

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

---

Центр предвузовской подготовки и обучения иностранных граждан

## **Электролитическая диссоциация**

Методические указания для иностранных граждан

НИЖНИЙ НОВГОРОД  
2012

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

---

Центр предвузовской подготовки и обучения иностранных граждан

## **Электролитическая диссоциация**

Методические указания для иностранных граждан

НИЖНИЙ НОВГОРОД  
2012

ББК 24(075)  
УДК 54

Электролитическая диссоциация: Методические указания для иностранных граждан. Н.Новгород: ННГАСУ, 2012

Указания включают краткое изложение теоретического материала по теме электролитическая диссоциация; расчетные задачи; вопросы для повторения и упражнения; словарь химических терминов на английском и французском языках.

Составитель: Ю.И. Скопина

## § 1. Электролиты, неэлектролиты. Электролитическая диссоциация

### Новые слова и словосочетания

Ассоциация	association	association
Ацетон	acetone	l'acétone
Бензин	gasoline	essence
Гидратированный	hydrated	hydratée
ион	ion	ions
Диссоциация	dissociation	dissociation
Диссоциировать	dissociate	dissocier
Диффузия	diffusion	diffusion
Ионизация	ionization	ionisation
Керосин	kerosene	kerosene
Крахмал	starch	l'amidon
Окружать	surround	surround
Под действием	under the influence	sous l'influence
Притягивать	attract	attirent
Расплав	melt	fondre
Расплавление	meltdown	meltdown
Проводить	conduct	conduite
Электрический ток	electric current	le courant électrique
Электролит	electrolyte	électrolyte

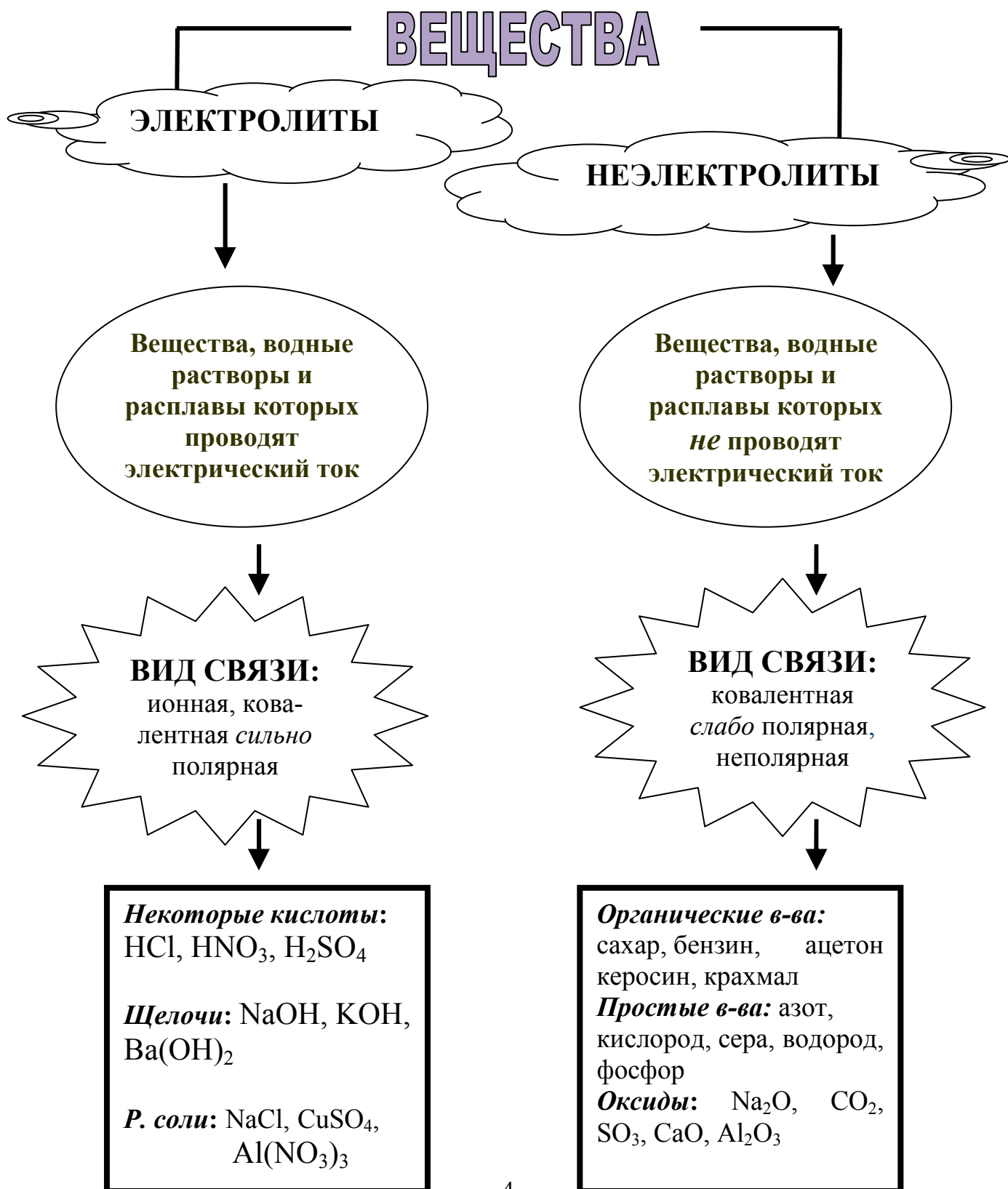
Одним из важных свойств веществ является способность проводить электрический ток.

*Электрический ток* – это направленное движение заряженных частиц. Электрический ток могут проводить вещества, которые имеют или электронную проводимость (металлы), или ионную проводимость.

Вещества, которые обладают ионной проводимостью, т.е. вещества, растворы или расплавы которых проводят электрический ток, называются

*электролитами*. К электролитам относятся основания, кислоты и соли. Большинство органических соединений, а также оксиды и простые вещества являются *неэлектролитами*. Деление веществ на электролиты и неэлектролиты показано на схеме 1.

