

О.С. ГАБРИЕЛЯН, С.А. СЛАДКОВ

**Подготовка выпускников средних  
учебных заведений к сдаче ЕГЭ по химии**

Лекции 5–8

Москва  
Педагогический университет  
«Первое сентября»  
2010

*Олег Сергеевич Габриелян  
Сергей Анатольевич Сладков*

Материалы курса «Подготовка выпускников средних учебных заведений к сдаче ЕГЭ по химии»: лекции 5–8. – М.: Педагогический университет «Первое сентября», 2010. – 108 с.

*Учебно-методическое пособие*

Редактор *О.Г. Блохина*  
Корректор *Е.Е. Полячек*  
Компьютерная верстка *Д.В. Кардановская*

Подписано в печать 19.06.2010.  
Формат 60×90/16. Гарнитура «Times New Roman».  
Печать офсетная. Печ. л. 6,75  
Тираж 300 экз. Заказ №  
Педагогический университет «Первое сентября»,  
ул. Киевская, д. 24, Москва, 121165  
<http://edu.1september.ru>

© О.С. Габриелян, 2010

© С.А. Сладков, 2010

© Педагогический университет «Первое сентября», 2010

## Учебный план

№ брошюры	Название лекции
1	<p><b>Лекция № 1.</b> Общая характеристика единого государственного экзамена по химии. <i>Достоинства и недостатки ЕГЭ как формы итоговой аттестации знаний выпускников средних общеобразовательных учебных заведений. Нормативная база определения содержания ЕГЭ по химии. Структура теста ЕГЭ по химии. Характеристика частей А, В, С и рекомендации по регламенту их выполнения</i></p>
1	<p><b>Лекция № 2.</b> Особенности подготовки учащихся к выполнению заданий части А теста ЕГЭ по химии. <i>Содержательные блоки части А теста. Методические рекомендации по оптимизации процесса выполнения заданий по темам: «Периодический закон и строение атома», «Электроотрицательность», «Строение вещества», «Классификация, номенклатура и характерные химические свойства неорганических веществ»</i></p>
1	<p><b>Лекция № 3.</b> Особенности подготовки учащихся к выполнению заданий части А теста ЕГЭ по химии (окончание). <i>Методические рекомендации по оптимизации процесса выполнения заданий по темам: «Химические реакции», «Прикладное значение химии», «Строение и свойства органических веществ».</i> <b>Контрольная работа № 1</b></p>
1	<p><b>Лекция № 4.</b> Особенности подготовки учащихся к выполнению заданий части В теста ЕГЭ по химии. <i>Содержательные блоки части В теста. Методические рекомендации по оптимизации процесса выполнения заданий по темам: «Многообразие неорганических и органических веществ», «Окислительно-восстановительные процессы», «Электролиз»</i></p>
2	<p><b>Лекция № 5.</b> Особенности подготовки учащихся к выполнению заданий части В теста ЕГЭ по химии (окончание). <i>Методические рекомендации по оптимизации процесса выполнения заданий по темам: «Гидролиз солей», «Свойства неорганических и органических веществ и способы их получения», «Механизмы реакций»</i></p>
2	<p><b>Лекция № 6.</b> Особенности подготовки учащихся к выполнению заданий части С теста ЕГЭ по химии. <i>Содержательные блоки части С теста. Методические рекомендации по оптимизации процесса выполнения заданий этой части теста.</i> <b>Контрольная работа № 2</b></p>
2	<p><b>Лекция № 7.</b> Методические рекомендации по подготовке учащихся к выполнению заданий на окислительно-восстановительные реакции в неорганической и органической химии</p>
2	<p><b>Лекция № 8.</b> Методические рекомендации по подготовке учащихся к выполнению заданий на расчетные задачи и нахождение молекулярной формулы вещества. <b>Итоговая работа (см. с. 104)</b></p>

**Лекция № 5**  
**Особенности подготовки учащихся**  
**к выполнению заданий части В теста ЕГЭ**  
**по химии (окончание)**

*Тема «Гидролиз солей»*

**Пример 1.** Установите соответствие между формулой соли и типом гидролиза этой соли.

Формула соли	Тип гидролиза
А) $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ;	1) По катиону;
Б) $\text{NH}_4\text{Cl}$ ;	2) по аниону;
В) $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ;	3) по катиону и по аниону.
Г) $\text{NaNO}_2$ .	

Для выполнения заданий этого типа необходимы элементарные знания о сильных и слабых кислотах и основаниях. Соли слабого основания и сильной кислоты гидролизуются по катиону (Б–1), соли сильного основания и слабой кислоты гидролизуются по аниону (В–2, Г–2), соли слабого основания и слабой кислоты гидролизуются как по катиону, так и по аниону (А–3). Правильный ответ – 3122.

**Пример 2.** Установите соответствие между названием соли и способностью ее к гидролизу.

Название соли	Способность к гидролизу
А) Хлорид натрия;	1) Гидролиз по катиону;
Б) нитрат цинка;	2) гидролиз по аниону;
В) фосфат натрия;	3) гидролиз по катиону и по аниону;
Г) гидросульфат натрия.	4) гидролизу не подвергается.

Сначала необходимо записать формулы предложенных в задании солей, а затем выполнить его по аналогии с предыдущим. Правильный ответ – 4124.

**Пример 3.** Установите соответствие между названием соли и средой ее водного раствора.

Название соли	Среда раствора
А) Нитрат свинца(II);	1) Кислая;
Б) карбонат калия;	2) щелочная;
В) нитрат натрия;	3) нейтральная.
Г) сульфид лития.	

Задание, очень похожее на аналогичные задания части А. Правильный ответ – 1232.

Пример 4. Установите соответствие между схемой реакции и средой ее раствора.

Схема реакции	Среда раствора
А) $\text{PCl}_5 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \dots$ ;	1) Кислая;
Б) $\text{Mg}_3\text{N}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 + \dots$ ;	2) щелочная;
В) $\text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{OH})\text{Cl} + \dots$ ;	3) нейтральная.
Г) $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ .	

В вариантах А и Б предложены не соли, а бинарные соединения, подвергающиеся гидролизу. Очевидно, что для выполнения этого задания необходимо дописать схемы реакций:

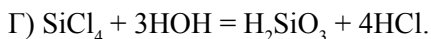
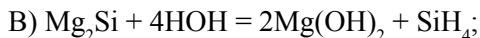
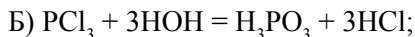
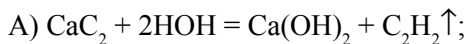
- А)  $\text{PCl}_5 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{HCl}$ ;
- Б)  $\text{Mg}_3\text{N}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{NH}_3$ ;
- В)  $\text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{OH})\text{Cl} + \text{HCl}$ ;
- Г)  $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \nrightarrow$  .

Это позволит определить среду раствора: А – кислая, Б – щелочная, В – кислая, Г – нейтральная. Правильный ответ – 1213.

Пример 5. Установите соответствие между веществом и конечными продуктами его гидролиза.

Вещество	Продукты гидролиза
А) Карбид кальция;	1) Гидроксид магния, силан;
Б) хлорид фосфора(III);	2) кремниевая и соляная кислоты;
В) силицид магния;	3) гидроксид кальция, ацетилен;
Г) хлорид кремния.	4) фосфорная и соляная кислоты;
	5) фосфористая и соляная кислоты.

Рекомендуем записать формулы исходных веществ и соответствующие уравнения реакций гидролиза:



Обращаем внимание на достаточную сложность задания, связанную с необходимостью знания номенклатуры и реакций гидролиза бинарных соединений. Для написания уравнений реакций необратимого гидролиза рекомендуем помнить, что это обменный процесс, а потому воду лучше записывать в уравнении в виде НОН.

Несмотря на сложность, это задание легко выполнить на основе обычной логики. В правом столбике предложен лишь один вариант ответа, где в состав продуктов входит кальций, поэтому несложно установить соответствие А–3. Аналогично устанавливаются соответствия В–1 и Г–2. Останется установить соответствие для гидролиза хлорида фосфора(III), что сделать опять-таки несложно на основе одинаковых значений степени окисления фосфора в исходном веществе и продукте его гидролиза. Правильный ответ – 3512.

**Пример 6.** Установите соответствие между формулой соли и молекулярно-ионным уравнением гидролиза.

Формула соли	Молекулярно-ионное уравнение
А) $\text{KNO}_2$ ;	1) $\text{S}^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HS}^- + \text{OH}^-$ ;
Б) $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ ;	2) $\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HNO}_2 + \text{OH}^-$ ;
В) $\text{Na}_2\text{S}$ ;	3) $6\text{H}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{S}_3 = 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2\text{S}$ ;
Г) $\text{Al}_2\text{S}_3$ .	4) $\text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{FeOH}^{2+} + \text{H}^+$ ;
	5) $\text{Al}^{3+} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{AlOH}^{2+} + \text{H}^+$ ;
	6) $\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HNO}_3 + \text{OH}^-$ .

Вначале устанавливается однозначное соответствие между составом соли А и молекулярно-ионным уравнением в правом столбике – А–2 (иного варианта в этом столбике нет). Затем устанавливается соответствие Г–3 на основании знания того, что сульфид алюминия гидролизуется необратимо. Обращаем ваше внимание на заведомо неверный вариант ответа – 6 (анион сильной кислоты не гидролизуется). Соответствия Б–4 и В–1 устанавливаются на основании анализа состава солей (гидролиз по катиону и аниону соответственно). Правильный ответ – 2413.

**Пример 7.** Установите соответствие между формулой соли и молекулярно-ионным уравнением гидролиза.

Формула соли	Молекулярно-ионное уравнение
А) $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ;	1) $\text{S}^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HS}^- + \text{OH}^-$ ;
Б) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ;	2) $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ;
В) $\text{K}_2\text{S}$ ;	3) $\text{PO}_4^{3-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HPO}_4^{2-} + \text{OH}^-$ ;
Г) $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ .	4) $\text{PO}_4^{3-} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{OH}^-$ ;
	5) $\text{Al}^{3+} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{AlOH}^{2+} + \text{H}^+$ ;
	6) $\text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{OH}^-$ .

Обращаем ваше внимание на заведомо неверный вариант ответа – 6 (анион сильной кислоты не гидролизуется). Остальные соответствия можно установить на основе анализа состава солей и обычной логики. Правильный ответ – 3512.

**Пример 8.** Установите соответствие между формулами двух солей и способностью к гидролизу соответственно.

Формулы солей	Способность к гидролизу
А) $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , $\text{NaCl}$ ;	1) Гидролиз по катиону, гидролиз по аниону;
Б) $\text{CuSO}_4$ , $\text{K}_2\text{S}$ ;	2) гидролиз по аниону, не гидролизуется;
В) $\text{LiNO}_3$ , $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ;	3) гидролиз по катиону, не гидролизуется;
Г) $\text{KCN}$ , $\text{AlCl}_3$ .	4) гидролиз по аниону, гидролиз по катиону;
	5) не гидролизуется, гидролиз по катиону;
	6) не гидролизуется, гидролиз по аниону.

Выполнять задание рекомендуется, разбив левый столбик на два подстолбика. Зная, по какому иону гидролизуются соли различного типа, по формуле первого вещества из пары отбирают возможные варианты ответов из правого столбика, по формуле второй соли вы-

бирают единственно верный из этих вариантов. Например, для первой пары: гидролиз карбоната натрия протекает по аниону (соответствия А–2, А–4), хлорид натрия не гидролизуется (остается соответствие А–2). Правильный ответ – 2164.

**Пример 9.** Установите соответствие между формулами двух солей и реакцией среды их растворов соответственно.

Формулы солей	Реакция среды
А) $K_2SO_4$ , $Na_2SO_3$ ;	1) Кислая, щелочная;
Б) $CH_3COONa$ , $KNO_2$ ;	2) нейтральная, кислая;
В) $LiNO_3$ , $ZnCl_2$ ;	3) нейтральная, щелочная;
Г) $(NH_4)_2SO_4$ , $C_{17}H_{35}COOK$ .	4) щелочная, щелочная;
	5) кислая, кислая;
	6) щелочная, кислая.

Выполнять задание рекомендуется, разбив левый столбик на два подстолбика. На основании анализа состава первой соли из пары и реакции среды в ее растворе отбирают возможные варианты ответов из правого столбика, по формуле второй соли выбирают единственно верный из этих вариантов. Например, для первой пары: сульфат калия образован сильной кислотой и сильным основанием, реакция среды – нейтральная (соответствия А–2, А–3), сульфит натрия образован сильным основанием и кислотой средней силы, среда раствора – щелочная (остается соответствие А–3). Правильный ответ – 3421.

### ***Тема «Свойства неорганических веществ»***

**Пример 1.** Установите соответствие между названием оксида и формулами веществ, с которыми он взаимодействует.

Название оксида	Формулы веществ
А) Оксид углерода(IV);	1) $C$ , $HNO_3$ , $H_2$ ;
Б) оксид меди(II);	2) $Ag$ , $Fe_2O_3$ , $H_2O$ ;
В) оксид кальция;	3) $Mg$ , $Ca(OH)_2$ , $H_2O$ ;
Г) оксид железа(II).	4) $NaOH$ , $HNO_3$ , $CO_2$ ;
	5) $FeO$ , $CO_2$ , $NH_3$ ;
	6) $H_2O$ , $SiO_2$ , $H_2SO_4$ .



Многоплановое задание, требующее знаний не только свойств кислотных и основных оксидов, но и индивидуальных свойств их отдельных представителей. Тем не менее, чтобы уменьшить поле выбора, следует исключить заведомо неприемлемые варианты из правого столбика. Зная, что оксиды меди(II) и железа(II) с водой не взаимодействуют, для них исключаем варианты, в которых вода присутствует в качестве реагента: 2, 3 и 6. Кроме того, для оксида железа (II) исключается вариант 5, в котором приведена его формула. Для Б устанавливаем соответствие с 1 (как оксид металла, он взаимодействует с кислотой и восстанавливается углеродом и водородом до свободной меди). Аналогично устанавливаем соответствие Г–1. Зная, что оксид углерода(IV) относится к кислотным оксидам и, следовательно, не реагирует с кислотами, для А исключаются варианты 1, 4 и 6. Из оставшихся вариантов устанавливается соответствие А–3 (напоминаем: углекислый газ, хоть и не поддерживает горения, но магний в нем горит). Для оксида кальция (В), как основного оксида, исключаются варианты ответов, содержащие формулы щелочей (3 и 4), и легко устанавливается соответствие с 6. Правильный ответ – 3161.

**Пример 2.** Установите соответствие между названием оксида и формулами веществ, с которыми он взаимодействует.

Название оксида	Формулы веществ
А) Оксид калия;	1) $H_2O$ , $MgO$ , $LiOH$ ;
Б) оксид углерода;	2) $Fe_3O_4$ , $H_2O$ , $Si$ ;
В) оксид хрома(III);	3) $H_2$ , $Fe_3O_4$ , $O_2$ ;
Г) оксид азота(V).	4) $H_2O$ , $N_2O_5$ , $H_3PO_4$ ;
	5) $Ca(OH)_2$ , $NaOH$ , $Al$ ;
	6) $Al$ , $N_2O_5$ , $H_2O$ .

В соответствии с рекомендациями для задания 1 для оксида хрома (В) исключаются варианты 1, 2, 4, 6 и устанавливается соответствие с 5: как амфотерный оксид,  $Cr_2O_3$  взаимодействует со щелочами, а также восстанавливается алюминием. Оксид калия (А), как основной, взаимодействует с веществами группы 4. Несолеобразующий оксид углерода(II) является восстановителем и вступает в реакции с веществами группы 3: взаимодействием  $CO$  с  $H_2$  получают метанол, восстанавливают железо из оксидов (черная металлургия) и исполь-

зуют как газообразное топливо (генераторный газ). Кислотный оксид азота(V) взаимодействует с веществами группы 1. Правильный ответ – 4351.

