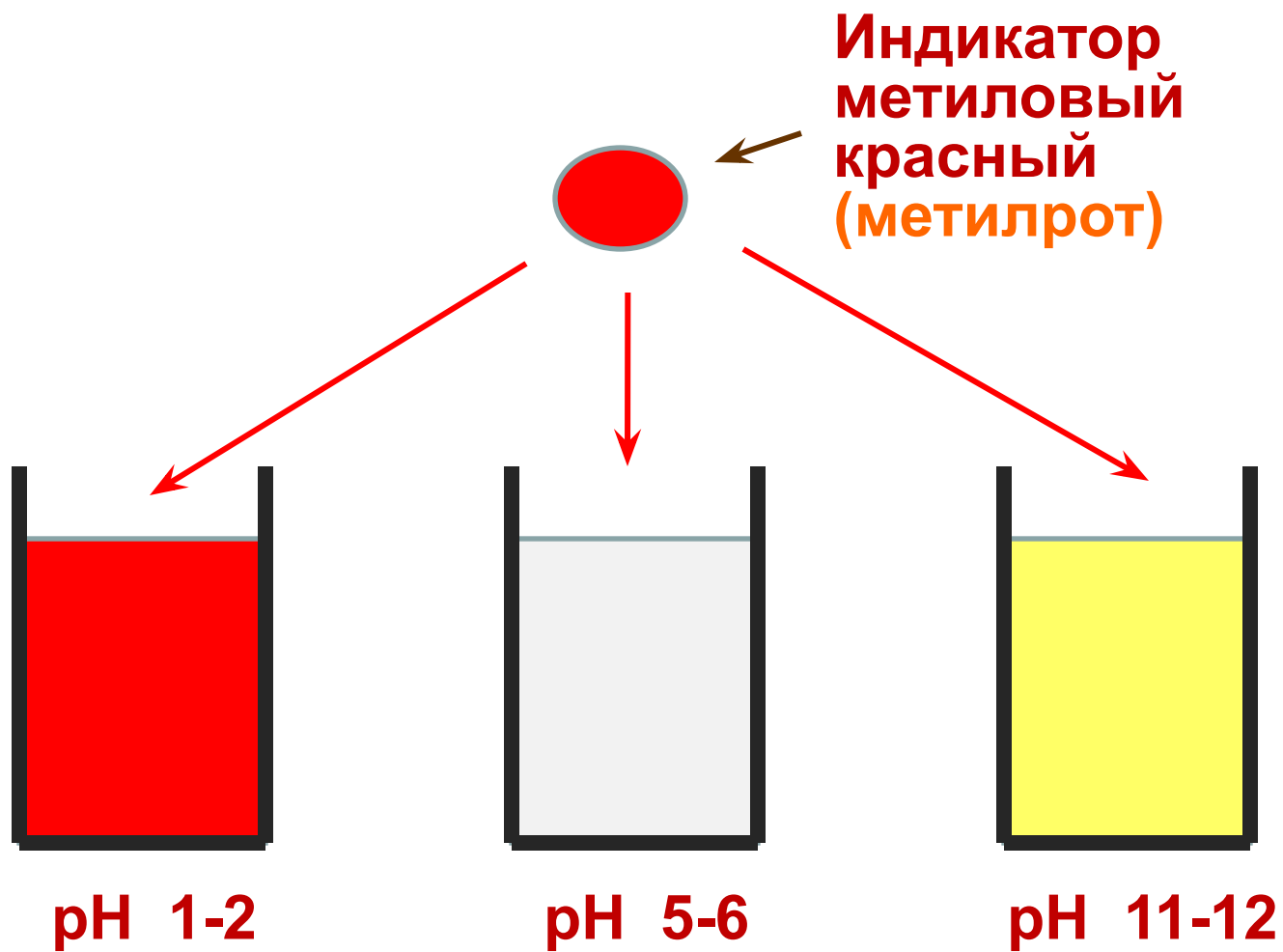
pH 1-2

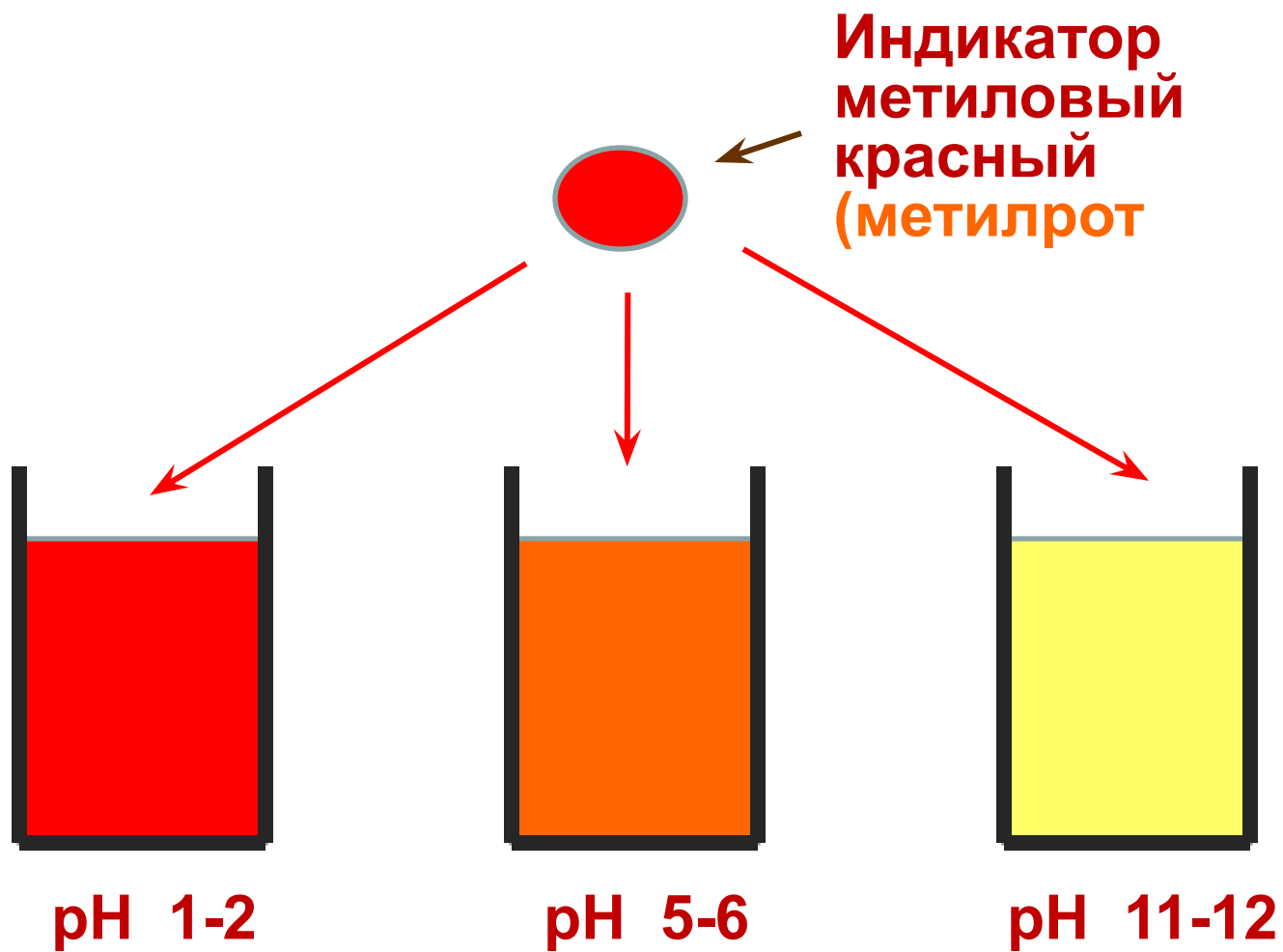


pH 5-6