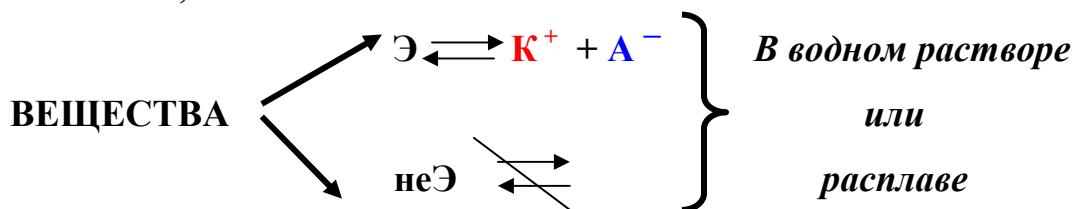
Схема 1



**Электролитическая диссоциация** – это распад электролитов на ионы под действием растворителя.

Шведский ученый Сванте Аррениус ввел понятие диссоциации и сформулировал «теорию электролитической диссоциации», состоящую из трех положений:

1) При растворении в воде (или расплавлении) электролиты диссоциируют (распадаются) на положительные и отрицательные ионы. Отрицательные ионы называются **анионами**, положительные — **катионами**. Многие ионы имеют окраску, например  $\text{Cu}^{+2}$  — голубой,  $\text{V}^{+2}$  — фиолетовый,  $\text{Cr}^{+3}$  — зеленый.



2) Под действием электрического тока ионы двигаются в определенном направлении.

Для пропускания электрического тока через электролит используют электроды — стержни или пластины, изготовленные из проводящего материала. Положительный электрод называется **анодом**, отрицательный — **катодом**.

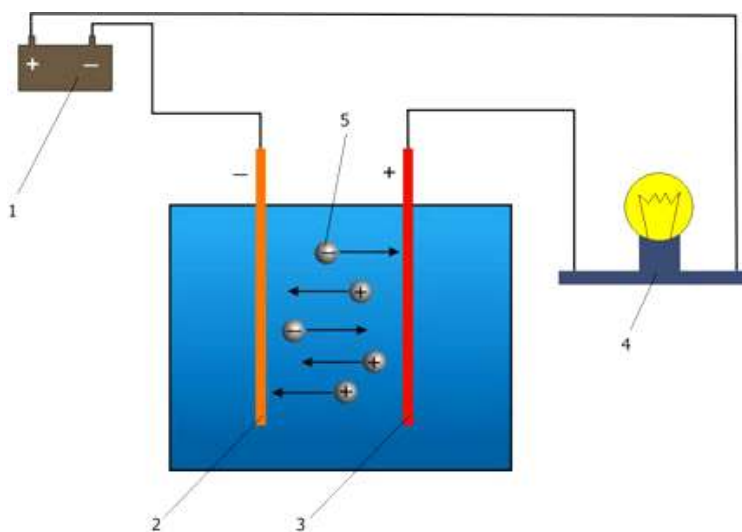
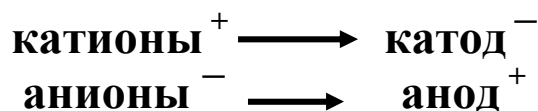


Рис.1. Прибор для проверки электропроводности растворов (1 – элемент питания, 2 – катод, 3 – анод, 4 – лампа, 5 – ионы)

Под действием электрического тока катионы (+) двигаются к катоду (-), а анионы (-) – к аноду (+).



**Ионы** отличаются от



1. Завершенный внешний энергетический уровень

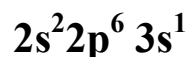


2. Стабильная частица

**атомов**, их образовавших:



1. Незавершенный внешний энергетический уровень



2. Активная частица ( - e )

Механизмы диссоциации веществ с ионной связью и ковалентной полярной связью показаны на рис. 2 и 3.

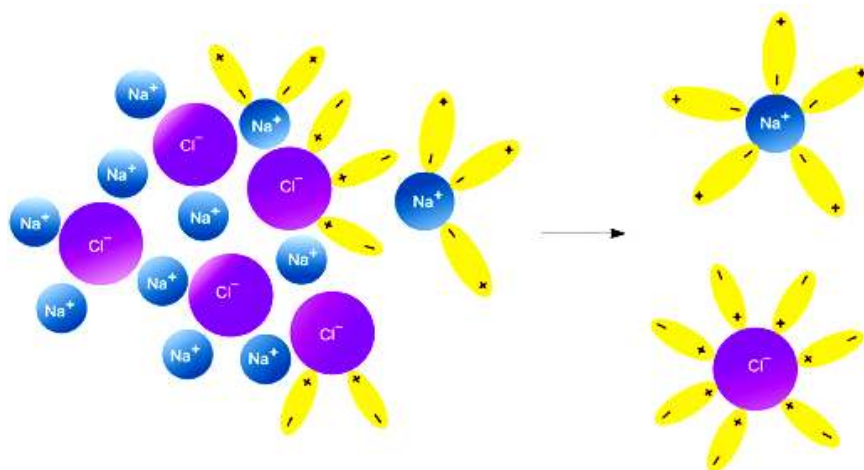


Рис.2. Механизм диссоциации ионных соединений

<b>I этап</b>	Непродиссоциированное вещество окружают диполи воды, которые ориентируются отрицательными полюсами вокруг положительных ионов и положительными полюсами вокруг отрицательных ионов
<b>II этап</b>	Связь между ионами ослабевает
<b>III этап</b>	Образование гидратированных ионов и переход их в раствор. Ионы, окруженные оболочкой из диполей воды, называются <i>гидратированными ионами</i>

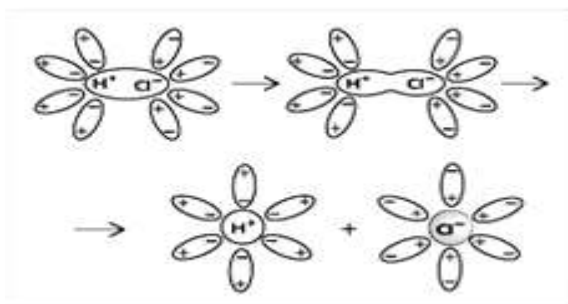


Рис.3. Механизм диссоциации ковалентных соединений

<b>I этап</b>	Ковалентную молекулу окружают диполи воды, ориентируясь соответствующими полюсами
<b>II этап</b>	Между полюсами ковалентной молекулы и диполями воды возникают взаимодействия, вследствие которых связь внутри молекулы ионизируется
<b>III этап</b>	Разрыв связей
<b>IV этап</b>	Образование гидратированных ионов в растворе

*Энергетическая схема диссоциации*

*Диффузия* → *Разрушение* → *Переход ионов* → *Гидратация*

*крист. реш.*                      *в раствор*

$$Q = \Delta H > 0$$

эндотермические процессы

физические процессы

(С. Аррениус)

$$Q = \Delta H < 0$$

экзотермич. проц.

