

# ЕГЭ-2019. Химия. Избранные вопросы: Окислительно- восстановительные реакции. Электролиз расплавов и растворов.



**Ахметов М.А.** доктор педагогических наук, кандидат химических наук, профессор кафедры методики естественнонаучного образования и информационных технологий ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н.Ульянова», один из авторов УМК по химии, [maratak@ya.ru](mailto:maratak@ya.ru)

Москва, 22 февраля 2019 г

# Классификация и направление ОВР

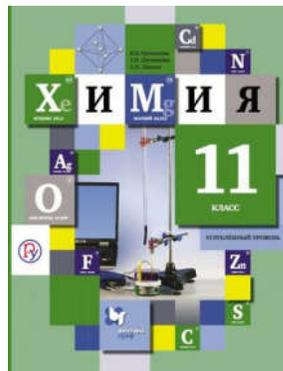


Таблица 23. Факторы, влияющие на направление ОВР

Факторы	Примеры	Примечание
Концентрация реагента	$\overset{0}{\text{Zn}} + \overset{+1}{\text{H}_2\text{SO}_4} (\text{разб.}) = \overset{+2}{\text{ZnSO}_4} + \overset{0}{\text{H}_2}\uparrow$ $\overset{0}{\text{Zn}} + \overset{+6}{2\text{H}_2\text{SO}_4} (\text{конц.}) = \overset{+2}{\text{ZnSO}_4} + \overset{+4}{\text{SO}_2}\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$	Разбавленная серная кислота является окислителем за счёт ионов водорода, а концентрированная – за счёт атомов серы кислотного остатка в степени окисления +6
Температура	$\overset{0}{\text{Cl}_2} + 2\text{KOH} = \overset{-1}{\text{KCl}} + \overset{+1}{\text{KClO}} + \text{H}_2\text{O}$ $\overset{0}{3\text{Cl}_2} + 6\text{KOH} \xrightarrow{t} 5\overset{-1}{\text{KCl}} + \overset{+5}{\text{KClO}_3} + 3\text{H}_2\text{O}$	При нагревании окисление хлора происходит более глубоко, до степени окисления +5
Катализатор	$\overset{-3}{4\text{NH}_3} + \overset{0}{3\text{O}_2} = \overset{0}{2\text{N}_2} + \overset{-2}{6\text{H}_2\text{O}}$ $\overset{-3}{4\text{NH}_3} + \overset{0}{5\text{O}_2} \xrightarrow{\text{кат.}} \overset{+2}{4\text{NO}} + \overset{-2}{6\text{H}_2\text{O}}$	Катализатор способствует более глубокому окислению азота в аммиаке
Характер среды	$\overset{+7}{2\text{KMnO}_4} + \overset{+4}{5\text{Na}_2\text{SO}_3} + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \overset{+2}{2\text{MnSO}_4} + \overset{+6}{5\text{Na}_2\text{SO}_4} + 3\text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4$ $\overset{+7}{2\text{KMnO}_4} + \overset{+4}{3\text{Na}_2\text{SO}_3} + \text{H}_2\text{O} = \overset{+4}{2\text{MnO}_2}\downarrow + \overset{+6}{3\text{Na}_2\text{SO}_4} + 2\text{KOH}$ $\overset{+7}{2\text{KMnO}_4} + \overset{+4}{\text{Na}_2\text{SO}_3} + 2\text{KOH} = \overset{+6}{2\text{K}_2\text{MnO}_4} + \overset{+6}{\text{Na}_2\text{SO}_4} + \text{H}_2\text{O}$	$+7$ Mn восстанавливается $+2$ в кислой среде до Mn, в нейтральной среде – до $\text{MnO}_2$ , в щелочной среде – до $+6$ Mn