pH 11-12

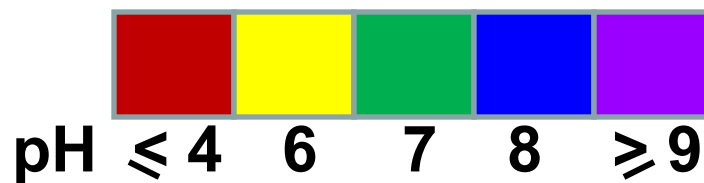
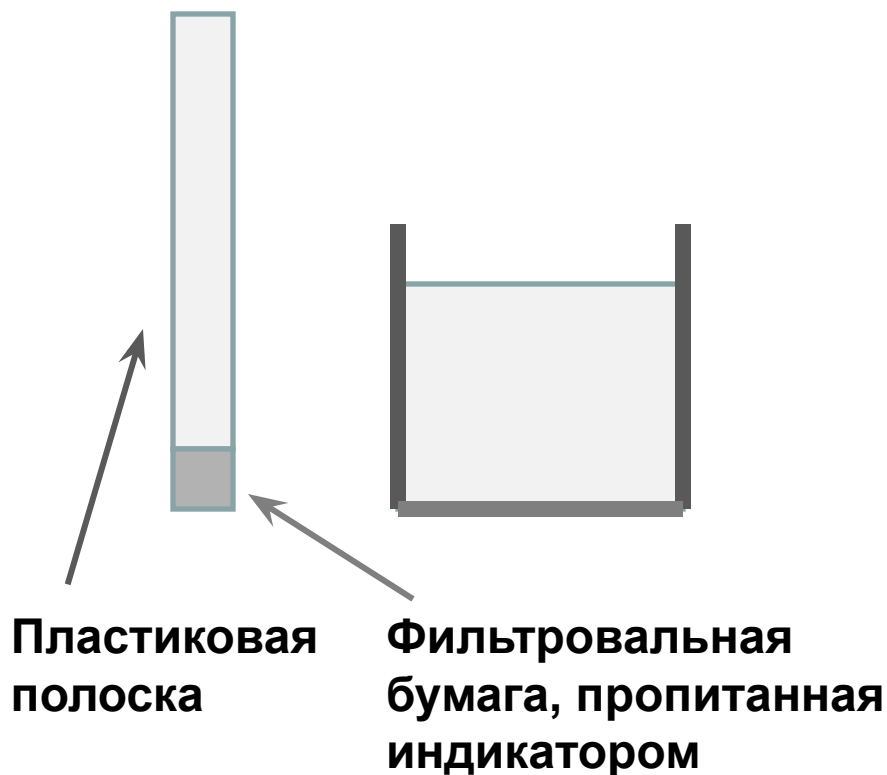