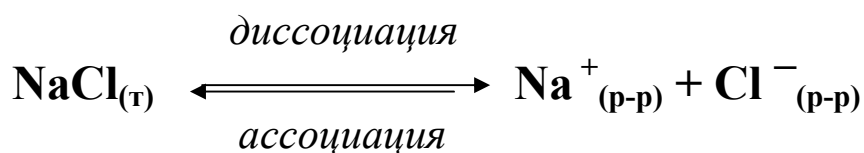
химические проц.

(Д. Менделеев)

$E_{\text{разр.}} > E_{\text{гидр.}} \Rightarrow$  р-р охлаждается ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )

$E_{\text{разр.}} < E_{\text{гидр.}} \Rightarrow$  р-р нагревается ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

3) Диссоциация — обратимый процесс; обратный процесс называется *ассоциацией*





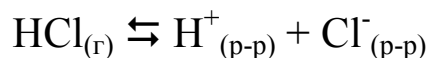


1. На какие группы можно разделить все вещества?
2. Что такое электролиты?
3. Неэлектролит – это ...
4. Какая связь характерна для молекулы неэлектролита?
5. Какой вид связи характерен для электролита?
6. Приведите пример электролитов.
7. Какие вы знаете вещества, которые являются неэлектролитами?
8. Кто и когда предложил теорию электролитической диссоциации?
9. Что такое электролитическая диссоциация?
10. Как называется положительно заряженный ион?
11. Что такое анион?
12. К какому полюсу двигаются анионы под действием электрического тока?
13. Под действием электрического тока катионы двигаются к аноду или к катоду?
14. Чем отличаются заряженные частицы от нейтральных атомов?
15. Сравните свойства атомарного и молекулярного хлора со свойствами иона.
16. Что такое ассоциация?
17. Опишите механизм диссоциации веществ с ионной связью.
18. Опишите механизм диссоциации веществ с ковалентной полярной связью.
19. Назовите стадии диссоциации.
20. Какие процессы являются эндотермическими, а какие экзотермическими?
21. Почему нитрат аммония при растворении в воде охлаждается?
22. Почему происходит разогревание раствора при растворении серной кислоты в воде?

## § 2. Диссоциация основных классов неорганических соединений

### *КИСЛОТЫ*

1. Одноосновные кислоты диссоциируют в одну стадию:

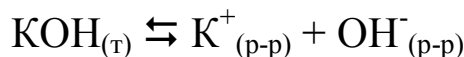


2. Многоосновные кислоты диссоциируют ступенчато (по стадиям):

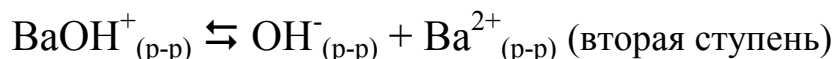


### *ОСНОВАНИЯ*

1. Однокислотные основания диссоциируют в одну стадию:

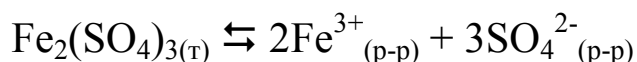
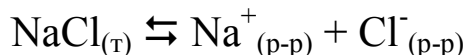


2. Многокислотные основания диссоциируют ступенчато:



### *СОЛИ*

1. Средние (нормальные) соли диссоциируют в одну стадию:



2. Кислые соли и основные соли диссоциируют ступенчато:



1. Напишите уравнения электролитической диссоциации для

- а) гидроксида натрия;
- б) нитрата цинка;
- в) серной кислоты;
- г) гидросульфата меди (II);
- д) гидроксохлорида магния;
- е) дигидрофосфата натрия;

- ж) гидросульфата магния;
- з) гидрокарбоната кальция;
- и) бромида бария;
- к) гидросульфида калия;
- л) нитрата железа (III);
- м) хлорида марганца (II);
- н) гидросиликата лития.