**Пример 3.** Установите соответствие между названием оксида и формулами веществ, с которыми он взаимодействует.

Название оксида	Формулы веществ
А) Оксид железа(II);	1) $\text{H}_2\text{O}$ , $\text{CO}_2$ , $\text{LiOH}$ ;
Б) оксид кальция;	2) $\text{H}_2\text{SO}_4$ , $\text{KOH}$ , $\text{N}_2\text{O}_5$ ;
В) оксид алюминия;	3) $\text{H}_2\text{O}$ , $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , $\text{O}_2$ ;
Г) оксид серы(IV).	4) $\text{HCl}$ , $\text{CO}$ , $\text{Al}$ ;
	5) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , $\text{CO}_2$ , $\text{H}_2\text{O}$ ;
	6) $\text{H}_2\text{O}$ , $\text{CH}_3\text{COOH}$ , $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .

Для  $\text{FeO}$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  исключаются группы реагентов, включающие воду: 1, 3, 5, 6. Для  $\text{FeO}$  как основного оксида (взаимодействует с соляной кислотой) устанавливается соответствие А–4, т.к. он восстанавливается до свободного железа  $\text{CO}$  и  $\text{Al}$ . Для  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , как амфотерного оксида, устанавливаем соответствие с группой 2. Для основного оксида кальция находим соответствие с группой 6. Для кислотного оксида серы(IV) – с группой 3. Правильный ответ – 4623.

**Пример 4.** Установите соответствие между исходными веществами и основными продуктами их взаимодействия.

Исходные вещества	Продукты реакции
А) $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ;	1) $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6] + \text{NaCl}$ ;
Б) $\text{Al} + \text{H}_2\text{SO}_4$ ;	2) $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NaCl}$ ;
В) $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{HCl}$ ;	3) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2$ ;
Г) $\text{AlCl}_3 + \text{NaOH}$ (изб.).	4) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$ ;
	5) $\text{AlCl}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .

Единственная сложность в этом задании заключается в необходимости уточнения условия Г –  $\text{NaOH}$  (избыток). Следовательно, образовавшийся амфотерный гидроксид алюминия провзаимодействует с избытком щелочи с образованием комплексной соли. В данном тесте приводится один из возможных вариантов такой соли (другие воз-

возможные варианты –  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ ,  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ ). Правильный ответ – 4351.

**Пример 5.** Установите соответствие между исходными веществами и продуктами их взаимодействия.

Исходные вещества	Продукты реакции
А) $\text{AlCl}_3 + \text{KOH}$ (недост.) $\rightarrow \dots$ ;	1) $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{HCl}$ ;
Б) $\text{AlCl}_3 + \text{KOH}$ (изб.) $\rightarrow \dots$ ;	2) $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{KCl}$ ;
В) $\text{AlCl}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ ;	3) $\text{Al}(\text{OH})\text{Cl}_2 + \text{HCl}$ ;
Г) $\text{AlCl}_3 + \text{KOH} \xrightarrow{\text{сплавл.}} \dots$	4) $\text{K}_3\text{AlO}_3 + \text{HCl}$ ;
	5) $\text{K}_3[\text{Al}(\text{OH})_6] + \text{KCl}$ ;
	6) $\text{KAlO}_2 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ .

Это задание похоже на предыдущее и несколько усложнено разнообразием условий проведения реакций (недостаток или избыток щелочи, сплавление). Кроме этого, в варианте В предложен гидролиз соли. Правильный ответ – 2536.

**Пример 6.** Установите соответствие между исходными веществами и продуктами их взаимодействия.

Исходные вещества	Продукты реакции
А) $\text{CaC}_2 + \text{HCl} \rightarrow \dots$ ;	1) $\text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;
Б) $\text{Ca} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ ;	2) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ;
В) $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ ;	3) $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2$ ;
Г) $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \dots$	4) $\text{CaCl}_2 + \text{C}_2\text{H}_2$ ;
	5) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ;
	6) $\text{CaO} + \text{H}_2$ .

Вначале исключается заведомо неверный вариант б (в водной среде образование оксида кальция невозможно). Очевидно, необходимо исключить и вариант 1, т.к. для него нет соответствующей левой части уравнения. Некоторое сложение может вызвать соотношение Г–5, основанное на знании перехода карбоната в гидрокарбонат и обратно. Правильный ответ – 4325.

**Пример 7.** Установите соответствие между названием кислоты и формулами веществ, с которыми она взаимодействует.

Название кислоты	Формулы веществ
А) Бромоводородная кислота;	1) $\text{BaCl}_2$ , $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , $\text{Al}$ ;
Б) серная кислота (разб.);	2) $\text{P}$ , $\text{Pb}$ , $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ (р-р);
В) серная кислота (конц.);	3) $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , $\text{CO}_2$ , $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;
Г) азотная кислота.	4) $\text{Cl}_2$ , $\text{AgNO}_3$ , $\text{CaO}$ ;
	5) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , $\text{SiO}_2$ , $\text{NaCl}$ (р-р);
	6) $\text{NaNO}_3$ (кр.), $\text{Cu}$ , $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ .

Вначале следует исключить заведомо неприемлемые варианты в правом столбике – 3 и 5, т.к. они содержат кислотные оксиды, с которыми указанные кислоты не реагируют. Соответствие А–4 установить несложно, поскольку с хлором из предложенных кислот взаимодействует только бромоводородная. Разбавленная серная кислота проявляет типичные свойства кислот, что отражает соответствие Б–1. Тот же набор реагентов не подходит для концентрированной серной кислоты, т.к. она пассивирует алюминий, но вытесняет летучую азотную кислоту из твердых нитратов – устанавливается соответствие В–6. Азотная кислота взаимодействует с набором веществ группы 2; с двумя первыми протекают окислительно-восстановительные реакции, с третьим – реакция обмена. Правильный ответ – 4162.

**Пример 8.** Установите соответствие между названием гидроксида и формулами веществ, с которыми он взаимодействует.

Название гидроксида	Формулы веществ
А) Гидрат аммиака;	1) $\text{SiO}_2$ , $\text{ZnO}$ , $\text{NO}_2$ ;
Б) гидроксид алюминия;	2) $\text{CuSO}_4$ , $\text{CuO}$ , $\text{Ag}$ ;
В) гидроксид натрия;	3) $\text{Cu}(\text{OH})_2$ , $\text{HCl}$ , $\text{AgCl}$ ;
Г) гидроксид железа(II).	4) $\text{H}_2\text{SO}_4$ , $\text{NaOH}$ , $\text{CH}_3\text{COOH}$ ;
	5) $\text{HNO}_3$ , $\text{HBr}$ , $\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;
	6) $\text{H}_3\text{PO}_4$ , $\text{KCl}$ , $\text{SO}_3$ .

Вначале следует исключить заведомо неприемлемые варианты – 2 и 6, т.к. они содержат вещества (серебро и хлорид калия), не взаимодействующие ни с одним из приведенных в условии гидроксидов.

Гидрату аммиака соответствует набор реагентов группы 3 (с нерастворимым хлоридом серебра он образует растворимый в воде комплекс). Амфотерному гидроксиду алюминия соответствует вариант ответа 4 (он единственный из приведенных в условии гидроксидов взаимодействует со щелочью). Гидроксид натрия реагирует со всеми веществами набора 1. Гидроксид железа(II), в отличие от остальных, окисляется до гидроксида железа(III). Правильный ответ – 3415.

**Пример 9.** Установите соответствие между названием соли и формулами веществ, с которыми она взаимодействует.

Название соли	Формулы веществ
А) Хлорат калия;	1) $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , $\text{HNO}_3$ , $\text{NaCl}$ ;
Б) карбонат кальция;	2) $\text{Mg}$ , $\text{KOH}$ , $\text{Cl}_2$ ;
В) сульфат железа(II);	3) $\text{NaOH}$ , $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , $\text{Sn}$ ;
Г) хлорид меди(II).	4) $\text{H}_2\text{SO}_4$ , $\text{NaOH}$ , $\text{CuO}$ ;
	5) $\text{HNO}_3$ , $\text{HBr}$ , $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;
	6) $\text{HCl}$ , $\text{P}$ , $\text{S}$ .

Вначале следует исключить заведомо неприемлемые варианты – 1 и 4, т.к. они содержат вещества, не взаимодействующие ни с одной из приведенных в условии солей (хлорид натрия, оксид меди(II)).

Хлорату калия, более известному под тривиальным названием бертолетова соль, как сильному окислителю, соответствует набор восстановителей – вариант 6. Нерастворимый в воде карбонат кальция взаимодействует с набором кислот – вариант 5. Сульфат железа(II) взаимодействует с веществами, соответствующими варианту 2. Хлорид меди(II) реагирует со всеми веществами варианта 3. Правильный ответ – 6523.

**Пример 10.** Установите соответствие между веществом, реагирующим с железом, и названием железосодержащего продукта, который при этом образуется.

Название реагента	Название продукта
А) Хлор;	1) сульфат железа(II);
Б) соляная кислота;	2) хлорид железа(II);
В) сера;	3) сульфат железа(III);
Г) сульфат меди(II) (р-р).	4) хлорид железа(III);
	5) сульфид железа(II);
	6) сульфид железа(III).

Задание выполнить несложно, т.к. только сильный окислитель – хлор – из числа приведенных в условии реагентов окисляет железо до степени окисления +3 (соответствие А–4). Остальные реагенты окисляют его до степени окисления +2. Правильный ответ – 4251.

**Темы: «Свойства и получение углеводов», «Механизмы реакций в органической химии»**

**Пример 1.** Промежуточное образование карбокатиона  $\text{CH}_3-\text{CH}^+-\text{CH}_3$  происходит при взаимодействии:

- 1) пропена и водорода;
- 2) пропена и бромоводорода;
- 3) пропана и хлора;
- 4) пропена и хлороводорода;
- 5) пропена и кислорода;
- 6) пропена и воды;

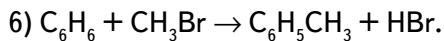
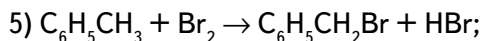
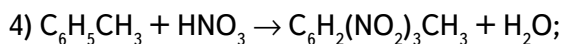
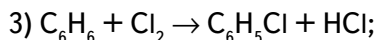
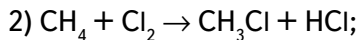
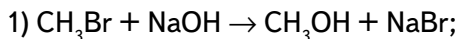
Карбокатион образуется только в результате взаимодействия пропена с электрофильным катионом  $\text{H}^+$ , а его могут предоставить только галогеноводороды. Правильный ответ – 24.

**Пример 2.** По радикальному механизму протекают реакции:

- 1)  $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} + \text{HCl}$ ;
- 2)  $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{HBr} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$ ;
- 3)  $\text{CH}_3\text{OH} + \text{HBr} \rightarrow \text{CH}_3\text{Br} + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 4)  $\text{CH}_4 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 5)  $\text{CH}_4 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{Br} + \text{HBr}$ ;
- 6)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br} + \text{NaOH} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + \text{NaBr} + \text{H}_2\text{O}$ .

По радикальному механизму протекают реакции галогенирования и нитрования алканов и аренов (по алкильному заместителю). На основании принадлежности исходного вещества к данным классам отбираются возможные варианты ответа – 1, 4, 5. Анализ природы реагента (галогены и азотная кислота) подтверждают правильность ответа. Правильный ответ – 145.

**Пример 3.** По механизму электрофильного замещения протекают реакции:



Реакция электрофильного замещения характерна для аренов. На этом основании отбираются возможные варианты ответов 3–6. Однако бромирование толуола (вариант 5) протекает по боковой цепи (алкильному заместителю), а не по ароматическому кольцу, следовательно, идет по радикальному механизму. Остальные варианты ответов удовлетворяют условию. Правильный ответ – 346.

**Пример 4.** Радикальный механизм бромирования этана состоит из следующих стадий:

- 1) слияние цепи;
- 2) зарождение цепи;
- 3) развитие цепи;
- 4) разветвление цепи;
- 5) удлинение цепи;
- 6) обрыв цепи.

Ответ на вопрос предполагает хорошее знание механизмов реакций в органической химии. Так, реакция радикального замещения проходит через ряд последовательных стадий: зарождение цепи, развитие цепи и обрыв цепи. Остальные термины для реакций такого типа либо не используются (слияние, удлинение), либо не отражают особенности реакций бромирования алканов (разветвление). Правильный ответ – 236.

**Пример 5.** Реакция гидробромирования пропена протекает:

- 1) в соответствии с правилом Марковникова;
- 2) в соответствии с правилом Зайцева;
- 3) по радикальному механизму;

- 4) по механизму электрофильного присоединения;
- 5) с преимущественным образованием 2-бромпропана;
- 6) с преимущественным образованием 1-бромпропана.

Анализ природы субстрата (алкен) и реагента (галогеноводород) позволяет сделать вывод о механизме протекания реакции – электрофильное присоединение (вариант 4). Присоединение галогеноводородов к алкенам протекает в соответствии с правилом Марковникова (вариант 1): атом водорода присоединяется к крайнему атому углерода, атом брома – к центральному, следовательно, преимущественно образуется 2-бромпропан (вариант 5). Правильный ответ – 145.

Пример 6. Этилен можно получить в результате реакций:

- 1) дегидрирования этана;
- 2) дегидратации этанола;
- 3) дегидрохлорирования хлорэтана;
- 4) гидролиза карбида кальция;
- 5) окисления ацетальдегида;
- 6) пиролиза метана.

Знание способов получения этиленовых углеводородов позволяет отбросить неверные варианты ответов: 4 (образуется ацетилен), 5 (образуется уксусная кислота) и 6 (пиролиз метана приводит к получению ацетилена или водорода и углерода). Правильный ответ – 123.

Пример 7. Ис водой, и с водородом реагируют:

- 1) ацетилен;
- 2) бензол;
- 3) метан;
- 4) пропен;
- 5) бутадиен-1,3;
- 6) 2-метилпропан.

Из всех классов углеводородов с водородом могут реагировать только те, которые содержат в молекуле кратные связи или цикл. Следовательно, варианты ответов 3 и 6 отбрасываются, т.к. исходные вещества – алканы. Оставшиеся четыре вещества реагируют с водородом. С водой не взаимодействует бензол. Правильный ответ – 145.

Пример 8. В соответствии с правилом Марковникова протекают реакции:

- 1) гидратации бутена-1;
- 2) гидрохлорирования пропена;
- 3) гидратации ацетилена;



- 4) гидробромирования бутена-2;
- 5) гидрирования пропена;
- 6) гидратации пропина.

Правило Марковникова определяет порядок присоединения полярных реагентов (например, галогеноводородов, воды) к непредельным углеводородам (алкенам, алкадиенам, алкинам) и циклоалканам. По этой причине отбрасывается вариант ответа 5 (реагент водород – неполярный). Еще два варианта ответа – 3 и 4 – исключаются потому, что исходные непредельные углеводороды (ацетилен и бутен-2) имеют симметричное строение, и структура конечного продукта не зависит от порядка присоединения реагента. Правильный ответ – 126.

Пример 9. Для пропана возможны реакции:

- 1) гидрирования;
- 2) гидрогалогенирования;
- 3) нитрования;
- 4) полимеризации;
- 5) галогенирования;
- 6) дегидрирования.

Пропан – предельный углеводород, следовательно, реакции присоединения (варианты 1, 2) и полимеризации (вариант 4) для него нехарактерны. Правильный ответ – 356.

### **Тема «Свойства и получение кислородсодержащих соединений»**

Пример 1. С разрывом связи C–O у спиртов происходят реакции, уравнения которых следующие:

- 1)  $2\text{CH}_3\text{OH} + 2\text{Na} \rightarrow 2\text{CH}_3\text{ONa} + \text{H}_2$ ;
- 2)  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{—CH=CH}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 3)  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{OH} + \text{CH}_3\text{—COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{—COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 4)  $\text{CH}_3\text{OH} + \text{HBr} \rightarrow \text{CH}_3\text{Br} + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 5)  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{OH} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 6)  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{OH} + \text{CuO} \rightarrow \text{CH}_3\text{—CHO} + \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ .