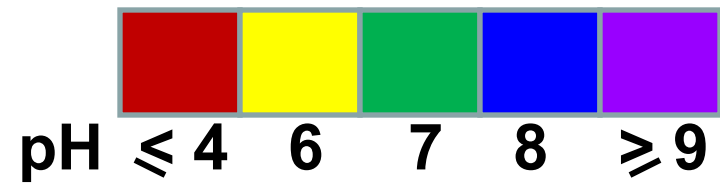
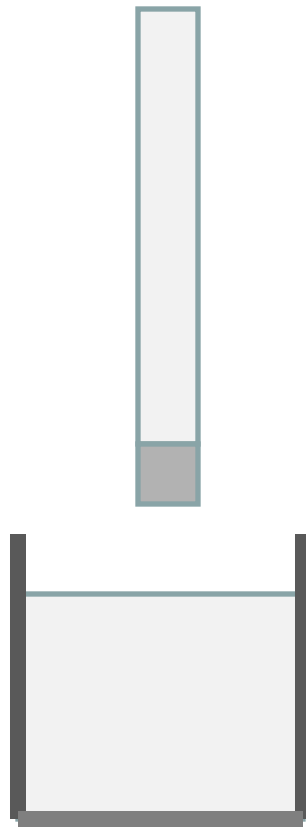
Универсальный индикатор