### § 3. Степень электролитической диссоциации

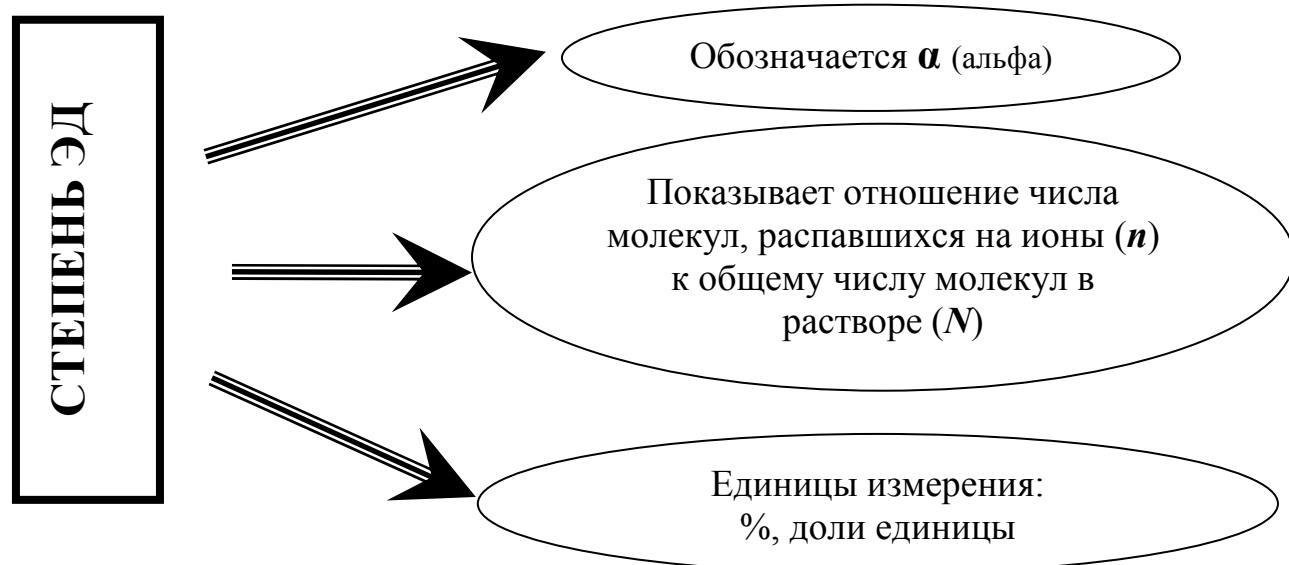
#### Сильные и слабые электролиты

#### Новые слова и словосочетания

Сильный	strong	forte
Слабый	weak	faible
Степень диссоциации	degree of dissociation	degré de dissociation
Одноимённый	of the same name	du même nom
Диэлектрическая	dielectric	le diélectrique
проницаемость	permeability	la perméabilité

В схеме 2 даны определение, обозначение и единицы измерения степени электролитической диссоциации.

Схема 2



$$\alpha = \frac{n}{N}$$

$\alpha$  – степень электролитической диссоциации

$n$  – число молекул электролита, распавшихся на ионы

$N$  – общее число молекул электролита в растворе

В таблице 1 приведена классификация электролитов.

Т а б л и ц а 1

Классификация электролитов

Сильные электролиты	Слабые электролиты
Полностью распадаются на ионы $\alpha = 1$	Частично диссоциируют на ионы $\alpha \ll 1$
1. Соли, <i>например</i> , NaCl, KCl, CaCl <sub>2</sub> , MgCl <sub>2</sub> , CaSO <sub>4</sub> и др.	1. H <sub>2</sub> O
2. Основания щелочных и щелочноземельных металлов, <i>например</i> , NaOH, KOH, Ca(OH) <sub>2</sub>	2. Многие основания металлов, кроме щелочных и щелочноземельных, <i>например</i> , Al(OH) <sub>3</sub>
3. Многие неорганические кислоты, <i>например</i> , HCl, HNO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3. Некоторые неорганические кислоты, <i>например</i> , HCN, H <sub>2</sub> S, H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> , HF, H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> , HNO <sub>2</sub> , H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
	4. Аммиачная вода: NH <sub>4</sub> OH
	5. Некоторые органические кислоты, <i>например</i> , C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH, CH <sub>3</sub> COOH
$C_m \rightleftharpoons C_m + C_m$ HCl $\leftrightarrow$ H <sup>+</sup> + Cl <sup>-</sup>	$C_m - \alpha C_m \rightleftharpoons \alpha C_m + \alpha C_m$ NH <sub>4</sub> OH $\leftrightarrow$ NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> + OH <sup>-</sup>

**Задача 1.** Определите молярную концентрацию катионов и анионов в 0,01 М растворах KBr, NH<sub>4</sub>OH, Ba(OH)<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и CH<sub>3</sub>COOH.

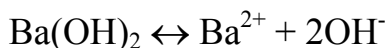
Степень диссоциации слабых электролитов  $\alpha = 0,3$ .

Решение:

KBr, Ba(OH)<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – сильные электролиты, диссоциирующие полностью ( $\alpha \cong 1$ ).

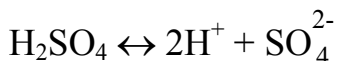


$$C_{\text{K}^+} = C_{\text{Br}^-} = 0,01 \text{ M}$$



$$C_{\text{Ba}^{2+}} = 0,01 \text{ M}$$

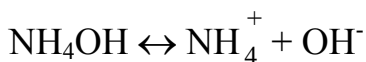
$$C_{\text{OH}^-} = 0,02 \text{ M}$$



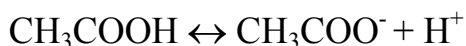
$$C_{\text{H}^+} = 0,02 \text{ M}$$

$$C_{\text{SO}_4^{2-}} = 0,01 \text{ M}$$

$\text{NH}_4\text{OH}$  и  $\text{CH}_3\text{COOH}$  – слабые электролиты ( $\alpha \ll 0,3$ )



$$C_{\text{NH}_4^+} = C_{\text{OH}^-} = 0,3 \times 0,01 = 0,003 \text{ M}$$



$$C_{\text{H}^+} = C_{\text{CH}_3\text{COO}^-} = 0,3 \times 0,01 = 0,003 \text{ M}$$

**Задача 2.** Определите молярную концентрацию недиссоциированных молекул и ионов в 0,1M раствора гидроксида аммония, если степень диссоциации равна 0,01.

Дано:	
$C_M = 0,1 \text{ M}$	
$\alpha = 0,01$	
<hr style="border: 0; border-top: 1px solid black;"/>	
$C(\text{NH}_4\text{OH}) = ?$	

Решение:



$$C - \alpha C \quad \alpha C \quad \alpha C$$

$\alpha C$  – концентрации молекул  $\text{NH}_4\text{OH}$ , которые продиссоциировали, распались на ионы;

– концентрация ионов  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{OH}^-$ , которая равна концентрации продиссоциированных молекул.

$$C_{\text{NH}_4^+} = C_{\text{OH}^-} = \alpha C = 0,01 \times 0,1 = 0,001 \text{ моль/л}$$

$$C_{\text{NH}_4\text{OH}} = C - \alpha C = 0,1 - 0,001 = 0,099 \text{ моль/л}$$

Ответ: концентрация недиссоциированных молекул  $\text{NH}_4\text{OH}$  равна 0,099 моль/л, концентрация ионов  $[\text{NH}_4^+]$  и  $[\text{OH}^-]$  равна 0,001 моль/л.



1. Что такое степень диссоциации?
2. Как обозначают степень диссоциации?
3. В каких единицах выражают степень диссоциации?
4. По какой формуле можно вычислить степень диссоциации?
5. На какие группы делятся электролиты?
6. Что такое сильный электролит? Приведите примеры.
7. Что такое слабый электролит? Приведите примеры.
8. Что такое средний электролит? Приведите примеры.
9. Какие частицы находятся в растворе сильного электролита?
10. Какие частицы находятся в растворе слабого электролита?
11. Какие факторы влияют на степень диссоциации?
12. Как влияет температура на степень диссоциации?
13. Как влияет концентрация раствора на степень диссоциации?
14. Как влияет наличие одноимённого иона на степень диссоциации?