Задание довольно сложное, формальный анализ уравнений реакций может не дать полного ответа на вопрос. Предполагая, что при разрыве связи С–О молекулы субстрата теряют атомы кислорода, отбираются три правильных варианта ответа – 2, 4 и 5. Наиболее сложна для анализа реакция этерификации (вариант ответа 3). Следует помнить, что в соответствии с механизмом ее протекания при образовании сложного эфира от молекулы кислоты отщепляется гидроксильная группа ОН, от молекулы спирта – атом водорода (т.е. разрывается связь О–Н). Правильный ответ – 245.

**Пример 2.** И этанол, и уксусный альдегид взаимодействуют с:

- 1) кислородом;
- 2) натрием;
- 3) раствором перманганата калия при нагревании;
- 4) водородом в присутствии катализатора;
- 5) аммиачным раствором оксида серебра;
- 6) оксидом хрома(VI).

Как для спиртов, так и для альдегидов характерны реакции окисления, причем альдегиды окисляются легче спиртов. Следовательно, те окислители, с которыми реагируют спирты, будут взаимодействовать и с альдегидами. Из четырех приведенных в вариантах ответов окислителей спирты окисляются тремя (варианты 1, 3 и 6). Аммиачный раствор оксида серебра окисляет только альдегиды. Водород также реагирует только с альдегидами, а с натрием взаимодействуют только спирты. Правильный ответ – 136.

**Пример 3.** Реакции окисления, протекающие без разрыва углеродной цепи, характерны для:

- 1) бутанола-1;
- 2) уксусной кислоты;
- 3) пропаналя;
- 4) глюкозы;
- 5) бутанола-2;
- 6) этилового эфира уксусной кислоты.

Устойчивы к окислению кетоны, карбоновые кислоты и сложные эфиры. Относительно легко окисляются гидроксильная и альдегидная функциональные группы, причем при их окислении углеродная цепь не разрушается. Следовательно, из предложенного перечня в качестве верного ответа выбираются варианты, соответствующие бутанолу-1,

пропаналю и глюкозе, являющейся альдегидоспиртом. Правильный ответ – 134.

Пример 4. Отличия фенола от этанола следующие:

- 1) содержит гидроксильную группу;
- 2) реагирует с натрием;
- 3) реагирует с гидроксидом натрия;
- 4) вступает в реакцию с альдегидами;
- 5) при комнатной температуре хорошо растворяется в воде;
- 6) окисляется на воздухе.

Задание проверяет знание физических и химических свойств фенола в сравнении с предельными одноатомными спиртами. И фенол, и этанол содержат гидроксильную группу, реагируют с натрием. Элементами различия являются свойства, указанные в вариантах ответов 3–6. Однако в воде при комнатной температуре хорошо растворяется этанол, а не фенол. В отличие от этанола, фенол реагирует со щелочами, вступает в реакцию конденсации с альдегидами и окисляется кислородом воздуха. Правильный ответ – 346.

Пример 5. Для уксусной кислоты характерны реакции:

- 1) окисления;
- 2) нейтрализации;
- 3) поликонденсации;
- 4) с алканами;
- 5) этерификации;
- 6) с активными металлами.

Знание свойств карбоновых кислот поможет определить правильный ответ. Уксусная кислота проявляет все характерные для слабых кислот свойства, в частности, вступает в реакцию нейтрализации и реагирует с активными металлами (варианты 2, 6). Кроме того, важнейшим свойством карбоновых кислот является их способность вступать в реакцию этерификации со спиртами (вариант 5). Правильный ответ – 256.

Пример 6. Формальдегид способен взаимодействовать с:

- 1) гидроксидом меди(II);
- 2) уксусной кислотой;
- 3) водородом;
- 4) диэтиловым простым эфиром;
- 5) этаном;
- 6) фенолом.

Для ответа на вопрос требуется знание свойств альдегидов. Будучи сильными восстановителями, альдегиды окисляются таким специфическим (и относительно слабым) окислителем, как гидроксид меди(II). Водород в присутствии катализатора способен присоединяться по двойной связи C=O альдегидной группы. Конденсацией формальдегида с фенолом получают полимерные смолы. Правильный ответ – 136.

**Пример 7.** В каких рядах кислоты расположены в порядке усиления их кислотных свойств?

- 1) Муравьиная → уксусная → пропионовая;
- 2) щавелевая → стеариновая → бензойная;
- 3) бензойная → уксусная → соляная;
- 4) стеариновая → уксусная → муравьиная;
- 5) уксусная → хлоруксусная → дихлоруксусная;
- 6) масляная → муравьиная → уксусная.

Кислотность карбоновых кислот усиливается:

– с уменьшением числа углеродных атомов (для предельных одноосновных карбоновых кислот);

– с увеличением числа электроноакцепторных заместителей в молекуле (галогены, нитрогруппа);

– с увеличением числа карбоксильных групп (дикарбоновые сильнее монокарбоновых кислот).

Знание приведенных выше правил позволяет найти правильный ответ – 345.

**Пример 8.** Уксусный альдегид можно получить следующими реакциями:

- 1) окислением уксусной кислоты;
- 2) гидратацией ацетилена;
- 3) гидролизом этилового эфира уксусной кислоты;
- 4) окислением этанола;
- 5) окислением этилена;
- 6) восстановлением ацетона.

Помимо одного из общих способов получения альдегидов (вариант 4), приведены и два специфических способа синтеза ацетальдегида – 2 и 5. Правильный ответ – 245.

**Пример 9.** Уксусная кислота взаимодействует с:

- 1) медью;
- 2) ацетальдегидом;

- 3) фенолом;
- 4) метиловым спиртом;
- 5) карбонатом кальция;
- 6) хлором.

С метиловым спиртом уксусная кислота вступает в реакцию этерификации, с карбонатом кальция – в обменную реакцию с выделением более слабой угольной кислоты (разлагается на углекислый газ и воду). С хлором уксусная кислота реагирует в присутствии катализатора (красный фосфор) по углеводородному радикалу с замещением атома водорода на атом хлора. Правильный ответ – 456.

### ***Тема «Свойства и получение азотсодержащих соединений»***

**Пример 1.** Анилин отличается от метиламина тем, что:

- 1) плохо растворим в воде;
- 2) проявляет основные свойства;
- 3) вступает в реакции электрофильного замещения;
- 4) более слабое основание;
- 5) реагирует с кислотами;
- 6) содержит аминогруппу.

Структурные различия – ароматический характер анилина и алифатическая природа метиламина – существенно отражаются на свойствах этих аминов. Бензольное кольцо понижает основность анилина (вариант 4), его растворимость в воде (вариант 1), однако делает способным вступать в реакции электрофильного замещения (вариант 3). Правильный ответ – 134.

**Пример 2.** Аланин взаимодействует с:

- 1) соляной кислотой;
- 2) бензолом;
- 3) гидроксидом натрия;
- 4) глицином;
- 5) пропаном;
- 6) сульфатом натрия.

Вопрос основан на знании химических свойств аминокислот. Будучи амфотерными органическими веществами, они реагируют как с кислотами (вариант 1), так и со щелочами (вариант 3), а также друг с другом (вариант 4), образуя полипептиды. Правильный ответ – 134.

**Пример 3.** Для характеристики этиламина верны следующие утверждения:

- 1) проявляет амфотерные свойства;
- 2) растворяется в воде;
- 3) реагирует со щелочами;
- 4) способен к полимеризации;
- 5) в водном растворе изменяет окраску индикаторов;
- 6) можно получить взаимодействием бромэтана с аммиаком.

Для ответа на вопросы уровня В8 требуется знание не только химических, но и физических свойств аминов и аминокислот, в частности, растворимость в воде. Необходимо помнить, что низшие алифатические амины и простейшие аминокислоты (глицин, аланин) хорошо растворяются в воде, анилин и его гомологи в воде мало растворимы. Приведенный вопрос сложен, поскольку требует знания физических, химических свойств и способов получения алифатических аминов. Правильный ответ – 256.

**Пример 4.** Метиламин можно получить взаимодействием:

- 1) метанола с аммиаком;
- 2) метана с азотной кислотой;
- 3) хлорметана с азотом;
- 4) хлорида метиламмония со щелочью;
- 5) метана с аммиаком;
- 6) хлорметана с аммиаком.

В вопросах, касающихся способов получения алифатических аминов, приводятся, как правило, три возможных метода синтеза веществ этого класса: взаимодействие спиртов или галогеналканов с аммиаком и вытеснение амина из его соли взаимодействием со щелочью. Правильный ответ – 146.

**Пример 5.** Для характеристики аминокислоты верны утверждения:

- 1) проявляет амфотерные свойства;
- 2) имеет оптические изомеры;
- 3) растворяется в воде;
- 4) входит в состав нуклеиновых кислот;
- 5) представляет собой газообразное вещество;
- 6) является  $\alpha$ -аминокислотой.

Наиболее сложным для анализа может оказаться вариант ответа 2. Глицин (аминокислота) – единственная из природных

$\alpha$ -аминокислот, молекула которой не содержит асимметрического центра и, следовательно, не имеет оптических изомеров. Кроме того, следует помнить, что среди аминокислот газообразных веществ нет. Правильный ответ – 136.

**Пример 6.** Диметиламин отличается от метиламина тем, что:

- 1) является вторичным амином;
- 2) относится к алифатическим аминам;
- 3) проявляет более сильные основные свойства;
- 4) растворяется в воде;
- 5) реагирует с соляной кислотой;
- 6) имеет более высокую температуру кипения.

Для полного и правильного ответа на поставленный вопрос необходимо помнить, что в гомологических рядах с увеличением числа атомов углерода в молекуле повышаются температура кипения и температура плавления веществ. Следовательно, диметиламин имеет более высокую температуру кипения по сравнению с метиламином, поэтому утверждение 6, наряду с утверждениями 1 и 3, включается в правильный ответ. Правильный ответ – 136.

**Пример 7.** Основания расположены в порядке ослабления их основных свойств в рядах:

- 1) аммиак  $\rightarrow$  диметиламин  $\rightarrow$  метиламин;
- 2) гидроксид натрия  $\rightarrow$  диметиламин  $\rightarrow$  аммиак;
- 3) анилин  $\rightarrow$  аммиак  $\rightarrow$  метиламин;
- 4) метиламин  $\rightarrow$  аммиак  $\rightarrow$  анилин;
- 5) диметиламин  $\rightarrow$  метиламин  $\rightarrow$  анилин;
- 6) анилин  $\rightarrow$  гидроксид натрия  $\rightarrow$  диметиламин.

Основные свойства аминов по сравнению друг с другом, аммиаком и щелочами изменяются следующим образом:

- усиливаются в ряду: ароматические амины  $\rightarrow$  аммиак  $\rightarrow$  алифатические амины  $\rightarrow$  гидроксиды щелочных металлов;
- вторичные алифатические амины более сильные основания, чем первичные.

Знание этих закономерностей позволит найти правильный ответ – 245.

**Пример 8.** И для анилина, и для метиламина верны следующие характеристики:

- 1) хорошо растворяются в воде;
- 2) реагируют с гидроксидом натрия;

- 3) проявляют основные свойства;
- 4) реагируют с соляной кислотой;
- 5) содержат в своем составе аминогруппу;
- 6) способны к реакциям электрофильного замещения.

Помимо реакций по аминогруппе, ароматические амины (анилин) вступают в реакции электрофильного замещения в бензольном кольце. Утверждение 5, наряду с утверждениями 3 и 4, составляет правильный ответ. Правильный ответ – 345.

**Пример 9.** Этиламин можно получить взаимодействием:

- 1) этанола с аммиаком;
- 2) этана с азотной кислотой;
- 3) бромэтана с аммиаком;
- 4) хлорида этиламмония с гидроксидом калия;
- 5) метиламина с метаном;
- 6) этана с азотом.

Правильный ответ находится при использовании комментария к примеру 4. Правильный ответ – 134.

### ***Вопросы и задания для самостоятельной работы***

1. Предложите свои рекомендации, которыми необходимо руководствоваться выпускникам средних школ при подготовке к успешной сдаче заданий части В теста ЕГЭ по теме «Гидролиз солей». Проиллюстрируйте каждую рекомендацию конкретными примерами выполнения заданий.

2. Предложите свои рекомендации, которыми необходимо руководствоваться выпускникам средних школ при подготовке к успешной сдаче заданий части В теста ЕГЭ по теме «Свойства неорганических веществ». Проиллюстрируйте каждую рекомендацию конкретными примерами выполнения заданий.

3. Предложите свои рекомендации, которыми необходимо руководствоваться выпускникам средних школ при подготовке к успешной сдаче заданий части В теста ЕГЭ по темам «Свойства и получение углеводов», «Механизмы реакций в органической химии». Проиллюстрируйте каждую рекомендацию конкретными примерами выполнения заданий.

4. Предложите свои рекомендации, которыми необходимо руководствоваться выпускникам средних школ при подготовке к успешной сдаче заданий части В теста ЕГЭ по теме «Свойства и получение



кислородсодержащих соединений». Проиллюстрируйте каждую рекомендацию конкретными примерами выполнения заданий.

**5.** Предложите свои рекомендации, которыми необходимо руководствоваться выпускникам средних школ при подготовке к успешной сдаче заданий части В теста ЕГЭ по теме «Свойства и получение азотсодержащих соединений». Проиллюстрируйте каждую рекомендацию конкретными примерами выполнения заданий.

**Лекция № 6**  
**Особенности подготовки учащихся**  
**к выполнению заданий части С**  
**теста ЕГЭ по химии**

**Общая характеристика заданий части С теста ЕГЭ**  
**по химии и основные рекомендации по их выполнению**

Эта часть теста ЕГЭ по химии на профильном уровне проверяет умения и навыки выпускников средних школ на следующем содержании (табл. 5).

*Таблица 5*

**Номера заданий части С теста ЕГЭ по химии**  
**и соответствующие им элементы содержания**

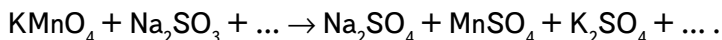
Элементы содержания	Номера заданий
Реакции окислительно-восстановительные	С1
Реакции, подтверждающие взаимосвязь различных классов неорганических веществ	С2
Реакции, подтверждающие взаимосвязь различных классов органических соединений	С3
Расчеты массы (объема, количества вещества) продуктов реакции, если одно из веществ дано в избытке (имеет примеси или дано в виде раствора с определенной массовой долей растворенного вещества)	С4
Нахождение молекулярной формулы вещества	С5

Напомним, что каждый тест содержит 5 заданий части С. Верное выполнение заданий С1–С5 оценивается от 2 до 5 баллов. Максимально количество баллов, которые может набрать экзаменуемый при условии успешного выполнения части С, составляет 18 баллов из максимально возможных первичных 66 за всю работу.

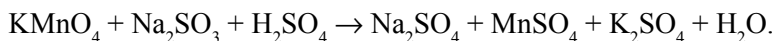
### С1. Составление уравнения окислительно-восстановительной реакции (ОВР) методом электронного баланса.

Предлагаемые схемы содержат пропуски исходных веществ или продуктов реакции, а иногда и тех, и других. В ряде случаев для восполнения пропусков следует знать, как среда раствора, концентрация окислителя или условия протекания ОВР влияют на состав ее продуктов (например, для  $\text{KMnO}_4$  или  $\text{HNO}_3$ ). Максимальное количество баллов за это задание – 3 (распределение баллов см. в лекции № 1).

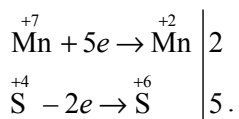
**П р и м е р.** Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:



Поскольку продуктом восстановления перманганата калия является соль  $\text{Mn}^{2+}$ , данная ОВР протекает в кислой среде, которую обеспечивает присутствие серной кислоты. Разумеется, последний пропуск – вода:

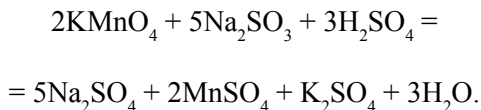


1) Вначале составляется электронный баланс:



2) Затем определяются окислитель и восстановитель. В нашем примере окислителем является перманганат калия (или марганец в степени окисления +7), а восстановителем – сульфит натрия (или сера в степени окисления +4).