- Для определения кислотности часто используется универсальный индикатор, являющийся смесью нескольких индикаторов с разными зонами перехода;
- Универсальный индикатор последовательно меняет окраску от красной в кислой среде до фиолетовой в щелочной;
- Каждому значению pH соответствует определенная окраска;
- По цветной шкале находят величину pH

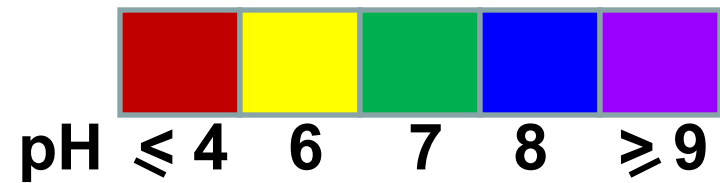
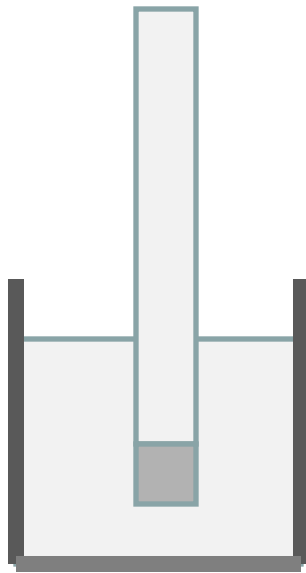
Универсальный индикатор



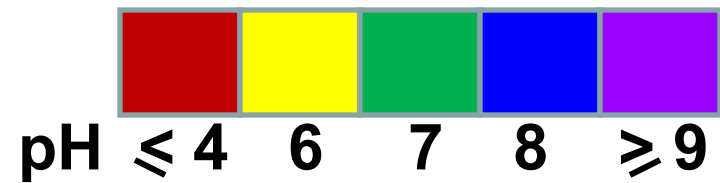
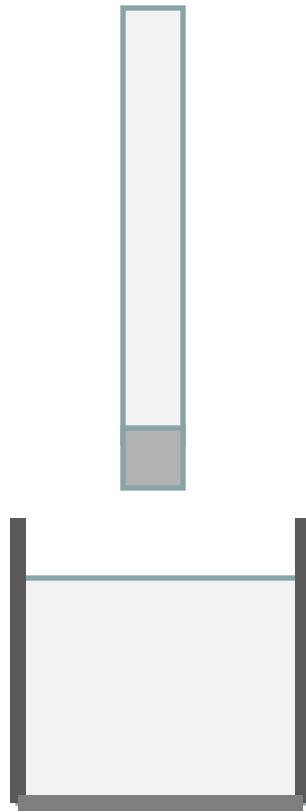
Универсальный индикатор



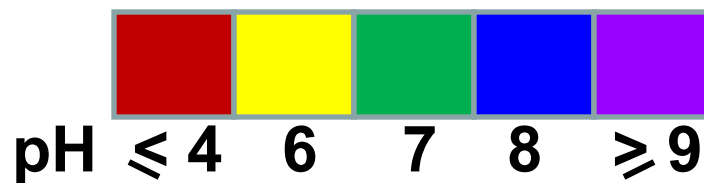
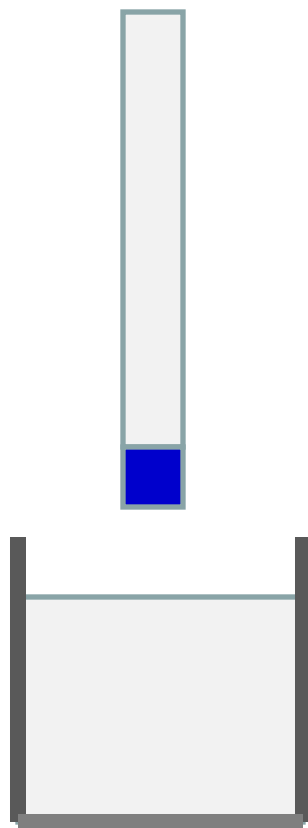
Универсальный индикатор