1. Из данного перечня выберите сильные электролиты:
  - а) уксусная кислота;
  - б) нитрат натрия;
  - в) нитрат бария;
  - г) сероводородная кислота;
  - д) гидроксид бария;
  - е) сульфид натрия;
  - ж) угольная кислота;
  - з) карбонат калия.
2. Из данного перечня выберите слабые электролиты:
  - а) ацетат натрия;
  - б) азотистая кислота;
  - в) азотная кислота;
  - г) нитрат калия;
  - д) нитрит натрия;
  - е) соляная кислота;
  - ж) уксусная кислота.
3. Найдите молярную концентрацию ионов натрия и ионов хлора в растворе, в 1 л которого содержится 58,5 г хлорида натрия.

(Ответ:  $C_{\text{Na}^+} = C_{\text{Cl}^-} = 1$  моль/л)

4. Найдите молярную концентрацию ионов калия и карбонат-ионов в растворе, в 1 л которого содержится 13,8 г карбоната калия.

(Ответ:  $C_{K^+} = 0,2$  моль/л;  $C_{CO_3^{2-}} = 0,1$  моль/л)

5. Найдите молярную концентрацию ионов натрия и нитрат-ионов, содержащихся в 10%-м растворе нитрата натрия (плотность раствора 1,07 г/мл).

(Ответ:  $C_{Na^+} = C_{NO_3^-} = 1,26$  моль/л)

6. Вычислите молярную концентрацию ионов алюминия и сульфат-ионов, которые содержатся в 10%-м растворе сульфата алюминия (плотность раствора 1,1 г/мл).

(Ответ:  $C_{Al^{3+}} = 0,64$  моль/л;  $C_{SO_4^{2-}} = 0,96$  моль/л)

#### § 4. Константа диссоциации. Закон разбавления Оствальда

Концентрации ионов в растворах слабых электролитов качественно характеризует ещё и *константа диссоциации*.

**Константа диссоциации** ( $K_D$ ) – отношение произведения равновесных концентраций ионов в степени соответствующих стехиометрических коэффициентов к концентрации недиссоциированных молекул.

Для кислот:  
 $HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$

$$K_D = \frac{[H^+] \times [A^-]}{[HA]}$$

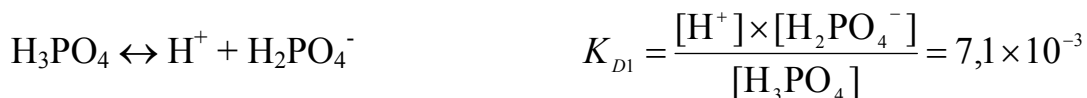
Для оснований:  
 $BOH \rightleftharpoons B^+ + OH^-$

$$K_D = \frac{[B^+] \times [OH^-]}{[BOH]}$$

$K_D$  является константой равновесия процесса электролитической диссоциации; характеризует способность вещества распадаться на ионы: **чем выше  $K_D$ , тем больше концентрация ионов в растворе.**

Диссоциации слабых многоосновных кислот или многокислотных оснований протекают по ступеням, соответственно для каждой ступени существует своя константа диссоциации:

*Первая ступень:*



*Вторая ступень:*



*Третья ступень:*



$$K_{D1} > K_{D2} > K_{D3}$$

Эта закономерность объясняется тем, что энергия отрыва иона от нейтральной молекулы всегда меньше, чем энергия, которая нужна для отрыва иона от заряженной частицы.

**Закон разбавления Оствальда** связывает степень электролитической диссоциации слабого электролита ( $\alpha$ ) с константой диссоциации ( $K_D$ ) для слабой одноосновной кислоты (НА).



Если концентрацию **слабого** электролита обозначить  $C_M$ ,

$$\text{то } [\text{H}^+] = [\text{A}^-] = \alpha C_M,$$

$$\text{а } [\text{НА}] = (C_M - \alpha C_M) = C_M \times (1 - \alpha)$$

$$K_D = \frac{(\alpha C_M \times \alpha C_M)}{C_M \times (1 - \alpha)} = \frac{\alpha^2}{(1 - \alpha)} \times C_M$$



В случае очень слабых электролитов ( $\alpha \leq 0,01$ )

$$K_D = C_M \times \alpha^2$$

или

$$\alpha = \sqrt{K_D / C_M}$$

В таблице 2 приведены константы и степени диссоциации некоторых электролитов.

Т а б л и ц а 2

Константы и степени диссоциации некоторых электролитов

Электролит	Формула	Константа диссоциации	Степень диссоциации
Соляная кислота	HCl	$1 \cdot 10^7$	92 %
Бромоводородная кислота	HBr	$1 \cdot 10^9$	92 %
Иодоводородная кислота	HI	$1 \cdot 10^{11}$	92 %
Азотная кислота	HNO <sub>3</sub>	$4,36 \cdot 10$	91 %
Серная кислота	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	$6 \cdot 10^{-8}$	58 %
Фосфорная кислота	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	$7,6 \cdot 10^{-3}$	27 %
Плавиковая кислота	HF	$7 \cdot 10^{-4}$	8,5 %
Уксусная кислота	CH <sub>3</sub> COOH	$1,754 \cdot 10^{-6}$	1,36 %
Сероводородная кислота	H <sub>2</sub> S	$6 \cdot 10^{-8}$	0,07 %
Раствор аммиака	NH <sub>3</sub> ·H <sub>2</sub> O	$1,8 \cdot 10^{-5}$	30 %
Гидроксид цинка	Zn(OH) <sub>2</sub>	$4,0 \cdot 10^{-5}$	

**Задача 1.** Вычислите степень диссоциации уксусной кислоты и концентрацию ионов H<sup>+</sup> в 0,1 М растворе, если  $K_D(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,85 \times 10^{-5}$