3) И, наконец, расставляются коэффициенты в уравнении:



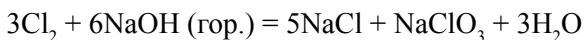
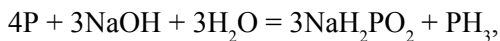
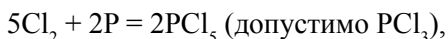
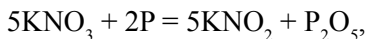
## **C2. Написание уравнений четырех возможных реакций между предложенными веществами.**

При выполнении заданий этого типа требуется записать четыре уравнения реакции между тремя или четырьмя предложенными веществами: за каждое правильное уравнение выставляется один балл. Не начисляются дополнительные баллы, если число верных уравнений превышает 4.

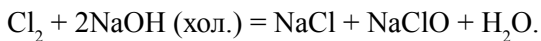
*Выполнение таких заданий следует начинать с написания уравнений реакций, в которых выпускник школы абсолютно уверен.* Затем следует попытаться написать уравнения «экзотических» реакций на основе элементарной логики, основанной на знаниях процессов окисления-восстановления.

**Пример.** Даны вещества: нитрат калия, фосфор, хлор, гидроксид натрия (раствор). Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

Верно выполненное задание предполагает написание четырех уравнений реакций:



или



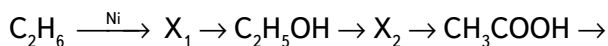
**Обращаем ваше внимание на тот факт, что засчитываются уравнения, а не схемы реакций,** т.е. записи процессов с расставленными в них коэффициентами. Иногда для того, чтобы правильно подобрать коэффициенты, нужно составить электронный баланс. Электронный баланс в этом случае нужно записывать на черновике и не переносить в бланк ответов № 2, тем более, что за него дополнительных баллов не начисляется. Нетрудно убедиться, что это задание гораздо сложнее первого.

**С3. Написание уравнений реакций, с помощью которых осуществляются цепочки превращений между органическими веществами.**

Как правило, такая цепочка состоит из шести веществ и пяти превращений (реакций). За каждое верно записанное уравнение реакции начисляется один балл (всего 5 баллов). Такие цепочки обязательно содержат неизвестные вещества, обозначенные  $X_1$ ,  $X_2$  и т.д., которые необходимо определить для написания уравнений соответствующих реакций (хотя за эту операцию дополнительных баллов не начисляется). Звенья цепочек переходов могут быть представлены как формулами, так и названиями органических соединений. Аналогично заданиям С2 необходимо написание уравнений, а не схем реакций.

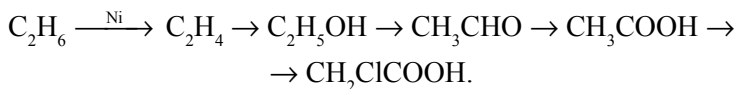
Если выполнение этого задания вызывает затруднения, то следует внимательно ознакомиться с предлагаемой схемой превращений и *написать те уравнения, которые вам известны, – ведь за каждое превращение выставляется свой балл, не обязательно выполнить все переходы.*

**Пример.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

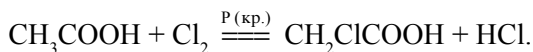
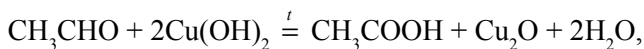
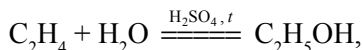
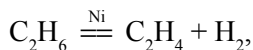


→ хлоруксусная кислота.

Для определения  $X_1$  следует обратить внимание на условие его получения из этана – никелевый катализатор, использование которого подразумевает реакцию дегидрирования. Звено  $X_2$  соединяет этиловый спирт и этановую кислоту, следовательно, ничем иным, как уксусным альдегидом, оно быть не может. Затем по названию последнего вещества записывается его формула. Полная схема превращений приобретает вид:



В бланк ответов записываются уравнения реакций, соответствующие этой цепочке:



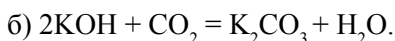
#### С4. Расчетные задачи.

Общие рекомендации для выполнения этих заданий могут быть следующими. **Даже если вы не можете решить задачу полностью, выполните те операции, которые вам под силу:** запишите уравнения возможных реакций, рассчитайте количества вещества участников реакций и т.д. – ведь за каждый элемент решения выставляется свой балл.

Расчетные задачи С4 – это задачи на расчет массы (объема, количества вещества) продуктов реакции, если одно из веществ дано в избытке, имеет примеси или дано в виде раствора с определенной массовой долей растворенного вещества. Первый балл ставится за написание уравнений протекающих реакций, второй – за расчет массы или количеств веществ, вступивших в реакцию или полученных в результате ее, третий – за расчет массы (объема) искомого вещества, четвертый – за окончательный элемент решения задачи в соответствии с условием. Следовательно, максимальная сумма баллов за это задание равна четырем.

**Пример.** Через 210 г 24%-го раствора гидроксида калия пропустили 26,88 л (н.у.) углекислого газа. Какая соль образовалась в растворе и какова ее масса?

1) Записываются уравнения реакций, которые могут протекать в растворе:



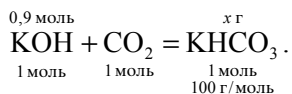
2) Вычисляются количества вещества углекислого газа и гидроксида калия:

$$v(\text{CO}_2) = V(\text{CO}_2)/V_M = 26,88 \text{ (л)}/22,4 \text{ (л/моль)} = 1,2 \text{ моль,}$$

$$m(\text{KOH}) = m(\text{p-ра}) \cdot \omega = 210 \cdot 0,24 = 50,4 \text{ г,}$$

$$v(\text{KOH}) = m(\text{KOH})/M(\text{KOH}) = 50,4 \text{ (г)}/56 \text{ (г/моль)} = 0,9 \text{ моль.}$$

3) Сравниваются количества вещества  $\text{CO}_2$  и  $\text{KOH}$  ( $v(\text{CO}_2) > v(\text{KOH})$ ) и делается вывод о том, что протекает первая реакция и образуется кислая соль. Следовательно, дальнейшие расчеты проводятся по уравнению а):



Поскольку  $v(\text{CO}_2) > v(\text{KOH})$ , гидроксид калия в недостатке. Следовательно, расчет количества вещества соли ведется по  $v(\text{KOH})$ :

$$v(\text{KHCO}_3) = v(\text{KOH}) = 0,9 \text{ моль.}$$

В заключение находится масса образовавшейся кислой соли:

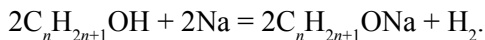
$$\begin{aligned} m(\text{KHCO}_3) &= v(\text{KHCO}_3) \cdot M(\text{KHCO}_3) = \\ &= 0,9 \text{ (моль)} \cdot 100 \text{ (г/моль)} = 90 \text{ г.} \end{aligned}$$

### Расчетные задачи С5.

Это задачи на нахождение молекулярной формулы вещества. Максимальное число баллов за это задание равно двум. Один балл выставляется за написание уравнения реакции или выполнение промежуточных расчетов, второй – за верно найденную истинную формулу вещества.

**П р и м е р.** При взаимодействии предельного одноатомного спирта с натрием было получено 17 г органического вещества и 2,8 л газа (н.у.). Вывести молекулярную формулу спирта.

1) Записывается общее уравнение реакции:



2) Составляется уравнение для расчета числа атомов углерода в молекуле спирта:

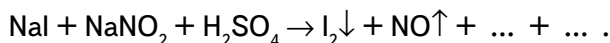
$$v(C_nH_{2n+1}ONa) = 2v(H_2).$$

$$\frac{17}{14n + 40} = \frac{2 \cdot 2,8}{22,4}, \text{ откуда } n = 2.$$

Выводится формула спирта – C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH.

### **Тема «Окислительно-восстановительные реакции»**

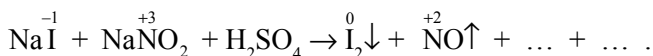
**Пример 1.** Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции, схема которой:



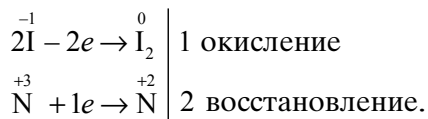
Определите окислитель и восстановитель.

В задании приведена неполная схема межмолекулярной ОВР. Ключевые вещества не пропущены.

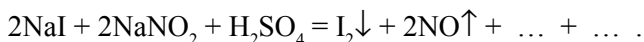
Переписывается схема ОВР с указанием степеней окисления атомов, ее изменяющих:



Составляются уравнения электронного баланса:

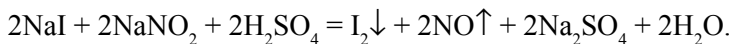


Найденные коэффициенты переносятся в схему ОВР:



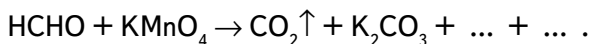


Поскольку реакция протекает в среде серной кислоты, продуктами реакции, помимо указанных, являются сульфат натрия и вода:



Указывается окислитель – нитрит натрия  $\text{NaNO}_2$  (или атомы азота в степени окисления +3) и восстановитель – йодид натрия  $\text{NaI}$  (или атомы йода в степени окисления –1).

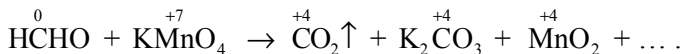
**Пример 2.** Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции, схема которой:



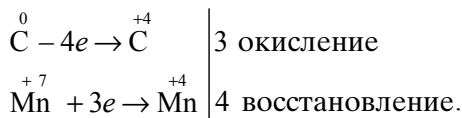
Определите окислитель и восстановитель.

В задании приведена неполная схема межмолекулярной ОВР с участием органического вещества. Пропущено ключевое вещество справа. Для дополнения схемы формулами пропущенных соединений необходимо помнить, что в нейтральной среде перманганат калия восстанавливается до оксида марганца(IV).

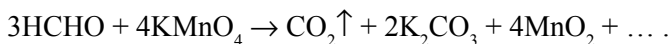
Переписывается схема ОВР с указанием степеней окисления атомов, ее изменяющих:



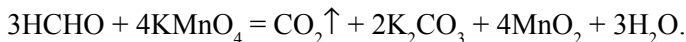
Составляются уравнения электронного баланса:



Найденные коэффициенты переносятся в схему ОВР:

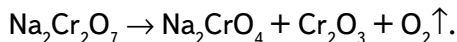


Анализ материального баланса указывает, что последним веществом в уравнении реакции является вода:



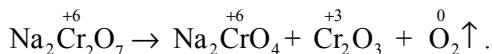
Указывается окислитель – перманганат калия  $\text{KMnO}_4$  (или атомы марганца в степени окисления +7) и восстановитель – формальдегид  $\text{HCHO}$  (или атомы углерода в степени окисления 0).

**Пример 3.** Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции, схема которой:

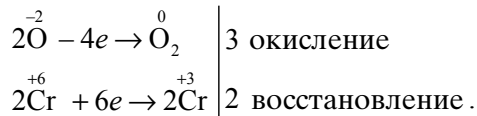


Определите окислитель и восстановитель.

В задании приведена схема внутримолекулярной ОВР. В схеме реакции указываются степени окисления атомов:



Составляются уравнения электронного баланса:

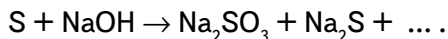


Найденные коэффициенты переносятся в схему ОВР:



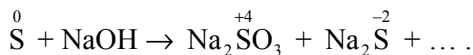
Указывается окислитель – атомы хрома в степени окисления +6 и восстановитель – атомы кислорода в степени окисления –2.

**Пример 4.** Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции, схема которой:

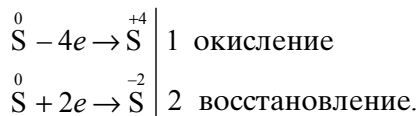


Определите окислитель и восстановитель.

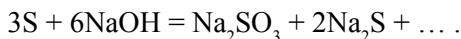
В задании приведена схема ОВР диспропорционирования. Ключевые вещества не пропущены. В схеме реакции указываются степени окисления атомов:



Составляются уравнения электронного баланса:



Найденные коэффициенты переносятся в схему ОВР:

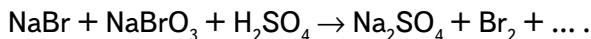


Анализ материального баланса позволяет определить формулу пропущенного вещества – воды:



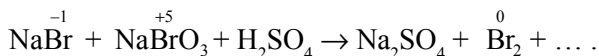
В реакциях диспропорционирования одно и то же вещество (в данном случае сера, или атом серы в степени окисления 0) выполняет функции и окислителя, и восстановителя.

**Пример 5.** Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции, схема которой:

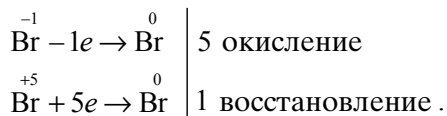


Определите окислитель и восстановитель.

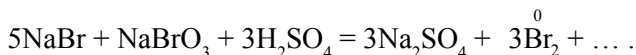
В задании приведена схема ОВР компропорционирования. Ключевые вещества не пропущены. В схеме реакции указываются степени окисления атомов:



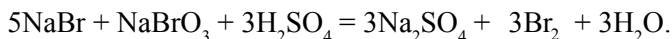
Составляются уравнения электронного баланса:



Найденные коэффициенты переносятся в схему реакции:



Анализ материального баланса позволяет определить формулу пропущенного вещества – воды:

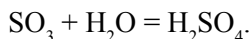


Указывается окислитель – бромат натрия (или атомы брома в степени окисления +5) и восстановитель – бромид натрия (или атомы брома в степени окисления –1).

### **Тема «Взаимосвязь между классами неорганических веществ»**

**Пример 1.** Даны четыре вещества: оксид серы(VI), вода, концентрированная серная кислота и йодид натрия. Напишите четыре уравнения реакций между этими веществами.

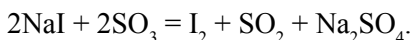
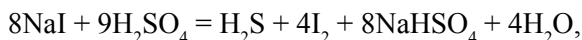
Как минимум одно из уравнений под силу написать любому выпускнику:



Второе уравнение отражает реакцию получения дисерной кислоты из серной (аналогия с дихромовой и хромовой кислотами):

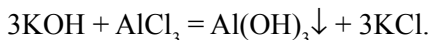


Два других уравнения основаны на окислительно-восстановительных свойствах приведенных веществ. Концентрированная серная кислота и оксид серы(VI) проявляют сильные окислительные свойства, они способны реагировать с сильным восстановителем – йодидом натрия:

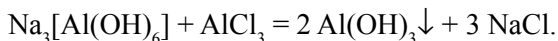
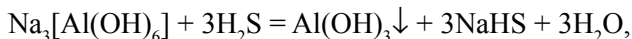


**Пример 2.** Даны водные растворы: гексагидроксоалюмината натрия, хлорида алюминия, сероводорода и гидроксида калия. Напишите четыре уравнения реакций между этими веществами.

Как минимум два уравнения под силу написать любому выпускнику:

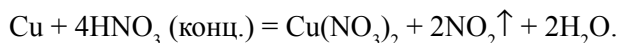


Два других уравнения отражают свойства комплексной соли гексагидроксоалюмината натрия, которая разлагается в кислой среде и при добавлении солей алюминия:

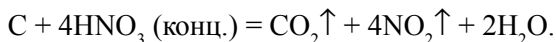
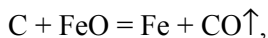


**Пример 3.** Даны четыре вещества: углерод, концентрированная азотная кислота, оксид железа(II) и медь. Напишите четыре уравнения реакций между этими веществами.

Одно из уравнений написать достаточно просто – это взаимодействие азотной кислоты с медью:



Углерод – достаточно сильный восстановитель, он способен восстанавливать железо из оксида железа(II) и азот в азотной кислоте:

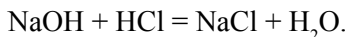


Взаимодействие оксида железа(II) с азотной кислотой также представляет собой не обменную, а окислительно-восстановительную реакцию:

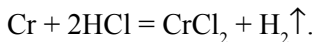


**Пример 4.** Даны четыре вещества: хром, концентрированный раствор гидроксида натрия, соляная кислота, сера. Напишите четыре уравнения реакций между этими веществами.