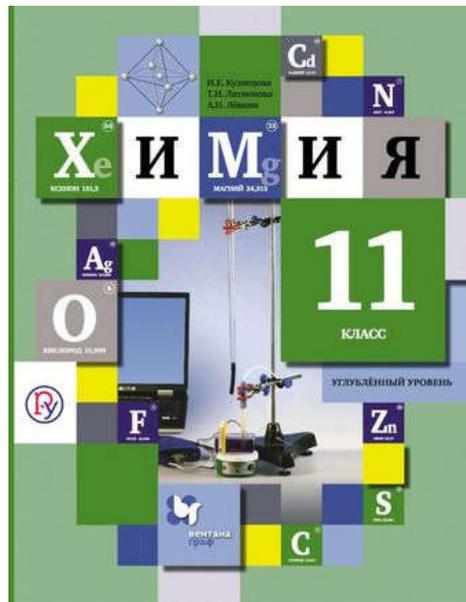
Таблица 22. Основные типы ОВР

Типы реакций	Характеристика	Примеры
Межмолекулярные	Окислителем и восстановителем являются различные вещества	$\overset{0}{\text{Mg}} + \overset{+1}{2\text{HCl}} = \overset{+2}{\text{MgCl}_2} + \overset{0}{\text{H}_2}\uparrow$ Mg – восстановитель, HCl (за счёт $\text{H}^+$ ) – окислитель
Внутримолекулярные	Окислитель и восстановитель входят в состав одного и того же вещества, но представляют собой атомы разных элементов	$\overset{+2}{2\text{HgO}} = \overset{-2}{2\text{Hg}} + \overset{0}{\text{O}_2}\uparrow$ Происходит переход электронов от атома кислорода к атому ртути
Реакции диспропорционирования	Внутримолекулярные реакции, в которых атомы одного и того же элемента в одной и той же степени окисления проявляют себя как окислитель и как восстановитель	$\overset{0}{3\text{Cl}_2} + 6\text{KOH} = \overset{-1}{5\text{KCl}} + \overset{+5}{\text{KClO}_3} + 3\text{H}_2\text{O}$ $\overset{+4}{2\text{NO}_2} + \text{H}_2\text{O} = \overset{+5}{\text{HNO}_3} + \overset{+3}{\text{HNO}_2}$
Реакции конпропорционирования	Реакции, в которых окислителем и восстановителем является один и тот же элемент в разных степенях окисления (разновидность межмолекулярных или внутримолекулярных реакций)	$\overset{-3}{\text{NH}_4\text{NO}_3} = \overset{+1}{\text{N}_2\text{O}} + 2\text{H}_2\text{O}$ (внутримолекулярное конпропорционирование)
		$\overset{-2}{2\text{H}_2\text{S}} + \overset{+4}{\text{SO}_2} = \overset{0}{3\text{S}} + 2\text{H}_2\text{O}$ (межмолекулярное конпропорционирование)

# Направление окислительно-восстановительных реакций

## Типичные окислители

- **Нейтральные молекулы:**  $F_2$ ,  $Cl_2$ ,  $Br_2$ ,  $O_2$ ,  $O_3$ ,  $S$ ,  $H_2O_2$  и др.
- **Положительно заряженные ионы металлов и водорода:**  $Cr^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Ag^+$ ,  $H^+$  и др.
- **Сложные молекулы и ионы, содержащие атомы металла в состоянии высшей степени окисления:**  $KMnO_4$ ,  $Na_2Cr_2O_7$ ,  $Na_2CrO_4$ ,  $CuO$ ,  $Ag_2O$ ,  $MnO_2$ ,  $CrO_3$ ,  $PbO_2$ ,  $Pb^{4+}$ ,  $Sn^{4+}$  и др.
- **Сложные ионы и молекулы, содержащие атомы неметалла в состоянии положительной степени окисления:**  $NO_3^-$ ,  $HNO_3$ ,  $H_2SO_{4(конц.)}$ ,  $SO_3$ ,  $KClO_3$ ,  $KClO$ ,  $Ca(ClO)Cl$  и др.
- **Электрический ток на аноде.**



## Типичные восстановители

- **Нейтральные атомы и молекулы:**  $Al$ ,  $Zn$ ,  $Cr$ ,  $Fe$ ,  $H$ ,  $C$ ,  $LiAlH_4$ ,  $H_2$ ,  $NH_3$ , и др.
- **Отрицательно заряженные ионы неметаллов:**  $S^{2-}$ ,  $I^-$ ,  $Br^-$ ,  $Cl^-$  и др.
- **Положительно заряженные ионы металлов в низшей степени окисления:**  $Cr^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Cu^+$  и др.
- **Сложные ионы и молекулы, содержащие атомы в состоянии промежуточной степени окисления:**  $SO_3^{2-}$ ,  $NO_2^-$ ,  $CrO_2^-$ ,  $CO$ ,  $SO_2$ ,  $NO$ ,  $P_4O_6$ ,  $C_2H_5OH$ ,  $CH_3CHO$ ,  $HCOOH$ ,  $H_2C_2O_4$ ,  $C_6H_{12}O_6$  и др.
- **Электрический ток на катоде.**