Дано:

$$K_D(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,85 \times 10^{-5}$$

$$C_M = 0,1 \text{ М}$$

$$\alpha(\text{CH}_3\text{COOH}) = ?$$

$$[\text{H}^+] = ?$$

Решение:

Используем закон разбавления Оствальда

$$\alpha = \sqrt{K_D / C_M}$$

$$= \sqrt{\frac{1,85 \times 10^{-5}}{0,1}}$$

$$= 0,0136 \text{ или } \alpha = 1,36\%$$

$$\begin{aligned}
[\text{H}^+] &= \alpha \times C_M \\
&= 0,0136 \times 0,1 \\
&= 0,00136 \text{ моль/л}
\end{aligned}$$

Ответ:  $\alpha(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,36\%$ ;  $[\text{H}^+] = 0,00136 \text{ моль/л}$

**Задача 2.** Ступенчатые константы диссоциации сероводорода  $K_1$  и  $K_2$  равны соответственно  $6 \times 10^{-8}$  и  $1 \times 10^{-14}$ . Найдите концентрации ионов  $\text{H}^+$ ,  $\text{HS}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$  в 0,1 М растворе сероводорода.

Дано:
$C_M = 0,1 \text{ М}$
$K_{D1} = 6 \times 10^{-8}$
$K_{D2} = 1 \times 10^{-14}$

$$[\text{H}^+] = ?$$

$$[\text{HS}^-] = ?$$

$$[\text{S}^{2-}] = ?$$

Решение:

Первая ступень диссоциации:



$$K_{D1} = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} = 6 \times 10^{-8}$$

Вторая ступень диссоциации:



$$K_{D2} = \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]} = 1 \times 10^{-14}$$

Диссоциация  $\text{H}_2\text{S}$  идёт преимущественно по первой ступени. Концентрацией ионов  $\text{H}^+$ , которые образуются при диссоциации по второй ступени можно пренебречь и считать, что  $[\text{H}^+] \approx [\text{HS}^-]$ . Тогда

$$\begin{aligned}
[\text{H}^+] \approx [\text{HS}^-] &\approx \sqrt{K_{D1} \times C_M} = \sqrt{6 \times 10^{-8} \times 0,1} = \\
&= 7,7 \times 10^{-5} \text{ моль/л}
\end{aligned}$$

$$[\text{S}^{2-}] = \frac{K_{D2} \times [\text{HS}^-]}{[\text{H}^+]}$$

Так как  $[\text{H}^+] \approx [\text{HS}^-]$ , то  $K_{D2} \approx [\text{S}^{2-}]$ , т.е.

$$[\text{S}^{2-}] = 1 \times 10^{-14} \text{ моль/л}$$

Ответ:  $[\text{H}^+] \approx [\text{HS}^-] \approx 7,7 \times 10^{-5} \text{ моль/л}$ ;  $[\text{S}^{2-}] = 1 \times 10^{-14} \text{ моль/л}$ .



1. Что такое константа диссоциации?
2. Как обозначают константу диссоциации?
3. По какой формуле можно вычислить константу диссоциации для основания?
4. По какой формуле можно вычислить константу диссоциации для кислоты?
5. От чего зависит константа диссоциации?
6. Как диссоциируют многоосновные кислоты и многокислотные основания?
7. Почему  $K_{D1} < K_{D2}$ ?
8. Как можно найти константу диссоциации для слабой одноосновной кислоты?



1. Константа диссоциации циановодорода CNS равна  $7 \times 10^{-10}$ . Найти степень диссоциации CNS в 0,001M растворе.  
(Ответ:  $\alpha = 8,9 \times 10^{-4}$ )
2. Найдите концентрацию ионов водорода в 0,1M растворе хлорноватистой кислоты HOCl ( $K_D = 5 \times 10^{-8}$ ).  
(Ответ:  $[H^+] = 7 \times 10^{-5}$  моль/л)
3. Сколько воды нужно добавить к 300 мл 0,2M раствора уксусной кислоты, чтобы степень диссоциации кислоты увеличилась в два раза?  
(Ответ:  $V(H_2O) = 900$  мл)
4. Вычислить концентрацию ионов водорода в 0,02M растворе сернистой кислоты. Диссоциацией кислоты по второй ступени пренебречь.  
(Ответ:  $C_{H^+} = 0,018$  моль/л)
5. Чему равна концентрация ионов водорода в водном растворе муравьиной кислоты, если степень диссоциации кислоты равна 0,03?  
(Ответ:  $C_{H^+} = 0,006$  моль/л)

6. При какой концентрации раствора степень диссоциации азотистой кислоты будет равна 0,2?

(Ответ:  $C_M(\text{HNO}_2) = 0,01$  моль/л)

7. Во сколько раз уменьшится концентрация ионов водорода, если к 1 л 0,005М раствора уксусной кислоты добавить 0,05 моля ацетата натрия ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ )?

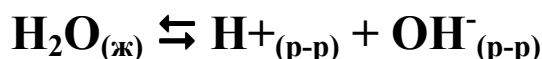
(Ответ: в 167 раз)

## § 5. Ионное произведение воды. Водородный показатель

### Новые слова и словосочетания

Ионное произведение	ionic product of	produit ionique de
Водородный показатель	ph	ph
Окраска	color	couleur
Индикатор	indicator	indicateur
Лакмус	litmus	tourne-sol
Метилоранж	methyl orange	méthylorange
Фенолфталеин	phenolphthalein	phénolphthaléine

Вода – это слабый электролит и в незначительной степени диссоциирует на ионы по реакции:



$$K_D = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} = 1,8 \times 10^{-16} \text{ (при } 22^\circ\text{C)}$$

В знаменателе дроби – концентрация недиссоциированных молекул воды, которую можно считать постоянной и определить в 1 л, приняв массу 1 л воды за 1000 г.

$$[\text{H}_2\text{O}] = 1000 / 18 = 55,56 \text{ молей}$$

Тогда 
$$K_D = \frac{[H^+][OH^-]}{55,56} = 1,8 \times 10^{-16} \text{ (при } 22^\circ\text{C)}$$

$$[H^+] \times [OH^-] = 1 \times 10^{-14} \left. \vphantom{[H^+] \times [OH^-] = 1 \times 10^{-14}} \right\} \begin{array}{l} \text{ионное} \\ \text{произведение} \\ \text{воды} \end{array}$$

**Водородный показатель** (pH) – это величина, которая характеризует концентрацию ионов водорода ( $H^+$ ) и кислотность раствора. Если концентрация ионов водорода равна  $[H^+]$ , то

$$pH = -\lg [H^+]$$

$$[H^+] = 10^{-pH}$$

В чистой воде

$$[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$$

$$pH = 7$$

В кислых растворах

$$[H^+] > [OH^-]$$

$$pH < 7,$$

например, в  $10^{-3}$  М растворе HCl pH = 3

В щелочных растворах

$$[H^+] < [OH^-]$$

$$pH > 7$$

Зависимость окраски индикаторов от pH раствора показана в табл.3.