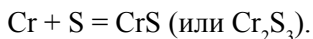
Одно из уравнений, как говорится, «лежит на поверхности»:



Хром – это металл, расположенный в ряду напряжений до водорода, поэтому он способен взаимодействовать с соляной кислотой с выделением водорода. В качестве второго продукта реакции образуется хлорид хрома(II), а не хлорид хрома(III) (аналогично взаимодействию железа с соляной кислотой):

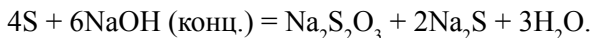


При нагревании хром (металл) реагирует с серой (неметалл):



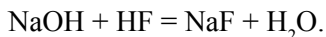
Несмотря на то, что хром образует амфотерные оксид и гидроксид, сам металл (в отличие, например, от алюминия, цинка, бериллия) со щелочами не реагирует. В данном задании – это ловушка!

Четвертым записывается уравнение реакции диспропорционирования между серой и щелочью:

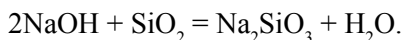


**Пример 5.** Даны четыре вещества: оксид кремния(IV), хлор, фтороводородная кислота, концентрированный раствор гидроксида натрия. Напишите четыре уравнения реакций между этими веществами.

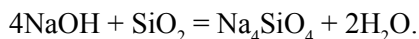
Одно «спасительное» уравнение напишет, пожалуй, каждый выпускник:



Концентрированный раствор щелочи реагирует и с кислотным оксидом кремния(IV):



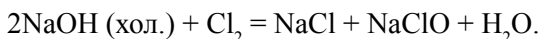
Возможно написание уравнения данной реакции с образованием ортосиликата натрия:



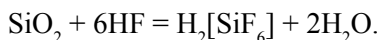
Следует учесть, что любое из приведенных уравнений, равно как и оба верно написанных уравнения, дадут экзаменуемому только один балл. Совершенно аналогично один балл принесет любое из уравнений реакций между хлором и щелочью при нагревании или комнатной температуре, а также оба упомянутых уравнения:



или



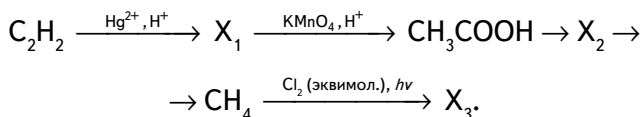
Четвертым должно быть уравнение реакции между плавиковой кислотой и оксидом кремния(IV):



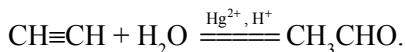
Следует иметь в виду, что фторид кремния(IV) образуется при взаимодействии оксида кремния только с газообразным фтороводородом при нагревании. В растворе же продуктом реакции является гексафторсиликат(IV) водорода.

### ***Тема «Взаимосвязь между классами органических соединений»***

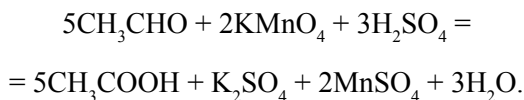
**Пример 1.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



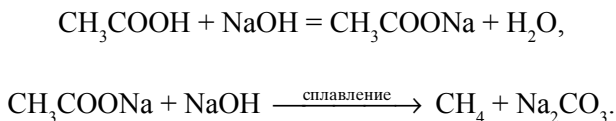
По характерным признакам очевидно, что первая реакция – это реакция Кучерова:



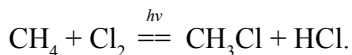
Альдегиды легко окисляются до карбоновых кислот, в том числе таким сильным окислителем, как перманганат калия в кислой среде:



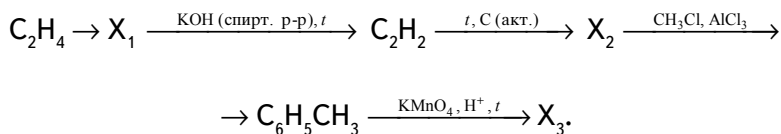
Для выполнения следующего звена цепочки необходимо оценить вещество  $\text{X}_2$  с двух позиций: во-первых, оно в одну стадию образуется из уксусной кислоты, во-вторых, из него можно получить метан. Это вещество – ацетат щелочного металла. Записываются уравнения третьей и четвертой реакций:



Условия протекания следующей реакции (свет) однозначно указывают на ее радикальный характер. С учетом указанного соотношения реагентов (эквимольное) записывается уравнение последней реакции:



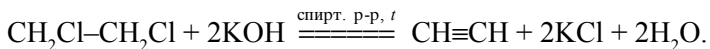
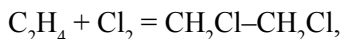
**Пример 2.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



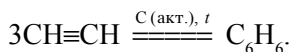
Начать выполнение задания следует со второго звена цепочки: получения ацетилен. По приведенным условиям реакции (спиртовой раствор щелочи при нагревании) нетрудно определить реакцию дегидрогалогенирования. Следовательно,  $\text{X}_1$  – это галогенпроизводное углеводорода (допустим, хлорпроизводное). Из этилена  $\text{C}_2\text{H}_4$  можно в одну стадию получить хлорэтан ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ ) и дихлорэтан ( $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$ ).



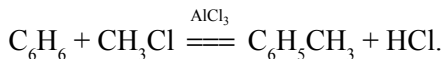
Для получения ацетилена необходимо отщепить от  $X_1$  две молекулы  $HCl$ , следовательно,  $X_1$  – дихлорэтан:



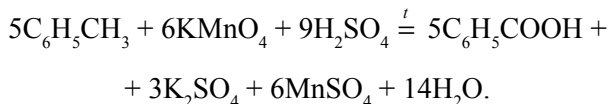
Условия третьего процесса (нагревание с активированным углем) указывают на протекание реакции Зелинского – тримеризацию алкина в арен:



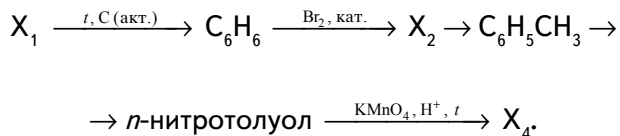
Записать уравнения двух последующих реакций цепочки вновь помогает анализ условий их проведения. Реакция 4 – алкилирование бензола до толуола:



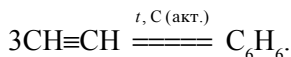
Реакция 5 – окисление образующегося толуола до бензойной кислоты:



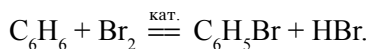
**Пример 3.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



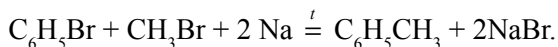
В присутствии активированного угля при нагревании бензол можно получить только из ацетилена. Следовательно, вещество  $X_1$  – ацетилен, первое звено цепочки – реакция Зелинского:



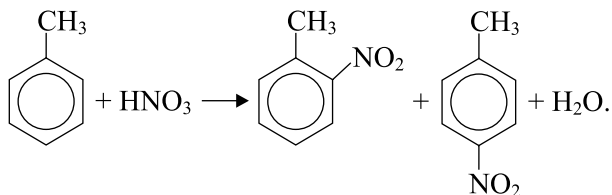
В присутствии катализатора протекает электрофильное бромирование бензола:



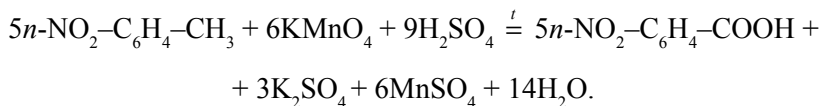
Следующая реакция не всегда изучается в курсе средней школы. Сравнивая структуры бромбензола и толуола, можно сделать вывод, что для осуществления превращения атом брома следует заменить на метильную группу. Сделать это можно действием бромметана при нагревании в присутствии металлического натрия. Процесс напоминает реакцию Вюрца и называется реакцией Вюрца–Фиттига:



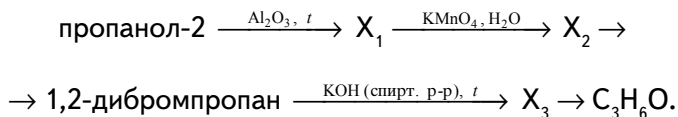
Толуол легко нитруется, при этом образуется смесь орто- и пара-изомеров:



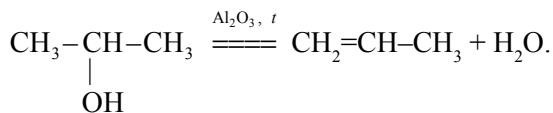
Сильный окислитель (перманганат калия в кислой среде) окисляет метильную группу до карбоксильной. В результате образуется *пара*-нитробензойная кислота:



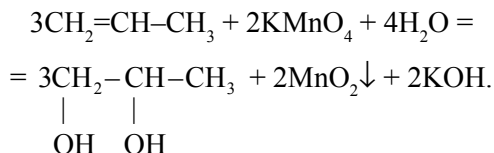
**Пример 4.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



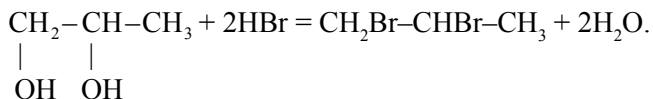
Дегидратацию спиртов в промышленности осуществляют в присутствии катализатора (оксид алюминия):



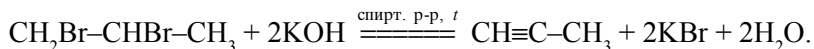
Алкены под действием водного раствора перманганата калия при комнатной температуре окисляются до гликолей:



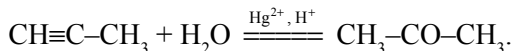
Превратить пропандиол-1,2 в 1,2-дибромпропан можно действием избытка бромоводорода:



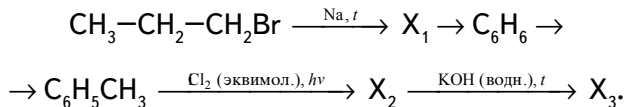
Условия проведения следующей реакции подсказывают ее тип – реакция дегидрогалогенирования:



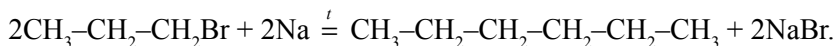
Молекулярные формулы пропина ( $\text{C}_3\text{H}_4$ ) и продукта последнего звена цепочки ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ ) различаются на два атома водорода и атом кислорода:  $\text{H}_2\text{O}$ . Следовательно, заключительная реакция – гидратация пропина с образованием ацетона (реакция Кучерова):



**Пример 5.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



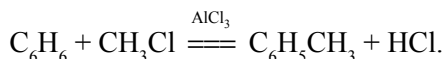
Условия проведения первой реакции однозначно указывают на то, что это реакция Вюрца:



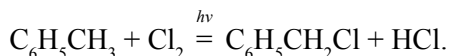
*n*-Гексан превращают в бензол реакцией дегидроциклизации:



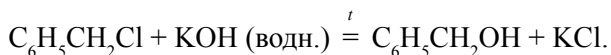
Алкилированием бензола получают толуол:



Хлорирование толуола в условиях проведения реакций радикального замещения протекает по боковой цепи:



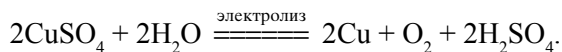
Условия последней реакции цепочки указывают, что это замещение атома галогена на гидроксильную группу:



***Расчеты массы (объема, количества вещества) продуктов реакции по химическим уравнениям***

**Пример 1.** 200 г 25%-го раствора сульфата меди подвергли электролизу с инертными электродами, после чего массовая доля соли в растворе снизилась до 20 %. Найдите массы веществ, выделившихся на катоде и на аноде.

1) Записывается уравнение реакции, протекающее при электролизе раствора сульфата меди:



2) Масса сульфата меди в исходном растворе:

$$m_{\text{исх}}(\text{CuSO}_4) = \frac{m_{\text{исх}}(\text{р-ра CuSO}_4) \cdot \omega(\text{CuSO}_4)}{100(\%)} = \frac{200(\text{г}) \cdot 25(\%)}{100(\%)} = 50 \text{ г.}$$

Количество вещества  $\text{CuSO}_4$ , подвергнувшегося электролизу, обозначается  $x$  моль. Тогда масса прореагировавшего сульфата меди равна:

$$\begin{aligned} m_{\text{прореаг}}(\text{CuSO}_4) &= \nu_{\text{прореаг}}(\text{CuSO}_4) \cdot M(\text{CuSO}_4) = \\ &= x (\text{моль}) \cdot 160 (\text{г/моль}) = 160x \text{ г.} \end{aligned}$$

Масса оставшегося в растворе сульфата меди:

$$m_{\text{ост}}(\text{CuSO}_4) = m_{\text{исх}}(\text{CuSO}_4) - m_{\text{прореаг}}(\text{CuSO}_4) = (50 - 160x) \text{ г.}$$

3) Масса раствора после электролиза уменьшилась за счет выделившейся на катоде меди и массы выделившегося на аноде кислорода. Согласно уравнению реакции:

$$\nu(\text{Cu}) = \nu_{\text{прореаг}}(\text{CuSO}_4) = x \text{ моль};$$

$$m(\text{Cu}) = M(\text{Cu}) \cdot \nu(\text{Cu}) = 64 (\text{г/моль}) \cdot x (\text{моль}) = 64x \text{ г.}$$

$$\nu(\text{O}_2) = \frac{\nu_{\text{прореаг}}(\text{CuSO}_4)}{2} = x/2 \text{ моль};$$

$$m(\text{O}_2) = \nu(\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2) = x/2 (\text{моль}) \cdot 32 (\text{г/моль}) = 16x \text{ г.}$$

Масса раствора после электролиза будет равна:

$$\begin{aligned} m_{\text{ост}}(\text{р-ра}) &= m_{\text{исх}}(\text{р-ра CuSO}_4) - m(\text{Cu}) - m(\text{O}_2) = \\ &= 200 (\text{г}) - 64x (\text{г}) - 16x (\text{г}) = (200 - 80x) \text{ г.} \end{aligned}$$

4) Рассчитываются количества вещества и массы веществ, выделяющихся на электродах.

По условию задачи, массовая доля сульфата меди в оставшемся растворе равна 20 %, или 0,2.

$$\omega_2(\text{CuSO}_4) = \frac{m_{\text{ост}}(\text{CuSO}_4)}{m_{\text{ост}}(\text{р-ра})},$$

$$\text{или } 0,2 = \frac{(50 - 160x)}{(200 - 80x)};$$

$$x = 0,07 \text{ моль};$$

$$v(\text{Cu}) = 0,07 \text{ моль},$$

$$v(\text{O}_2) = x/2 = 0,035 \text{ моль};$$

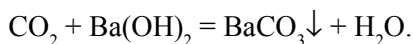
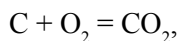
$$m(\text{Cu}) = 64 \text{ (г/моль)} \cdot 0,07 \text{ (моль)} = 4,48 \text{ г};$$

$$m(\text{O}_2) = 32 \text{ (г/моль)} \cdot 0,035 \text{ (моль)} = 1,12 \text{ г}.$$

*Ответ.*  $m(\text{Cu}) = 4,48 \text{ г}; m(\text{O}_2) = 1,12 \text{ г}.$

**Пример 2.** Газ, выделившийся при сгорании 10 г угля, был поглощен раствором гидроксида бария, при этом выделилось 147,75 г осадка. Какова массовая доля негорючих примесей в угле?