Таблица 24. Стандартные электродные потенциалы в водных растворах при 25 °С (T = 298 K)

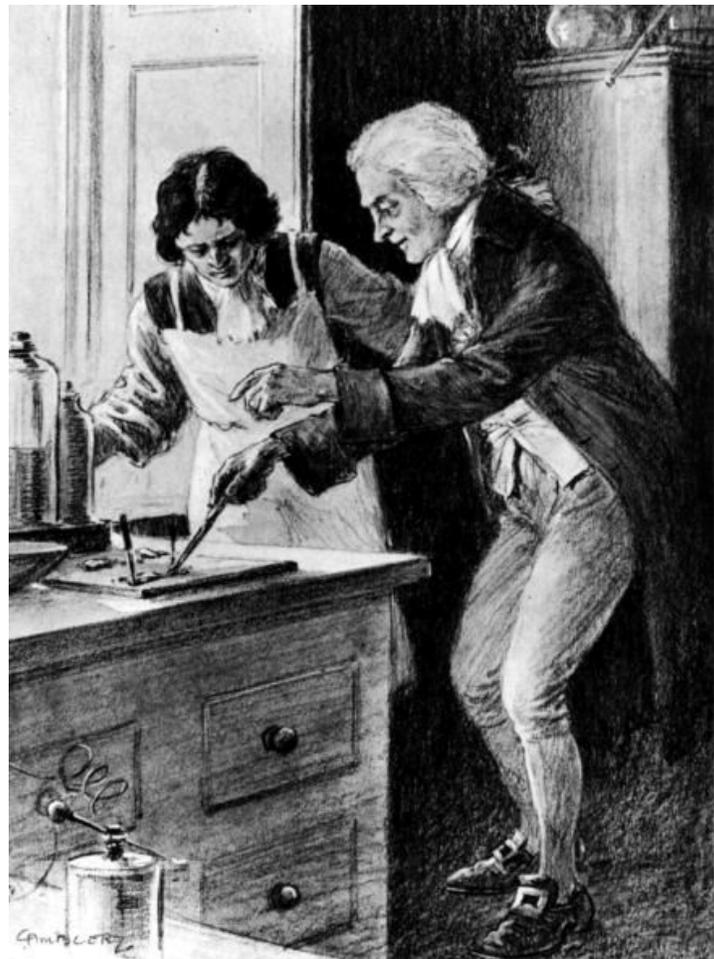
Окисленная форма акцептор электронов	+ nē	Восстановленная форма донор электронов	E°, В	
Очень слабый окислитель	$Li^+ + e^- \rightleftharpoons Li$	Li	Сильный восстановитель	-3,05
	$Ca^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Ca$	Ca		-2,87
	$Na^+ + e^- \rightleftharpoons Na$	Na		-2,71
	$Al^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Al$	Al		-1,66
	$Zn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Zn$	Zn		-0,76
	$Cr^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Cr$	Cr		-0,74
	$S + 2e^- \rightleftharpoons S^{2-}$	$S^{2-}$		-0,45
	$Fe^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Fe$	Fe		-0,44
	$Cr^{3+} + e^- \rightleftharpoons Cr^{2+}$	$Cr^{2+}$		-0,41
	$Ni^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Ni$	Ni		-0,25
	$Sn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Sn$	Sn		-0,14
	$Pb^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Pb$	Pb		-0,13
	$2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2$	$H_2$		0,0
	$NO_3^- + H_2O + 2e^- \rightleftharpoons NO_2^- + 2OH^-$	$NO_2^- + 2OH^-$		+0,01
	$Sn^{4+} + 2e^- \rightleftharpoons Sn^{2+}$	$Sn^{2+}$		+0,15
	$SO_4^{2-} + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons SO_3^{2-} + H_2O$	$SO_3^{2-} + H_2O$		+0,20
	$Cu^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Cu$	Cu		+0,34
	$I_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-$	$2I^-$		+0,54
	$MnO_4^- + e^- \rightleftharpoons MnO_4^{2-}$	$MnO_4^{2-}$		+0,56
	$MnO_4^- + 2H_2O + 3e^- \rightleftharpoons MnO_2 + 2H_2O$	$MnO_2 + 2H_2O$		+0,60
	$Fe^{3+} + e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}$	$Fe^{2+}$		+0,77
	$Hg_2^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons 2Hg$	$2Hg$		+0,80
	$Ag^+ + e^- \rightleftharpoons Ag$	Ag		+0,80
	$Hg^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Hg$	Hg		+0,85
	$NO_3^- + 4H^+ + 3e^- \rightleftharpoons NO + 2H_2O$	$NO + 2H_2O$		+0,96
	$NO_2^- + 2H^+ + e^- \rightleftharpoons NO + H_2O$	$NO + H_2O$		+1,00
	$Br_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2Br^-$	$2Br^-$		+1,07
	$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightleftharpoons 2H_2O$	$2H_2O$		+1,23
	$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightleftharpoons 2Cr^{3+} + 7H_2O$	$2Cr^{3+} + 7H_2O$		+1,33
	$Cl_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2Cl^-$	$2Cl^-$		+1,36
	$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightleftharpoons Mn^{2+} + 4H_2O$	$Mn^{2+} + 4H_2O$		+1,52
	$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons 2H_2O$	$2H_2O$		+1,78
	$O_3 + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons O_2 + H_2O$	$O_2 + H_2O$		+2,07
	$F_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2F^-$	$2F^-$	Очень слабый восстановитель	+2,87