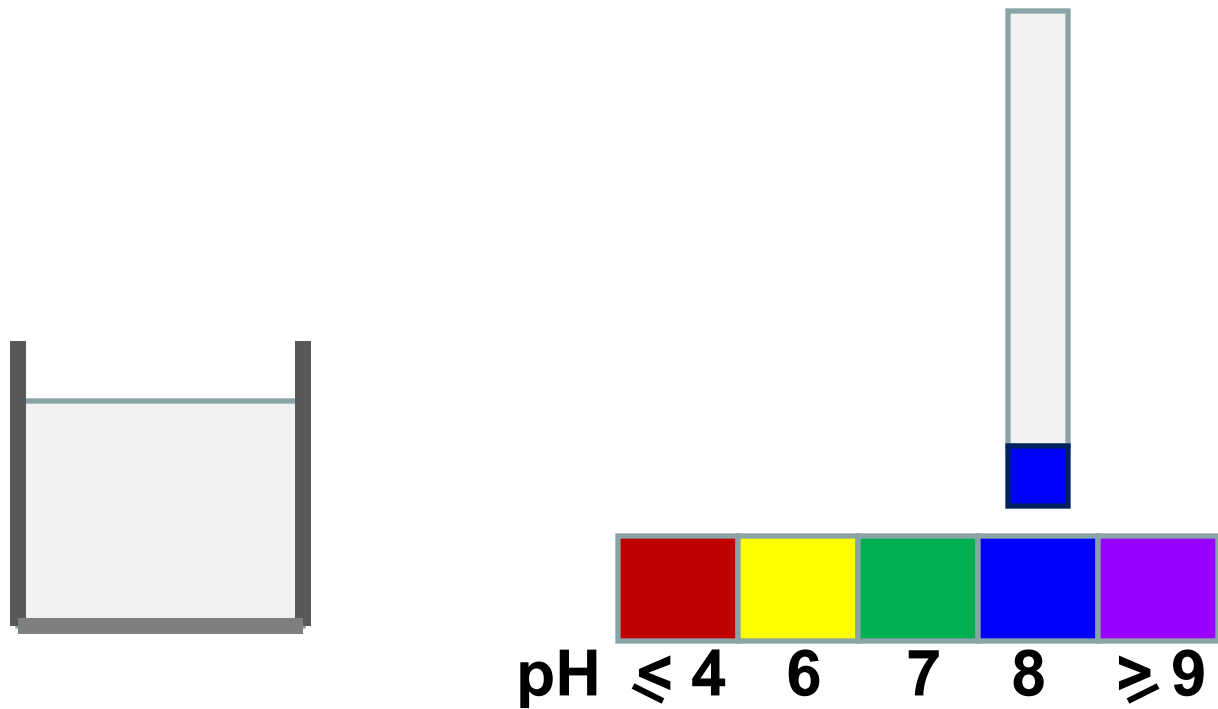
Универсальный индикатор



Универсальный индикатор



Универсальный индикатор



Электрометрические методы

- Измерение кислотности проводится с использованием специальных приборов - рН-метров;
- Главной частью рН-метра является стеклянный электрод, электрический потенциал которого зависит от величины рН.

Буферные растворы

- **Буферные растворы (буферные системы)** – растворы способные сохранять постоянное значение pH при добавлении кислоты или щелочи;
- Любой буферный раствор содержит два компонента: **кислотный** и **основный**:

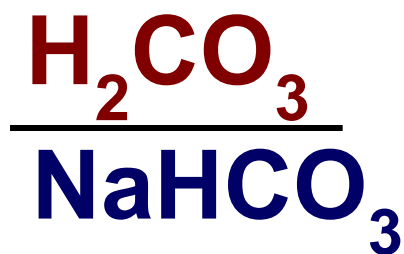
- **Кислотный компонент – слабая кислота, предназначенная для нейтрализации щелочей;**

Основной компонент – слабое основание, предназначенное для нейтрализации кислот;