1) Записываются уравнения протекающих реакций:



2) Вычисляются количества веществ карбоната бария, углекислого газа и углерода:

$$v(\text{BaCO}_3) = m(\text{BaCO}_3) / M(\text{BaCO}_3) =$$

$$= 147,75 \text{ (г)} / 197 \text{ (г/моль)} = 0,75 \text{ моль};$$

$$v(\text{C}) = v(\text{CO}_2) = v(\text{BaCO}_3) = 0,75 \text{ моль}.$$

3) Рассчитывается масса чистого углерода в угле:

$$m(\text{C}) = \nu(\text{C}) \cdot M(\text{C}) = 0,75 \text{ (моль)} \cdot 12 \text{ (г/моль)} = 9 \text{ г.}$$

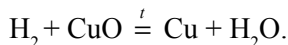
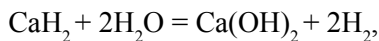
4) Рассчитывается массовая доля негорючих примесей в угле:

$$\omega(\text{прим.}) = m(\text{прим.}) / m(\text{угля}) = (m(\text{угля}) - m(\text{C})) / m(\text{угля}) = \\ = (10 \text{ (г)} - 9 \text{ (г)}) / 10 \text{ (г)} = 0,1, \text{ или } 10 \text{ \%}.$$

*Ответ.* Доля негорючих примесей в угле – 10 %.

**П р и м е р 3.** Водород, полученный при разложении 12,6 г гидрида кальция водой, пропустили над нагретым оксидом меди(II) массой 40 г. Определите массу образовавшегося металла.

1) Записываются уравнения реакций:



2) Рассчитывается количество вещества гидрида кальция и водорода:

$$\nu(\text{CaH}_2) = m(\text{CaH}_2) / M(\text{CaH}_2) = 12,6 \text{ (г)} / 42 \text{ (г/моль)} = 0,3 \text{ моль},$$

$$\nu(\text{H}_2) / \nu(\text{CaH}_2) = 2 / 1,$$

$$\nu(\text{H}_2) = \nu(\text{CaH}_2) \cdot 2/1 = 0,3 \text{ (моль)} \cdot 2 = 0,6 \text{ моль}.$$

3) Вычисляется количество вещества оксида меди:

$$\nu(\text{CuO}) = m(\text{CuO}) / M(\text{CuO}) = 40 \text{ (г)} / 80 \text{ (г/моль)} = 0,5 \text{ моль}.$$

$\nu(\text{H}_2) > \nu(\text{CuO})$ , следовательно, в недостатке оксид меди(II). Дальнейшие расчеты ведем по количеству вещества CuO.

4) Рассчитывается количество вещества меди и ее масса:

$$\nu(\text{Cu}) = \nu(\text{CuO}) = 0,5 \text{ моль};$$

$$m(\text{Cu}) = \nu(\text{Cu}) \cdot M(\text{Cu}) = 0,5 \text{ (моль)} \cdot 64 \text{ (г/моль)} = 32 \text{ г.}$$

*Ответ.*  $m(\text{Cu}) = 32 \text{ г.}$

Пример 4. К 400 мл 10%-й соляной кислоты ( $\rho = 1,05$  г/мл) добавили 8,4 г карбоната магния. Какова массовая доля соли в полученном растворе?

1) Записывается уравнение протекающей реакции:



2) Вычисляются количества вещества карбоната магния и хлороводорода:

$$v(\text{MgCO}_3) = m(\text{MgCO}_3) / M(\text{MgCO}_3) = 8,4 \text{ (г)} / 84 \text{ (г/моль)} = 0,1 \text{ моль}.$$

$$m(\text{HCl}) = V(\text{р-ра}) \cdot \rho(\text{р-ра}) \cdot \omega(\text{HCl}) = 400 \cdot 1,05 \cdot 0,1 = 42 \text{ г};$$

$$v(\text{HCl}) = m(\text{HCl}) / M(\text{HCl}) = 42 \text{ (г)} / 36,5 \text{ (г/моль)} = 1,15 \text{ моль}.$$

Сравниваются количества вещества  $\text{MgCO}_3$  и  $\text{HCl}$ , отнесенные к коэффициентам в уравнении реакции:

$$0,1/1 < 1,15/2.$$

Делается вывод о том, что карбонат магния взят в недостатке, следовательно, дальнейшие расчеты ведутся по карбонату магния.

3) Вычисляется масса образовавшегося хлорида магния:

$$v(\text{MgCl}_2) = v(\text{MgCO}_3) = 0,1 \text{ моль};$$

$$m(\text{MgCl}_2) = v(\text{MgCl}_2) \cdot M(\text{MgCl}_2) = 0,1 \text{ (моль)} \cdot 95 \text{ (г/моль)} = 9,5 \text{ г}.$$

4) Рассчитывается массовая доля хлорида магния в растворе:

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{р-ра HCl}) + m(\text{MgCO}_3) - m(\text{CO}_2) =$$

$$= 420 + 8,4 - 0,1 \cdot 44 = 424 \text{ г};$$

$$\omega(\text{MgCl}_2) = m(\text{MgCl}_2) / m(\text{р-ра}) = 9,5 \text{ (г)} / 424 \text{ (г)} =$$

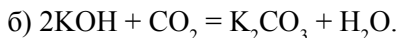
$$= 0,0224, \text{ или } 2,24 \text{ \%}.$$

Ответ. Массовая доля соли в растворе равна 2,24 %.



**Пример 5.** Каков состав и какова масса соли, которая образуется при пропускании 26,88 л (н.у.) углекислого газа через 171 мл 24%-го раствора гидроксида калия ( $\rho = 1,23$  г/мл)?

1) Записываются уравнения возможных реакций:



Очевидно, что реакция а) протекает в том случае, если  $\nu(\text{CO}_2) \geq \nu(\text{KOH})$ , а реакция б) – в том случае, если  $\nu(\text{KOH}) \geq 2\nu(\text{CO}_2)$ .

2) Вычисляются количества вещества углекислого газа и гидроксида калия:

$$\nu(\text{CO}_2) = V(\text{CO}_2) / V_M = 26,88 \text{ (л)} / 22,4 \text{ (л/моль)} = 1,2 \text{ моль};$$

$$m(\text{KOH}) = V(\rho\text{-ра}) \cdot \rho(\rho\text{-ра}) \cdot \omega(\text{KOH}) = 50,5 \text{ г};$$

$$\nu(\text{KOH}) = m(\text{KOH}) / M(\text{KOH}) = 50,5 \text{ (г)} / 56 \text{ (г/моль)} = 0,9 \text{ моль}.$$

$\nu(\text{CO}_2) > \nu(\text{KOH})$ , следовательно, протекает реакция а) и образуется кислая соль.

3) Расчет количества вещества соли ведется по KOH:

$$\nu(\text{KHCO}_3) = \nu(\text{KOH}) = 0,9 \text{ моль}.$$

4) Вычисляется масса образовавшейся соли:

$$\begin{aligned} m(\text{KHCO}_3) &= \nu(\text{KHCO}_3) \cdot M(\text{KHCO}_3) = \\ &= 0,9 \text{ (моль)} \cdot 100 \text{ (г/моль)} = 90 \text{ г}. \end{aligned}$$

*Ответ.* Масса образовавшейся соли составляет 90 г.

### **Нахождение молекулярной формулы вещества**

**Пример 1.** При взаимодействии одноатомного спирта, содержащего 52,17 % углерода и 13,04 % водорода, со щелочным металлом образуется алкогольат с относительной молекулярной массой 178. Определите молекулярную формулу алкогольата.

1) По массовым долям элементов определяется простейшая формула спирта. Пусть формула спирта  $C_xH_yO_z$ .

$$\omega(O) = 100 (\%) - (\omega(C) + \omega(H)) = 34,79 \%;$$

$$x : y : z = \frac{\omega(C)}{A_r(C)} : \frac{\omega(H)}{A_r(H)} : \frac{\omega(O)}{A_r(O)} =$$

$$= \frac{52,17}{12} : \frac{13,04}{1} : \frac{34,79}{16} = 4,348 : 13,04 : 2,174 = 2 : 6 : 1.$$

Простейшая формула спирта –  $C_2H_6O$ .

2) Затем устанавливается истинная формула спирта. Поскольку спирт одноатомный (по условию), в составе молекулы содержится один атом кислорода. Следовательно, простейшая формула совпадает с истинной формулой спирта:  $C_2H_6O$ , или  $C_2H_5OH$  (этиловый спирт).

3) С учетом дополнительного условия определяется молекулярная формула алкоголята.

Формула алкоголята щелочного металла –  $C_2H_5OM$ .

$$A_r(M) = 178 - (2 \cdot 12 + 5 \cdot 1 + 1 \cdot 16) = 133. \text{ Этот металл – цезий.}$$

*Ответ.* Формула алкоголята цезия –  $C_2H_5OCs$ .

**Пример 2.** Массовая доля кислорода в предельном альдегиде равна 22,22 %. Установите молекулярную формулу альдегида и число изомерных альдегидов, соответствующих найденной формуле.

1) Записывается общая формула предельных альдегидов:  $C_nH_{2n}O$ .

2) Определяется индекс  $n$  в общей формуле:

$$\omega(O) = \frac{16}{14n + 16} = 0,2222,$$

откуда  $n = 4$ .

3) Молекулярная формула альдегида –  $C_4H_8O$ . Ей соответствуют два изомера: бутаналь (масляный альдегид)  $CH_3-CH_2-CH_2-CHO$  и 2-метилпропаналь (изомасляный альдегид)  $(CH_3)_2CH-CHO$ .

*Ответ.* Молекулярная формула альдегида –  $C_4H_8O$ ; два изомера.

**Пример 3.** При сгорании первичного амина выделилось 2,688 л (н.у.) углекислого газа, 2,97 г воды и 0,336 л (н.у.) азота. Установите молекулярную формулу амина.

1) Записывается общая формула амина:  $C_xH_yN_z$ .

2) Вычисляются количества вещества углекислого газа, воды и азота, а также соответствующие им количества вещества атомов углерода, водорода и азота.

$$v(CO_2) = V(CO_2) / V_M = 2,688 \text{ (л)} / 22,4 \text{ (л/моль)} = 0,12 \text{ моль};$$

$$v(C) = v(CO_2) = 0,12 \text{ моль.}$$

$$v(H_2O) = m(H_2O) / M(H_2O) = 2,97 \text{ (г)} / 18 \text{ (г/моль)} = 0,165 \text{ моль};$$

$$v(H) = 2v(H_2O) = 0,33 \text{ моль.}$$

$$v(N_2) = V(N_2) / V_M = 0,336 \text{ (л)} / 22,4 \text{ (л/моль)} = 0,015 \text{ моль};$$

$$v(N) = 2v(N_2) = 0,03 \text{ моль.}$$

3) Определяется молекулярная формула амина.

$$x : y : z = 0,12 : 0,33 : 0,03 = 4 : 11 : 1.$$

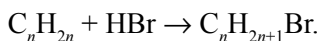
Простейшая формула амина –  $C_4H_{11}N$ .

Поскольку амин первичный (по условию), в его молекуле содержится группа  $NH_2$ , следовательно, более точно формула амина записывается как  $C_4H_9NH_2$ .

*Ответ.* Молекулярная формула амина –  $C_4H_9NH_2$ .

**Пример 4.** В результате взаимодействия 1,12 г этиленового углеводорода с избытком бромоводорода получили 2,74 г продукта. Определите молекулярную формулу алкена.

1) Записывается уравнение химической реакции, в котором формулы веществ записаны в общем виде:



2) Приравниваются количества вещества алкена и бромалкана, выраженные через массы участников реакции и их молярные массы:

$$v(C_nH_{2n}) = v(C_nH_{2n+1}Br),$$

$$1,12 \text{ (г)} / 14n \text{ (г/моль)} = 2,74 \text{ (г)} / (14n + 81) \text{ (г/моль)},$$

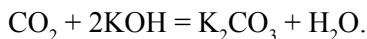
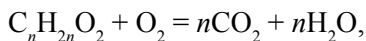
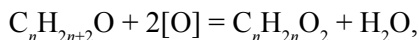
откуда  $n = 4$ .

3) Определяется общая формула алкена –  $C_4H_8$ .

*Ответ.* Молекулярная формула алкена –  $C_4H_8$ .

**Пример 5.** Некоторый спирт подвергли окислению. При этом образовалась одноосновная карбоновая кислота. При сжигании 1,32 г этой кислоты получили углекислый газ, для полной нейтрализации которого потребовалось 19,2 мл раствора гидроксида калия с массовой долей 28 % ( $\rho = 1,25 \text{ г/мл}$ ). Установите молекулярную формулу исходного спирта.

1) Записываются уравнения химических реакций, включающих формулы веществ в общем виде:



2) Рассчитываются количество вещества KOH и количество вещества  $CO_2$ , вступивших в реакцию:

$$m(KOH) = V(\rho - \rho_a) \cdot \rho(\rho - \rho_a) \cdot \omega(KOH) = 6,72 \text{ г},$$

$$v(KOH) = m(KOH) / M(KOH) = 6,72 \text{ (г)} / 56 \text{ (г/моль)} = 0,12 \text{ моль};$$

$$v(CO_2) = 1/2 v(KOH) = 0,06 \text{ г/моль}.$$

3) Из сопоставления количества вещества кислоты и образующегося при ее сжигании углекислого газа записываем соотношение:

$$1,32 / (14n + 32) = 0,06 / n,$$

откуда  $n = 4$ .

*Ответ.* Молекулярная формула исходного спирта –  $C_4H_9OH$ .

### **Вопросы и задания для самостоятельной работы**

1. Какие типы заданий различают в части С теста ЕГЭ по химии? Охарактеризуйте каждое из пяти заданий этой части теста. Какую «стоимость» в баллах имеет каждое задание?

2. Предложите свои рекомендации, которыми необходимо руководствоваться выпускникам средних школ при подготовке к успешной сдаче заданий части С1 теста ЕГЭ. Проиллюстрируйте каждую рекомендацию конкретными примерами выполнения заданий по составлению уравнений окислительно-восстановительных реакций.

3. Предложите свои рекомендации, которыми необходимо руководствоваться выпускникам средних школ при подготовке к успешной сдаче заданий части С2 теста ЕГЭ. Проиллюстрируйте каждую рекомендацию конкретными примерами выполнения заданий по составлению уравнений реакций между неорганическими веществами разных классов.

4. Предложите свои рекомендации, которыми необходимо руководствоваться выпускникам средних школ при подготовке к успешной сдаче заданий части С3 теста ЕГЭ. Проиллюстрируйте каждую рекомендацию конкретными примерами выполнения заданий по составлению уравнений реакций между органическими веществами разных классов на основе генетической связи.

5. Предложите свои рекомендации, которыми необходимо руководствоваться выпускникам средних школ при подготовке к успешной сдаче заданий части С4 теста ЕГЭ. Проиллюстрируйте каждую рекомендацию конкретными примерами выполнения заданий по решению расчетных задач на избыток одного из исходных веществ, данного в виде раствора или смеси.

6. Предложите свои рекомендации, которыми необходимо руководствоваться выпускникам средних школ при подготовке к успешной

---

сдаче заданий части С5 теста ЕГЭ. Проиллюстрируйте каждую рекомендацию конкретными примерами выполнения заданий по решению расчетных задач на вывод формул органических и неорганических соединений по массовым долям элементов, образующих их, или по продуктам горения.

## Лекция № 7

# Методические рекомендации по подготовке учащихся к выполнению заданий на окислительно-восстановительные реакции в неорганической и органической химии

### Окислительно-восстановительные реакции в неорганической химии (задания части А и В теста ЕГЭ)

Окислительно-восстановительные реакции являются важным компонентом знаний выпускников средних школ, проверяемых заданиями теста ЕГЭ во всех трех частях. И если в первых двух (части А и В) требуются знания общих понятий теории ОВР (окисление, восстановление, окислитель, восстановитель) и составление простейших уравнений, то в части С выпускники обязаны составить уравнения сложных ОВР методом электронного баланса. Рекомендуем при подготовке учащихся к ЕГЭ следовать этой логике: идти от простого к сложному, в том числе и к ОВР с участием органических веществ.

Обязательный минимум знаний, который необходимо повторить учащимся, может быть представлен следующим опорным конспектом.

*Окислительно-восстановительными реакциями* называют реакции, в ходе которых происходит изменение степеней окисления (с.о.) элементов, образующих реагирующие вещества.

*Окислитель* – вещество (элемент в составе этого вещества), принимающее электроны. Само оно при этом восстанавливается.

*Восстановитель* – вещество (элемент в составе этого вещества), отдающее электроны.