Усиление электроакцепторной способности окисленной формы

Сильный окислитель

Усиление электродонорной способности восстановленной формы

# От гальванического элемента до электролиза



Опыты Гальвани



Рис. 3. Английский врач и физиолог Энтони Карлайл



Рис. 4. Английский физик, химик и инженер Уильям Никольсон



Рис. 1. Итальянский физик и физиолог Алессандро Вольта

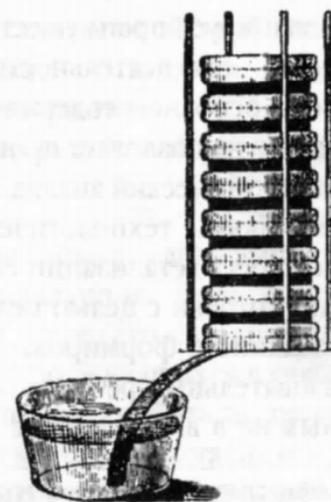


Рис. 2. Первый столб А. Вольта

М. А. Ахметов  
ИПК и ПРО, Ульяновск

## От познавательного интереса К РАСКРЫТИЮ СУЩНОСТИ электрохимических процессов

Химия в школе. – 2014. - №8. – С.38-44



Рис. 6. Английский физик и химик Гемфри Дэви

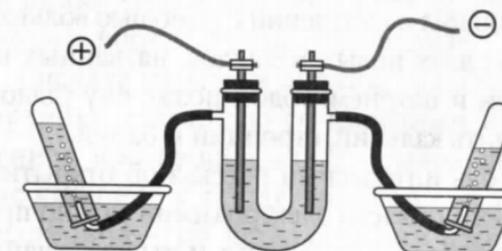


Рис. 5. Получение водорода Карлайлом и Никольсоном

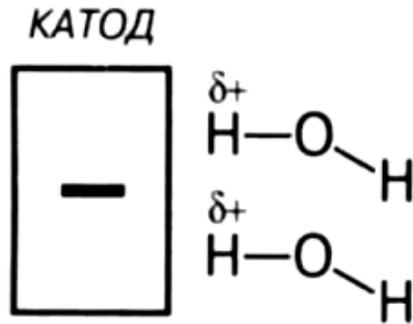


Рис. 9. Схема притяжения молекул воды катодом

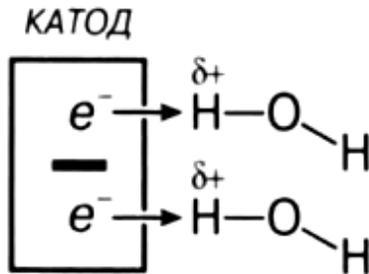


Рис. 10. Модель, демонстрирующая приобретение атомами водорода, имеющими частичный положительный заряд, электронов