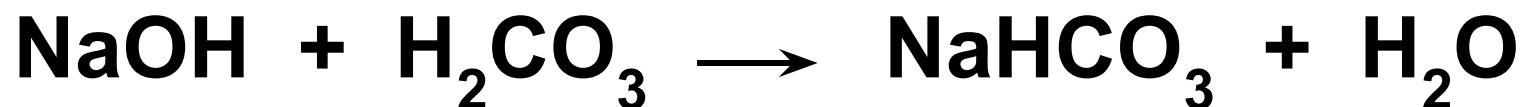
- **Часто это соль слабой кислоты и сильного основания, обладающая основными свойствами.**

Бикарбонатный буфер

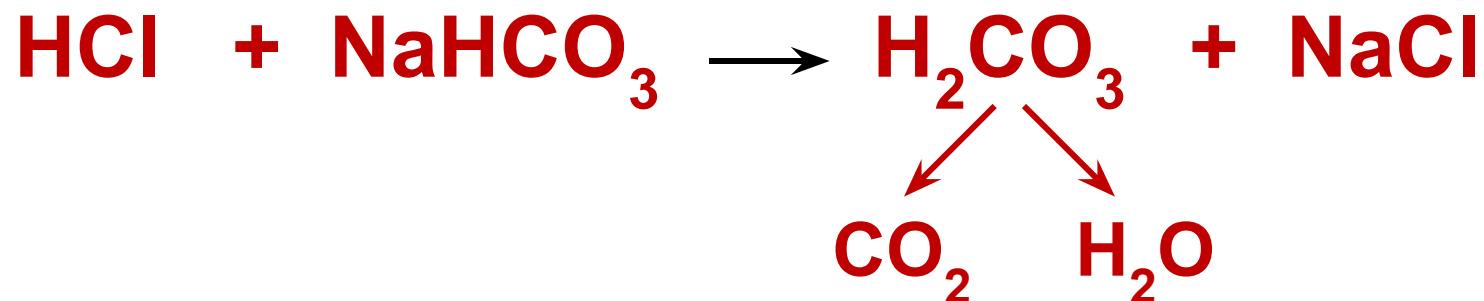
- В состав бикарбонатного буфера входит угольная кислота (слабая кислота) и бикарбонат натрия (слабое основание):



- При поступлении в буферный раствор щелочи (например, NaOH) ее нейтрализует кислотный компонент:



- При поступлении в буферный раствор кислоты (например, HCl) ее нейтрализует основной компонент:



Буферная емкость

- Эффективность буферного действия оценивается буферной емкостью;
- Буферная емкость – количество молей сильной кислоты (например, HCl) или сильной щелочи (например, NaOH), которое необходимо добавить к 1 л буферного раствора для изменения pH на одну единицу.

рН биологических жидкостей

Биологическая жидкость	рН	Среда
Слюна	6,8-7,0	Нейтральная
Желудочный сок	1,0-2,0	Сильнокислая
Поджелудочный сок	7,0-8,0	Слабощелочная
Артериальная кровь	7,4	Слабощелочная
Венозная кровь	7,36	Слабощелочная
Моча	5,5-6,5	Слабокислая

Тест 1

Содержание воды в организме взрослого человека

- а) 10-20 %**
- б) 30-40 %**
- в) 60-70 %**
- г) 80-90 %**

Тест 2

Молекулы воды соединяются друг с другом:

- а) водородными связями**
- б) донорно-акцепторными**
- в) ионными связями**
- г) металлическими связями**

Тест 3

Концентрация ионов гидроксила в дистиллированной воде равна:

- а) $1 \cdot 10^{-2}$ моль/л**
- б) $1 \cdot 10^{-7}$ моль/л**
- в) $1 \cdot 10^{-12}$ моль/л**
- г) $1 \cdot 10^{-14}$ моль/л**

Тест 4

Концентрация ионов водорода в дистиллированной воде равна:

- а) $1 \cdot 10^{-2}$ моль/л**
- б) $1 \cdot 10^{-7}$ моль/л**
- в) $1 \cdot 10^{-12}$ моль/л**
- г) $1 \cdot 10^{-14}$ моль/л**

Тест 5

При повышении кислотности в 100 раз pH:

- а) не изменяется**
- б) повышается на 1 единицу**
- в) повышается на 2 единицы**
- г) снижается на 2 единицы**