Т а б л и ц а 3

Изменение окраски индикаторов в зависимости от pH раствора

Название	Окраска индикатора в среде		
	Кислая $[H^+] > [OH^-]$ pH < 7	Нейтральная $[H^+] = [OH^-]$ pH = 7	Щелочная $[OH^-] > [H^+]$ pH > 7
Фенолфталеин	бесцветный	бесцветный	малиновый
Метилоранж	розовый	оранжевый	желтый
Лакмус	красный	фиолетовый	синий

**Задача 1.** Найдите рОН и рН в  $10^{-2}$  М растворе NaOH

Дано:	Решение:
$C_M(\text{NaOH}) = 10^{-2}$ М	$\text{pOH} = -\lg 2 \times 10^{-2}$
$\text{pOH} = ?$	$= 2 - \lg 2$
$\text{pH} = ?$	$= 1,7$
$\text{pH} = 14 - \text{pOH}$	
$= 14 - 1,7 = 12,3$	

Ответ: рОН = 1,7; рН = 12,3.

**Задача 2.** Зная, что серная кислота диссоциирует полностью, найдите рН её 0,012 М раствора.

Дано:	Решение:
$C_M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,012$ М	$  \begin{array}{ccc}  0,012 \text{ моль} & 0,024 \text{ моль} & \\  \text{H}_2\text{SO}_4 & \rightleftharpoons & 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} \\  1 \text{ моль} & & 2 \text{ моль}  \end{array}  $
$\text{pH} = ?$	$[\text{H}^+] = 0,024$ моль/л
	$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]$
	$\text{pH} = -\lg 0,024$

Ответ: рН = 1,62.

**Задача 3.** Водородный показатель раствора соляной кислоты равен 2,1. Найдите концентрацию соляной кислоты в растворе.

Дано:	Решение:
$\text{pH} = 2,1$	Если $[\text{H}^+] = x$ ,
$C_M(\text{HCl}) = ?$	то $-\lg x = 2,1$
	или $\lg x = -2,1$
	преобразуем логарифм:
	$\text{pH} = -2,1 = (-2 - 1) + (-0,1 + 1)$
	$= -3 + 0,9$
	$-3 = \lg 10^{-3}$

$$0,9 = \lg 8$$

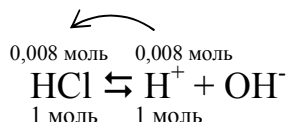
$$\lg x = \lg 8 + \lg 10^{-3}$$

$$= \lg (8 \times 10^{-3})$$

$$x = 8 \times 10^{-3}$$

$$[H^+] = 8 \times 10^{-3} = 0,008 \text{ моль/л}$$

HCl – сильный электролит



Поэтому  $C_M(\text{HCl}) = 0,008 \text{ моль/л}$

Ответ:  $C_M(\text{HCl}) = 0,008 \text{ моль/л}$ .



1. Что такое вода?
2. Напишите уравнение диссоциации для воды.
3. Что такое ионное произведение воды?
4. Чему равно ионное произведение воды?
5. Что такое водородный показатель?
6. Чему равен водородный показатель?
7. Чему равна концентрация ионов водорода и гидроксид-ионов в нейтральной среде?
8. Какое значение имеет водородный показатель в кислых растворах?
9. Какое значение имеет водородный показатель в щелочной среде?
10. Какие вы знаете индикаторы?
11. Какую окраску имеет лакмус в кислой, нейтральной и щелочной средах?
12. Какую окраску имеет метилоранж в кислой, нейтральной и щелочной средах?
13. Какую окраску имеет фенолфталеин в кислой, нейтральной и щелочной средах?



1. Заполните следующую таблицу:

pH	2	12	7	8	5	13	4
[H <sup>+</sup> ]							
[OH <sup>-</sup> ]							
Тип среды							

## § 6. Ионные реакции в растворе

### Новые слова и словосочетания

Обратимый	reversible	réversible
Связывать	link	lien
Связывание	linking	lier

**Реакции ионного обмена** – это реакции между ионами, которые образуются в результате диссоциации электролитов. Все реакции ионного обмена в растворах электролитов протекают в направлении связывания катионов и анионов.

### **Правила составления ионных уравнений реакций:**

1. Нерастворимые в воде соединения (простые вещества, оксиды, некоторые кислоты, основания и соли) **НЕ** диссоциируют.
2. В реакциях используют растворы веществ, поэтому даже малорастворимые вещества находятся в растворах в виде ионов.
3. Если малорастворимое вещество образуется в результате реакции, то при записи ионного уравнения его считают нерастворимым.
4. Сумма электрических зарядов ионов в левой и в правой части уравнения должна быть одинаковой.

В таблице 4 приведен алгоритм составления ионных уравнений.



## Алгоритм составления ионных уравнений

Действие	Пример
1. Записать <u>молекулярное уравнение</u> реакции	$\text{MgCl}_2 + 2\text{AgNO}_3 \rightarrow 2\text{AgCl} + \text{Mg}(\text{NO}_3)_2$
2. Определить растворимость каждого из веществ с помощью таблицы растворимости	$\begin{array}{ccccccc} \text{p} & & \text{p} & & \text{H} & & \text{p} \\ \text{MgCl}_2 & + & 2\text{AgNO}_3 & \rightarrow & 2\text{AgCl} & + & \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \end{array}$
3. Записать <u>полное ионное уравнение</u> реакции	$\text{Mg}^{2+} + 2\text{Cl}^- + 2\text{Ag}^+ + 2\text{NO}_3^- \rightarrow 2\text{AgCl}\downarrow + \text{Mg}^{2+} + 2\text{NO}_3^-$
4. Составить <u>сокращенное ионное уравнение</u> , сокращая одинаковые ионы с обеих сторон	$\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}\downarrow$



1. Что такое реакция ионного обмена?
2. Что образуется в результате реакций ионного обмена?
3. На какие группы делятся химические реакции по признаку обратимости?
4. Обратимые химические реакции – это ... Приведите примеры.
5. Необратимые химические реакции – это ... Приведите примеры.