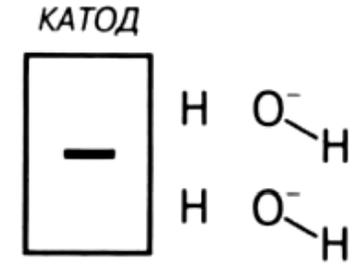


Рис. 11. Образование атомов водорода и щелочной среды раствора

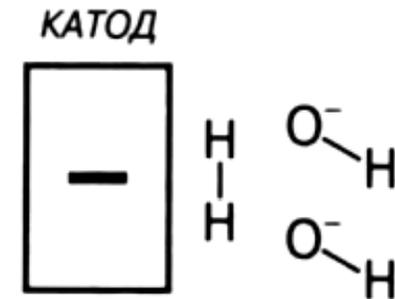
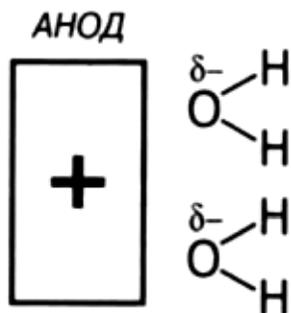
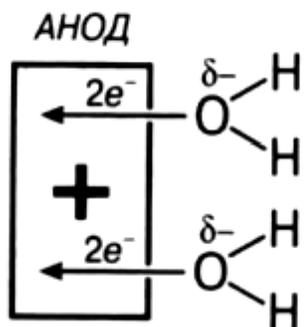


Рис. 12. Образование молекулы водорода в ходе электролиза

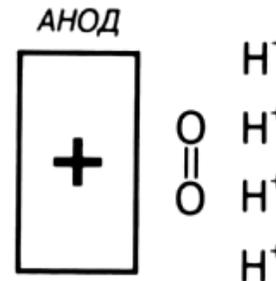
## Модель анодного процесса: окисление воды



**Рис. 13.** Молекулы воды притягиваются к аноду атомами кислорода



**Рис. 14.** Модель отдачи атомами кислорода электронов, происходящей на аноде



**Рис. 15.** Образование молекулы кислорода и кислотной среды раствора в результате электрохимических процессов, происходящих на аноде



## Модель анодного процесса: окисление карбоксильной группы

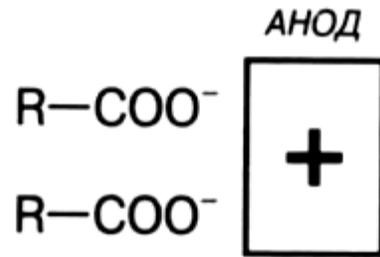
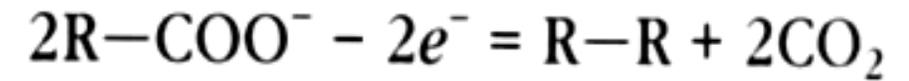


Рис. 16. Притяжение анионов карбоновых кислот к аноду

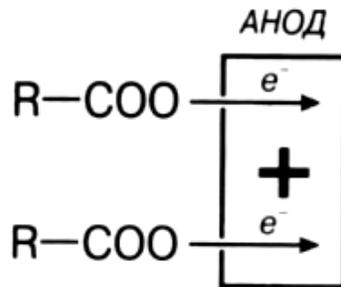


Рис. 17. Переход электрона с карбоксильной группы на анод

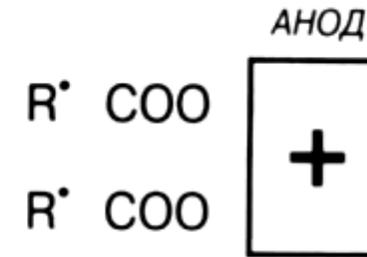


Рис. 18. Разрыв связей с образованием углеводородных радикалов и молекул углекислого газа

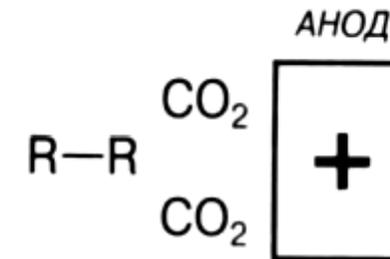


Рис. 19. Образование молекулы углеводорода

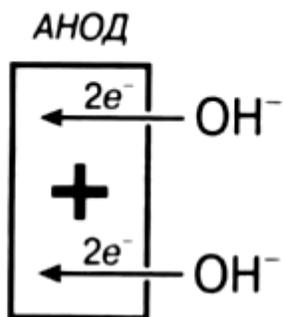
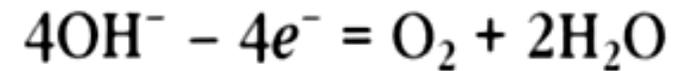