Следует помнить, что к ОВР относятся все реакции замещения (для неорганических веществ), а также те реакции соединения и разложения, в которых участвует хотя бы одно простое вещество (табл. 6). Ориентиром для отнесения конкретной реакции к ОВР служит наличие формулы простого вещества в схеме или уравнении химической реакции.

В табл. 7 и 8 приведены важнейшие неорганические и органические окислители и восстановители.

Таблица 6

**Продукты взаимодействия простых веществ  
с азотной и серной кислотами**

Кислота	Простое вещество							
	Mg	Al	Zn	Fe	Cr	Cu	P	S
$\text{HNO}_3$ (разб.)	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ $\text{NH}_4\text{NO}_3$ $\text{N}_2$	$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ $\text{NH}_4\text{NO}_3$ $\text{N}_2$	$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ $\text{NH}_4\text{NO}_3$ $\text{N}_2$	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ $\text{N}_2\text{O}$	$\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ $\text{NO}$	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ $\text{NO}$	$\text{H}_3\text{PO}_4$ $\text{NO}$	$\text{H}_2\text{SO}_4$ $\text{NO}$
$\text{HNO}_3$ (конц.)	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ $\text{N}_2\text{O}$	Пассивирует	$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ $\text{NO}_2$	Пассивирует	Пассивирует	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ $\text{NO}_2$	$\text{H}_3\text{PO}_4$ $\text{NO}_2$	$\text{H}_2\text{SO}_4$ $\text{NO}_2$
$\text{H}_2\text{SO}_4$ (разб.)	$\text{MgSO}_4$ $\text{H}_2$	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ $\text{H}_2$	$\text{ZnSO}_4$ $\text{H}_2$	$\text{FeSO}_4$ $\text{H}_2$	$\text{Cr}_2\text{SO}_4$ $\text{H}_2$	—	—	—
$\text{H}_2\text{SO}_4$ (конц., горячая)	$\text{MgSO}_4$ $\text{H}_2\text{S}$	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ $\text{H}_2\text{S}$	$\text{ZnSO}_4$ $\text{H}_2\text{S}$ $\text{S}$	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ $\text{SO}_2$ $\text{S}$	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ $\text{SO}_2$	$\text{CuSO}_4$ $\text{SO}_2$	$\text{H}_3\text{PO}_4$ $\text{SO}_2$	$\text{SO}_2$ $\text{H}_2\text{O}$



Таблица 7

**Типичные окислители**

Группа окислителей	Химические элементы	Примеры веществ
Электрический ток на аноде	—	—
Галогены в высших положительных степенях окисления	<sup>+7</sup> Cl, <sup>+7</sup> Br, <sup>+7</sup> I	HClO <sub>4</sub> , HBrO <sub>4</sub> , HIO <sub>4</sub>
Галогены в промежуточных положительных степенях окисления	<sup>+1</sup> Cl, <sup>+3</sup> Cl, <sup>+5</sup> Cl, <sup>+5</sup> Br, <sup>+5</sup> I	KClO <sub>3</sub> , HClO <sub>3</sub> , NaBrO <sub>3</sub>
Халькогены и другие неметаллы в положительных степенях окисления	<sup>+6</sup> S, <sup>+4</sup> S, <sup>+5</sup> N	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , SO <sub>2</sub> , HNO <sub>3</sub>
Неметаллы – простые вещества (нулевая степень окисления)	F, Cl, O, S, Br	F <sub>2</sub> , Cl <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , O <sub>2</sub> , S, Br <sub>2</sub>
Неметаллы в промежуточных отрицательных степенях окисления	<sup>-1</sup> O, <sup>-2</sup> N	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , BaO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
Металлы в высших положительных степенях окисления	<sup>+7</sup> Mn, <sup>+6</sup> Cr, <sup>+4</sup> Sn	KMnO <sub>4</sub> , K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> , SnCl <sub>4</sub>
Металлы в промежуточных положительных степенях окисления	<sup>+2</sup> Fe, <sup>+1</sup> Cu, <sup>+2</sup> Sn	FeCl <sub>2</sub> , Cu <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> , SnSO <sub>4</sub>
Органические нитросоединения	<sup>+5</sup> N	CH(NO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> , (CH <sub>2</sub> ONO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>

Таблица 8

**Типичные восстановители**

Группа восстановителей	Химические элементы	Примеры веществ
Электрический ток на катоде	—	—
Металлы – простые вещества (нулевая степень окисления)	Na, Ca, Fe	Na, Ca, Fe

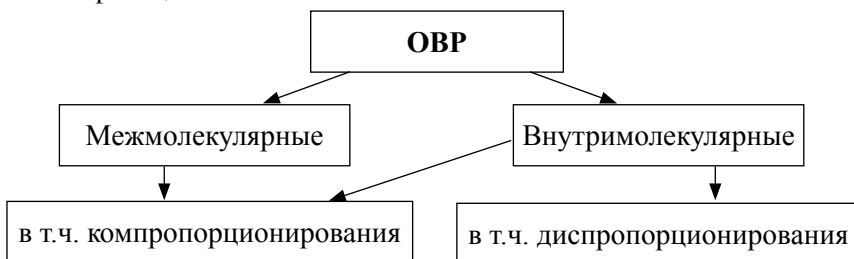
Окончание табл. 8

Группа восстановителей	Химические элементы	Примеры веществ
Неметаллы в низшей отрицательной степени окисления	<sup>-1</sup> Cl, <sup>-3</sup> N, <sup>-2</sup> S	HCl, NH <sub>3</sub> , ZnS
Металлы в промежуточной положительной степени окисления	<sup>+2</sup> Fe, <sup>+2</sup> Cr, <sup>+1</sup> Cu	FeSO <sub>4</sub> , CrCl <sub>2</sub> , Cu <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>
Неметаллы в промежуточной отрицательной степени окисления	<sup>-1</sup> O, <sup>-2</sup> N	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
Неметаллы – простые вещества	S, P, C, I	S, P <sub>4</sub> , C, I <sub>2</sub>
Неметаллы в промежуточной положительной степени окисления	<sup>+3</sup> P, <sup>+4</sup> S, <sup>+2</sup> C	PCl <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , CO
Углеводороды и многие другие органические вещества	<sup>-4</sup> C, <sup>-2</sup> C и др.	C <sub>n</sub> H <sub>2n+2</sub> , C <sub>n</sub> H <sub>2n-6</sub> , спирты, углеводы

### Окислительно-восстановительные реакции в неорганической химии (задание части С1 теста ЕГЭ)

В отличие от заданий частей А и В, выполнение которых основано на умении определять степени окисления (с.о.) элементов и знании ОВР, в части С (задание С1) предлагается составить достаточно сложное уравнение ОВР методом электронного баланса.

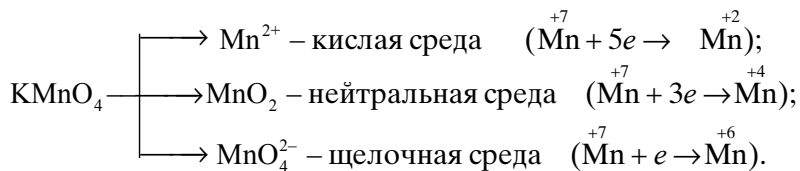
Для уверенного составления уравнений ОВР необходимо знать их классификацию.



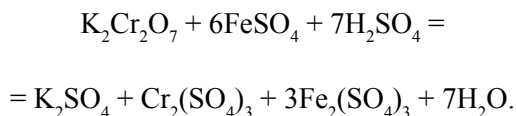
Разновидностью ОВР являются реакции *компропорционирования* – те, в которых атомы одного и того же элемента в различных с.о. в результате реакции приобретают одну и ту же с.о. Реакции *компропорционирования* бывают как межмолекулярными, так и внутримолекулярными.

Особый тип внутримолекулярных реакций представляют реакции *диспропорционирования*, т.е. те реакции, в которых атомы одного и того же элемента и повышают, и понижают с.о.

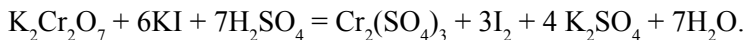
Сильным и достаточно распространенным окислителем является перманганат калия, который в различных средах восстанавливается до соединений марганца в различных с.о.



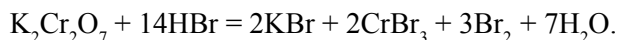
Аналогично, хромат и дихромат калия в кислой среде проявляют сильные окислительные свойства:



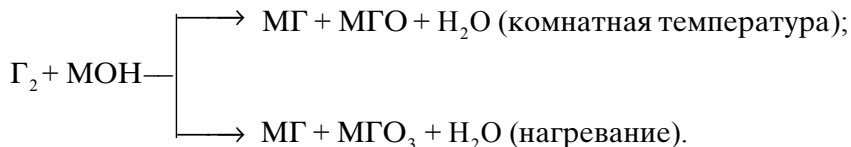
Бромиды и йодиды окисляются дихроматом калия до свободных галогенов:



При взаимодействии дихромата калия с йодоводородной и бромоводородной кислотами подкислять раствор не требуется, т.к. необходимую кислотность создают сами восстановители, которые являются сильными кислотами:



В некоторых случаях на состав продуктов ОВР влияет температура. Например, реакция диспропорционирования молекулы галогена ( $\text{Г}_2$ ) в щелочной среде при комнатной температуре приводит к образованию смеси различных галогенсодержащих солей.



В подавляющем большинстве заданий С1 последних лет схемы ОВР даны с пропусками веществ. Условно такие схемы можно классифицировать на три группы.

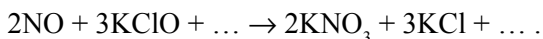
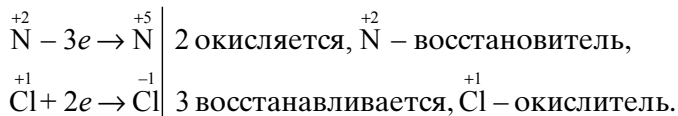
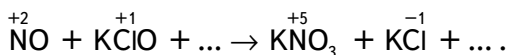


Термином «ключевые вещества» условно назовем соединения, содержащие атомы химических элементов, изменяющих степени окисления.

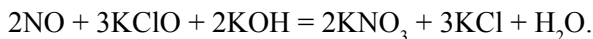
Технология составления ОВР в каждом из трех случаев имеет свои особенности.

**Ключевые вещества не пропущены.** В схеме реакции указаны формулы окислителя и восстановителя, а также формулы продуктов их восстановления и окисления. Составление уравнения ОВР начинают, не обращая внимания на пропуски. Составляют уравнения баланса, подбирают коэффициенты перед формулами окислителя, восстановителя и соответствующих им веществ в правой части схемы. После этого подсчитывают число атомов других элементов и определяют формулы пропущенных веществ.

Например:

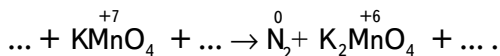


В правой части схемы больше атомов калия и кислорода, чем в левой, следовательно, пропущенное слева вещество содержит эти элементы. Теоретически пропуском слева может быть оксид калия ( $\text{K}_2\text{O}$ ), однако в этом случае продуктов реакции будет только два, а не три. Значит, слева пропущена формула гидроксида калия, а справа – воды:

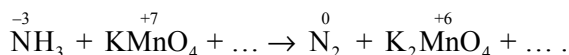


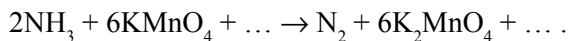
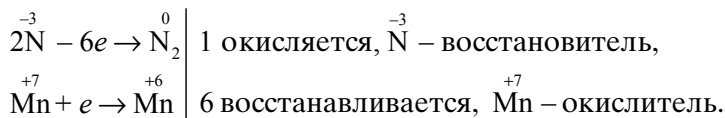
**Пропущено ключевое вещество слева.** Прежде чем составлять уравнения баланса, необходимо путем логических рассуждений предположить формулу пропущенного ключевого вещества. Дальнейшее решение задания проводится аналогично предыдущему примеру: составляют уравнения баланса, находят коэффициенты перед ключевыми веществами и продуктами их превращения в правой части схемы, подсчетом атомов других элементов (не изменивших с.о.) определяют формулы остальных пропущенных веществ.

Н а п р и м е р:

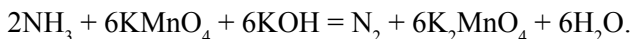


Окислителем в реакции выступает марганец в с.о. +7. Продукт окисления – молекулярный азот. Следовательно, функции восстановителя выполняет соединение, в котором азот проявляет с.о. меньше нулевой, т.е. отрицательную. Вероятнее всего, это аммиак.

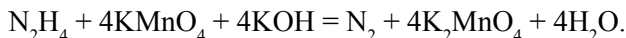




Перманганат калия восстанавливается до манганата только в сильнощелочной среде. Кроме того, в правой части схемы на 6 атомов калия больше, чем в левой. Следовательно, пропущенная формула слева – KOH. Подсчет атомов водорода и кислорода показывает, что пропущенное вещество справа – вода:



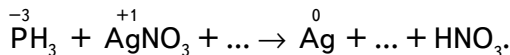
Кстати, исходная схема с пропусками подходит и для уравнения реакции окисления гидразина:



Такие ситуации встречаются в заданиях ЕГЭ. В случае составления любого верного уравнения ОВР, не противоречащего исходным данным, эксперты должны засчитать положительный результат.

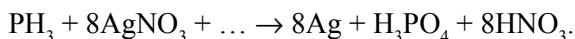
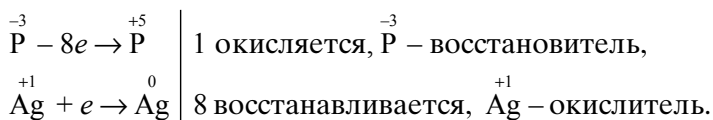
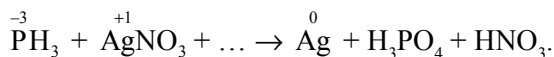
**Пропущено ключевое вещество справа.** Аналогично предыдущему случаю, прежде всего необходимо путем логических рассуждений найти формулу пропущенного ключевого вещества справа. Дальнейшее решение задания вновь сводится к первому случаю.

Н а п р и м е р:

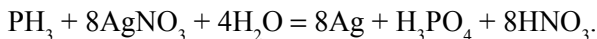


Окислителем в реакции выступает серебро в с.о. +1. Восстановитель – фосфин за счет фосфора в с.о. –3. В результате окисления фосфор должен повысить с.о. Возможные варианты с.о. фосфора в продукте: 0, +3, +5. В результате реакции образуется азотная кислота, обладающая сильными окислительными свойствами. Вероятнее всего, фосфор в этих условиях будет окисляться до максимальной с.о.

Остается выяснить формулу соединения реакции, содержащего  $P^{+5}$ . Это могут быть оксид фосфора(V), ортофосфорная кислота или ее соль (и некоторые другие более экзотические вещества, рассмотрения которых, как правило, не требуется). Очевидно, что реакция протекает в растворе, поэтому оксид фосфора(V) образоваться не может. Для образования соли не хватает металла. Предполагаем, что пропуск справа – ортофосфорная кислота.

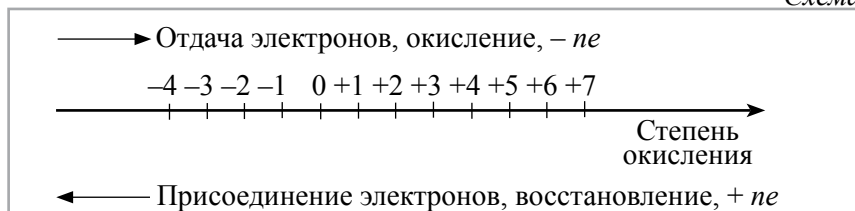


Подсчет атомов кислорода и водорода дает формулу пропущенного слева вещества – воды:



При выполнении задания нужно стараться не перепутать понятия «окисление», «восстановление» и «окислитель», «восстановитель». Избежать ошибки помогут верно расставленные степени окисления и несложное правило: если атом **отдает** электроны, он **окисляется**, если **возьмет** электроны – **восстанавливается** (речь идет о *процессе*). И, напротив, окисляющийся атом (или вещество, его содержащее) выполняет роль восстановителя, восстанавливающийся атом – роль окислителя (речь идет о *функции* вещества в ОВР). Сказанное выше иллюстрирует схема.