1. Напишите уравнения диссоциации следующих веществ:
  - а) нитрата калия, карбоната калия, хлорида магния, гидроксида бария, йодоводородной кислоты;
  - б) сульфата магния, бромоводородной кислоты, хлорида кальция, гидроксида калия, сульфата железа (III);
  - в) перманганата калия, ортофосфорной кислоты, карбоната натрия, хлорида бария, нитрата алюминия.

*В каждом случае обозначьте класс, к которому относится то или иное вещество.*

2. Напишите уравнения возможных реакций между:

- а) гидроксидом бария и соляной кислотой;
- б) карбонатом натрия и нитратом кальция;
- в) карбонатом натрия и азотной кислотой;
- г) карбонатом натрия и гидроксидом калия;
- д) гидроксидом железа (III) и азотной кислотой;
- е) оксидом меди (II) и азотной кислотой;
- ж) карбонатом кальция и сульфатом бария.

*Составьте ионные уравнения.*

3. Напишите уравнения возможных реакций между:

- а) серной кислотой и сульфидом калия;
- б) серной кислотой и хлоридом бария;
- в) серной кислотой и гидроксидом калия;
- г) сульфатом натрия и нитратом калия;
- д) оксидом железа (III) и серной кислотой;
- е) гидроксидом алюминия и соляной кислотой;
- ж) фосфатом магния и сульфидом свинца.

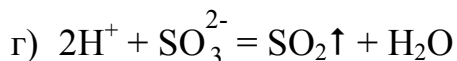
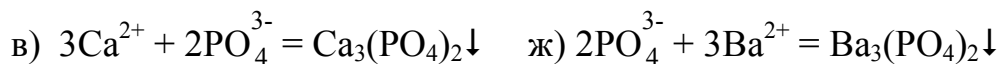
*Составьте ионные уравнения.*

4. Напишите уравнения возможных реакций между:

- а) нитратом алюминия и фосфатом натрия;
- б) сульфидом калия и соляной кислотой;
- в) сульфидом калия и нитратом натрия;
- г) сульфатом калия и нитратом свинца (II);
- д) соляной кислотой и гидроксидом калия;
- е) гидроксидом цинка и азотной кислотой;
- ж) оксидом магния и серной кислотой;
- з) хлоридом серебра и иодидом свинца (II).

*Составьте ионные уравнения.*

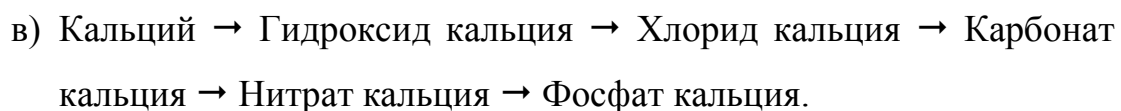
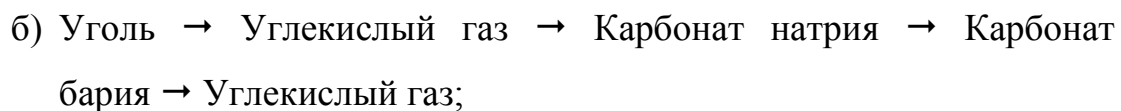
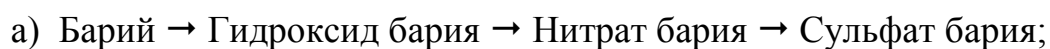
5. К данным ионным уравнениям подберите молекулярные:



6. Даны растворы: хлорида бария, сульфата меди (II), гидроксида натрия. Напишите уравнения возможных реакций между этими веществами, составьте ионные уравнения.

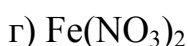
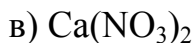
7. Даны растворы: йодида калия, сульфата натрия, нитрата свинца (II), гидроксида бария. Напишите уравнения возможных реакций между этими веществами, составьте ионные уравнения.

8. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочки превращений веществ:



*Составьте ионные уравнения для реакций в растворах электролитов.*

9. При полной диссоциации одного моля вещества образуется три моля ионов. Формула этого вещества – ...



## ЛИТЕРАТУРА

1. Хомченко Г.П. Пособие для поступающих в ВУЗы. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во «Новая Волна», 1997. – 463 с.: ил.
2. Растворы. Методические разработки по химии для студентов подготовительного отделения факультета обучения иностранных студентов. / Составители: к.х.н. Е.В. Красильникова, О.А. Медведева. – Н.Новгород: Изд-во НГМИ, 1994. – 19 с.
3. Русско-англо-французско-испанско-немецко-арабско-китайский химический словарь. – М.: Изд-во РУДН, 1998. – 82 с.

## Содержание

§ 1. Электролиты, неэлектролиты. Электролитическая диссоциация.....	3
§ 2. Диссоциация основных классов неорганических соединений.....	9
§ 3. Степень электролитической диссоциации. Сильные и слабые электролиты.....	10
§ 4. Константа диссоциации. Закон разбавления Оствальда.....	14
§ 5. Ионное произведение воды. Водородный показатель.....	19
§ 6. Ионные реакции в растворе.....	23
Литература.....	27

Скопина Юлия Игоревна

## Электролитическая диссоциация

Методические указания для иностранных граждан

---

Подписано в печать \_\_\_\_\_ Формат 60\*90 1/16 Бумага газетная. Печать офсетная  
Уч. изд. л. \_\_\_\_\_ Уч. печ. л. \_\_\_\_\_ Тираж 200 экз. Заказ № \_\_\_\_\_

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального  
образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

603950, Н. Новгород, Ильинская, 65  
Полиграфцентр ННГАСУ, 603950, Н. Новгород, Ильинская, 65