Рис. 20. Передача гидроксид-ионами электронов на анод

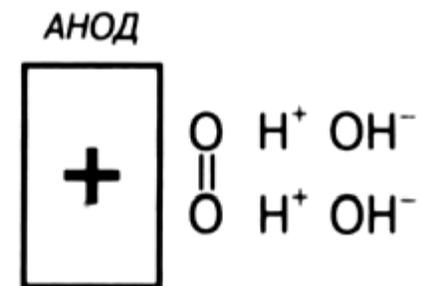


Рис. 22. Взаимодействие катионов водорода с гидроксид-ионами

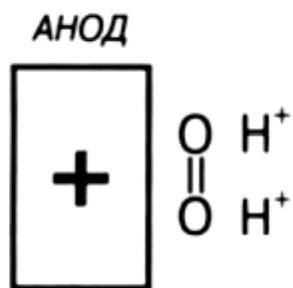


Рис. 21. Образование молекулы кислорода и высвобождение катионов водорода

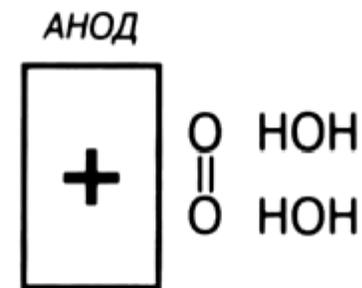


Рис. 23. Образование молекул воды в результате взаимодействия катионов водорода с гидроксид-ионами

## Примеры заданий 21, 22, 30

**21** Установите соответствие между уравнением реакции и свойством элемента азота, которое он проявляет в этой реакции: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

### УРАВНЕНИЕ РЕАКЦИИ

- А)  $\text{NH}_4\text{HCO}_3 = \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$   
Б)  $3\text{CuO} + 2\text{NH}_3 = \text{N}_2 + 3\text{Cu} + 3\text{H}_2\text{O}$   
В)  $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 = 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$

### СВОЙСТВО АЗОТА

- 1) является окислителем  
2) является восстановителем  
3) является и окислителем, и восстановителем  
4) не проявляет окислительно-восстановительных свойств

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б	В

**22** Установите соответствие между формулой соли и продуктами электролиза водного раствора этой соли, которые выделились на инертных электродах: к каждой позиции, обозначенной буквой, подберите соответствующую позицию, обозначенную цифрой.

### ФОРМУЛА СОЛИ

- А)  $\text{Na}_3\text{PO}_4$   
Б)  $\text{KCl}$   
В)  $\text{CuBr}_2$   
Г)  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$

### ПРОДУКТЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА

- 1)  $\text{H}_2, \text{O}_2$   
2)  $\text{Cu}, \text{O}_2$   
3)  $\text{Cu}, \text{Br}_2$   
4)  $\text{H}_2, \text{Cl}_2$   
5)  $\text{Cu}, \text{NO}_2$

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б	В	Г

Для выполнения заданий 30, 31 используйте следующий перечень веществ:

перманганат калия, гидрокарбонат калия, сульфит натрия, сульфат бария, гидроксид калия. Допустимо использование водных растворов веществ.

**30** Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми возможна окислительно-восстановительная реакция. Запишите уравнение только одной из возможных окислительно-восстановительных реакций, используя не менее двух веществ из предложенного перечня. Составьте электронный баланс, укажите окислитель и восстановитель.

### ЗАДАНИЕ ПО ТЕМЕ «ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ»

1. Приведите примеры типичных окислителей и типичных восстановителей?
2. Приведите пример веществ, проявляющих двойственную окислительно-восстановительную функцию?
3. Составьте уравнения ОВР в различных средах с участием
  - а) Перманганата калия
  - б) Хромата и дихромата калия
  - в) Галогенов, их кислородсодержащих солей в щелочной среде
  - г) Концентрированной серной кислоты
  - е) Азотной кислоты различной концентрации
  - ж) Пероксидов

## Тренинг по теме ОВР

### Задание 30-пример 1

Даны вещества: перманганат калия, гидрокарбонат калия, сульфит натрия, сульфат бария, гидроксид калия. Допустимо использование водных растворов веществ.

Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми возможна окислительно-восстановительная реакция. Запишите уравнение этой реакции, подобрав коэффициенты методом электронного баланса. Укажите окислитель и восстановитель.

### Задание 30-пример 2

Даны вещества: дихромат калия, гидрокарбонат меди (II), бромоводород, серная кислота, хлорид серебра. Допустимо использование водных растворов веществ.

Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми возможна окислительно-восстановительная реакция. Запишите уравнение этой реакции, подобрав коэффициенты методом электронного баланса. Укажите окислитель и восстановитель.

### Задание 30-пример 3

Даны вещества: хромат калия, гидрофосфат натрия, нитрит натрия, гидроксид натрия, карбонат калия. Допустимо использование водных растворов веществ.

Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми возможна окислительно-восстановительная реакция. Запишите уравнение этой реакции, подобрав коэффициенты методом электронного баланса. Укажите окислитель и восстановитель.

### Задание 30-пример 4

Даны вещества: перманганат калия, дигидрофосфат натрия, нитрат калия, серная кислота, аммиак. Допустимо использование водных растворов веществ.

Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми возможна окислительно-восстановительная реакция. Запишите уравнение этой реакции, подобрав коэффициенты методом электронного баланса. Укажите окислитель и восстановитель.

### Задание 30-пример 5

Даны вещества: перманганат натрия, тетрагидроксоцинкат натрия, нитрат калия, азотная кислота, оксид железа (II). Допустимо использование водных растворов веществ.

Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми возможна окислительно-восстановительная реакция. Запишите уравнение этой реакции, подобрав коэффициенты методом электронного баланса. Укажите окислитель и восстановитель.

### Задание 30-пример 6

Даны вещества: нитрат железа(II), концентрированная азотная кислота, оксид кремния(IV), углекислый газ, гидроксид алюминия.

Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми возможна окислительно-восстановительная реакция. Запишите уравнение этой реакции, подобрав коэффициенты методом электронного баланса. Укажите окислитель и восстановитель.

### Задание 30-пример 7

Даны вещества: оксид кремния (IV), нитрат калия, оксид фосфора (III), углекислый газ, гидроксид калия

Из предложенного перечня веществ выберите вещества, между которыми возможна окислительно-восстановительная реакция. Запишите уравнение этой реакции, подобрав коэффициенты методом электронного баланса. Укажите окислитель и восстановитель.

# САЙТ КОРПОРАЦИИ «РОССИЙСКИЙ УЧЕБНИК»

## МЕТОДИЧЕСКАЯ ПОМОЩЬ ПО ПРЕДМЕТУ

Интернет-магазин Где купить Контакты Дистанционное обучение Аудио Новости ЛЕСТА Мой личный кабинет

росский учебник дрофа вентана граф

Методическая помощь по предмету Вебинары Каталог Поиск

### Методическая помощь

Выберите тип методической помощи

Вебинары	Внеурочная деятельность (конкурсные работы)	Из опыта педагогов
Конкурсы и акции	Конференции, форумы и фестивали	Курсы повышения квалификации
Методические пособия	Методический семинар	Наглядные и раздаточные материалы
Познавательные игры	Презентации к урокам	Рабочие программы
Рабочие программы, разработанные педагогами	Разработки уроков (конспекты уроков)	Статьи

### Проекты

Выберите тип методической помощи, чтобы посмотреть материалы и мероприятия по предмету или уточните УМК.

Закрыть

[rosuchebnik.ru](http://rosuchebnik.ru), [росучебник.рф](http://rosuchebnik.ru)

Москва, Пресненская наб., д. 6, строение 2  
+7 (495) 795 05 35, 795 05 45, [info@rosuchebnik.ru](mailto:info@rosuchebnik.ru)

## Нужна методическая поддержка?

Методический центр  
8-800-2000-550 (звонок бесплатный)  
[metod@rosuchebnik.ru](mailto:metod@rosuchebnik.ru)

## Хотите купить?

 **ook 24**

Официальный интернет-магазин  
учебной литературы [book24.ru](http://book24.ru)



LECTA

Цифровая среда школы  
[lecta.rosuchebnik.ru](http://lecta.rosuchebnik.ru)



Отдел продаж  
[sales@rosuchebnik.ru](mailto:sales@rosuchebnik.ru)

## Хотите продолжить общение?



[youtube.com/user/drofapublishing](https://youtube.com/user/drofapublishing)



[fb.com/rosuchebnik](https://fb.com/rosuchebnik)



[vk.com/ros.uchebnik](https://vk.com/ros.uchebnik)



[ok.ru/rosuchebnik](https://ok.ru/rosuchebnik)