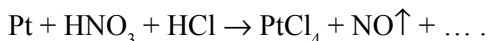
Схема



Для отработки навыков составления уравнений ОВР с участием неорганических веществ (задание С1) можно рекомендовать учащимся в качестве самостоятельной работы следующие задания.

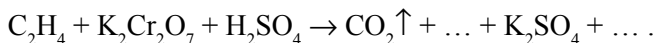
### **Задания для самостоятельной работы**

1. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:



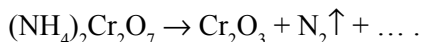
Определите окислитель и восстановитель.

2. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:



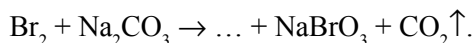
Определите окислитель и восстановитель.

3. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:



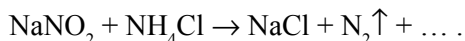
Определите окислитель и восстановитель.

4. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:



Определите окислитель и восстановитель.

5. Используя метод электронного баланса, составьте уравнение реакции:



Определите окислитель и восстановитель.

### **Взаимосвязь классов неорганических соединений**

В задании С2 в наборе из четырех веществ, как правило, встречаются типичные окислители и восстановители. В этом случае как минимум одна, а как максимум все четыре реакции представляют собой ОВР.



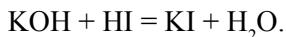
Для написания реакций между окислителем и восстановителем необходимо:

– предположить, до какого возможного значения повысится с.о. атома восстановителя и в каком продукте реакции он будет ее проявлять;

– предположить, до какого возможного значения понизится с.о. атома окислителя и в каком продукте реакции он будет ее проявлять.

**Пример.** Даны четыре вещества: оксид азота(IV), йодоводород, раствор гидроксида калия, кислород. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

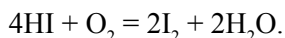
Первая реакция, не являющаяся ОВР, «лежит на поверхности» – взаимодействие щелочи (раствор KOH) с йодоводородом, проявляющим кислотные свойства:



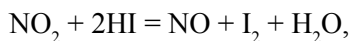
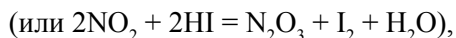
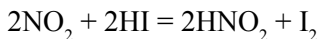
Среди перечисленных веществ два ярко выраженных окислителя – кислород и оксид азота(IV), один сильный восстановитель – йодоводород.

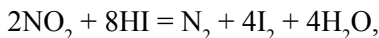
Предполагаем возможные ОВР.

1) Кислород – йодоводород. Понижение с.о. кислорода вероятнее всего до значения –2. Судя по набору элементов, продуктом восстановления будет вода. Йод в с.о. –1 будет повышать с.о., вероятнее всего, до 0. Продукт окисления – йод:



2) Оксид азота(IV) – йодоводород. Йод в с.о. –1 будет повышать с.о., вероятнее всего, до 0. Понижение с.о. азота теоретически возможно от +4 до –3; наименее вероятны –2 и –1. Сложность задания С2 как раз и заключается в том, чтобы выбрать верный продукт восстановления. На основании школьных знаний это сделать практически невозможно. Значит, можно схитрить – написать уравнения всех не противоречащих здравому смыслу ОВР, одно из них окажется верным:





Практически оксид азота(IV) восстанавливается газообразным йодоводородом до оксида азота(II), т.е. верным является второе уравнение.

3) Последняя возможная ОВР отражает особые свойства оксида азота(IV). Поскольку атом азота в  $\text{NO}_2$  находится в промежуточной степени окисления +4, оксид способен к реакции диспропорционирования в растворе щелочи:



Для отработки навыков составления уравнений, отражающих взаимосвязь веществ различных классов неорганических соединений, в том числе и в свете ОВР (задание С2), можно рекомендовать для учащихся в качестве самостоятельной работы следующие задания.

### ***Задания для самостоятельной работы***

1. Даны четыре вещества: дихромат натрия, концентрированная серная кислота, фторид калия, гидроксид лития. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

2. Даны водные растворы сульфида калия, сероводорода, хлорида алюминия и хлора. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

3. Даны четыре вещества: оксид азота(IV), раствор гидроксида натрия, белый фосфор, водород. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

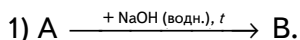
4. Даны четыре вещества: разбавленная азотная кислота, раствор гидроксида натрия, алюминий, вода. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

5. Даны водные растворы: сероводорода, брома, гидроксида натрия, хлорной кислоты. Напишите уравнения четырех возможных реакций между этими веществами.

## Окислительно-восстановительные реакции в органической химии

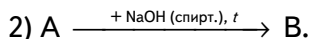
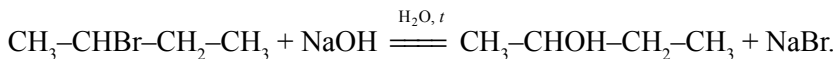
Очевидно, что для успешного выполнения цепочки превращений органических веществ (задание С3 теста ЕГЭ) нужно знать химические свойства органических соединений различных классов. Следует помнить, что для любого вещества в цепочке предыдущее превращение можно рассматривать как способ его получения, а последующее – как химическое свойство.

Однако спектр реакций, встречающихся в цепочках, все-таки ограничен, и наиболее часто повторяющиеся из них можно отработать. Если промежуточные вещества в цепочке зашифрованы буквами, то «вычислить» реакцию можно по характерным условиям ее проведения или используемому катализатору. Ниже приведены примеры наиболее часто встречающихся реакций.



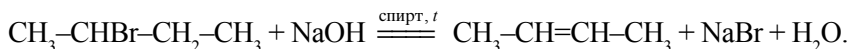
Это замещение галогена в молекуле галогенпроизводного углеводорода на гидроксильную группу. Вещество А в подавляющем большинстве случаев – галогеналкан, вещество В – предельный одноатомный спирт с тем же строением углеродного скелета, что и вещество А.

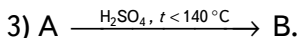
Пример реакции:



Замена всего лишь одного из условий протекания реакции – растворителя – приводит к принципиальному изменению направления течения процесса. Это реакция дегидрогалогенирования галогенпроизводных. Вещество А – это, скорее всего, галогеналкан, вещество В – соответствующий алкен. Действует правило Зайцева: двойная связь из двух возможных вариантов будет располагаться в середине молекулы.

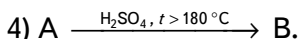
Пример реакции:





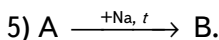
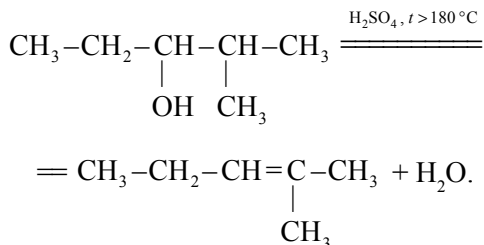
В этих условиях протекает реакция межмолекулярной дегидратации спиртов (вещество А), в результате которой образуются простые эфиры (вещество В). В данном случае важен не только значок  $t$ , указывающий, что реакция идет при нагревании, но и значение температуры. В случае межмолекулярной дегидратации оно должно быть не более  $140^\circ\text{C}$ .

Пример реакции:



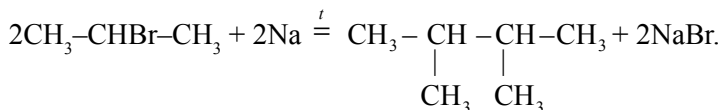
С изменением температуры проведения реакции изменяется и ее направление. При более высокой температуре протекает уже внутримолекулярная дегидратация, приводящая к получению алкена.

Пример реакции:

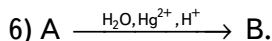


Нагревание вещества с металлическим натрием (значительно реже, но не исключено – с цинковой пылью) – отличительный признак реакции Вюрца. Вещество А представляет собой галогеналкан, вещество В – предельный углеводород с удвоенным числом по сравнению с веществом А углеродных атомов в молекуле.

Например:

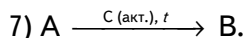
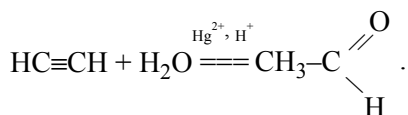


Нельзя записывать уравнение реакции, используя молекулярные формулы веществ  $C_3H_7Br$  и  $C_6H_{14}$ , ведь смысл задания как раз и состоит в том, чтобы проверить знание сущности протекающей реакции.

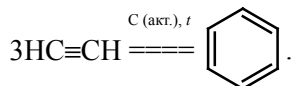


В присутствии солей ртути в качестве катализатора протекает единственная реакция – гидратация алкинов (реакция Кучерова). Следовательно, вещество А – это ацетиленовый углеводород, вещество В – карбонильное соединение (чаще всего – ацетальдегид, реже – ацетон или иной кетон).

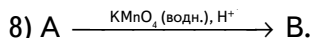
В случае ацетилена уравнение реакции таково:



Единственно возможной в данных условиях реакцией является реакция Зелинского – тримеризация простейших алкинов. В задании ЕГЭ ничего, кроме ацетилена (вещество А), в этой реакции встретиться не должно. Следовательно, продуктом тримеризации будет бензол:



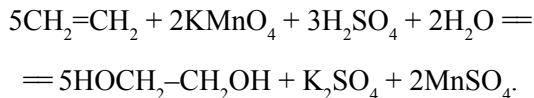
Для бензола вместо структурной формулы можно использовать и молекулярную –  $C_6H_6$ .



Если реакция с водным раствором перманганата калия протекает при комнатной температуре (этот факт тоже может быть указан над стрелкой), то в цепочке зашифрована реакция Вагнера – окисление алкенов до двухатомных спиртов. Вещество А здесь – этиленовый углеводород, вещество В – гликоль.

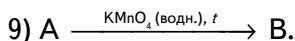
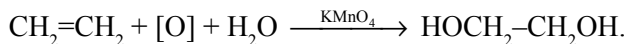
Уравнение реакции довольно трудно для написания. Более того, набор продуктов реакции зависит от кислотности среды. В кислой

среде восстановление перманганата происходит до солей марганца(II), в нейтральной – до оксида марганца(IV), в щелочной – до манганата калия. Приведем уравнение этой реакции в кислой среде:

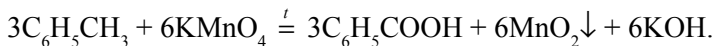


Заметим, что набор коэффициентов в данных реакциях не зависит от природы алкена.

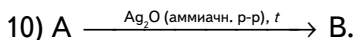
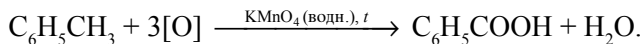
Если на экзамене никак не удастся вспомнить уравнение реакции, следует воспользоваться сокращенным схематическим вариантом:



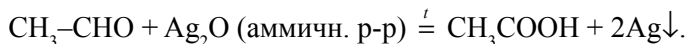
Если реакция с перманганатом калия проводится при нагревании (может быть указано: «кипячение»), это свидетельствует о жестком окислении органического вещества с образованием карбоновых кислот. Чаще всего это окисление аренов (вещество А) до бензойной кислоты (вещество В):

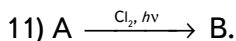


Если уравнение написать затруднительно, следует привести хотя бы схему процесса:

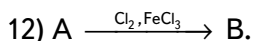
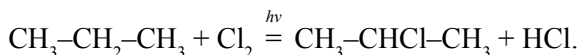


Чаще всего такая запись означает реакцию «серебряного зеркала». Вещество А – альдегид, вещество В – соответствующая карбоновая кислота. В уравнении реакции не обязательно записывать истинную формулу комплексного основания:

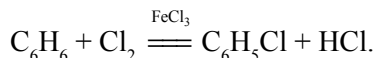




Реакция представляет собой радикальное галогенирование предельного углеводорода (или гомолога бензола по боковой цепи). Вместо обозначения  $h\nu$  может быть указано «свет». Например:



Изменились условия проведения реакции – изменились и вещества по обе стороны стрелки. Теперь это реакция замещения в ароматическом цикле. Вещество А – арен, вещество В – галогенпроизводное. На примере бензола уравнение реакции выглядит следующим образом:



Аналогично реакция протекает с бромом, тогда и в качестве катализатора используется бромид металла (железа, алюминия, цинка). Гомологи бензола галогенируются в орто- и параположения цикла.

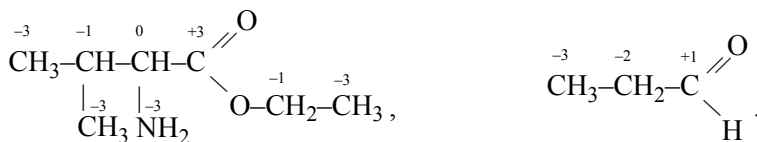
С теми же катализаторами осуществляют реакции алкилирования аренов галогеналканами.

В цепочках превращений органических веществ в подавляющем большинстве заданий встречаются ОВР. Эксперт имеет право начислить балл только в том случае, если записано уравнение, а не схема реакции, т.е. верно расставлены коэффициенты. В реакциях с участием неорганических окислителей (перманганат калия, соединения хрома(VI), пероксид водорода и др.) сделать это бывает непросто. При подготовке к экзамену поможет опорный конспект.

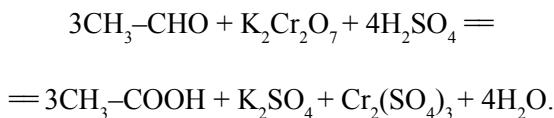
1. Определение с.о. атомов в молекулах органических соединений легко и просто можно выполнить, используя правило:

*с.о. (атома) = число связей с более ЭО атомами минус число связей с менее ЭО атомами.*

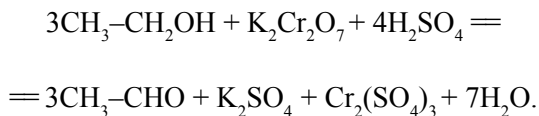
Например:



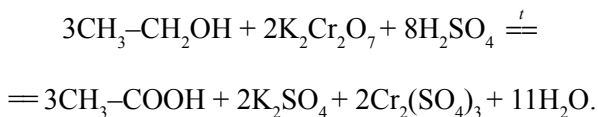
2. Для мягкого окисления органических соединений (спиртов, альдегидов, непредельных соединений) используются соединения хрома(VI) – оксид хрома(VI),  $\text{CrO}_3$ , дихромат калия  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  и др. Как правило, окисление проводится в кислой среде, продуктами восстановления являются соли хрома(III), например:



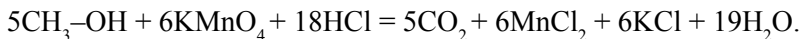
3. При окислении спиртов дихроматом калия на холоду окисление можно остановить на стадии образования альдегида:



При нагревании же образуются карбоновые кислоты:

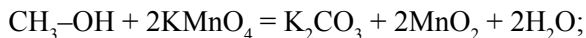


4. Значительно более сильным окислителем является перманганат калия в кислой среде. Органические соединения, содержащие один атом углерода, окисляются в этих условиях до углекислого газа, а не до формальдегида или муравьиной кислоты:

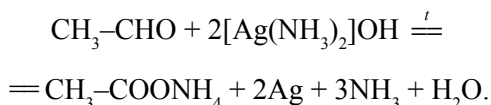
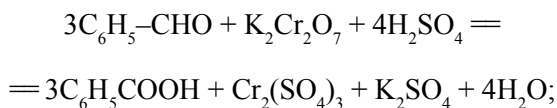
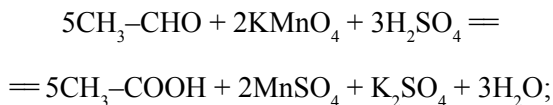




5. В нейтральной среде продуктом восстановления перманганата калия является оксид марганца(IV). Органические восстановители (спирты, альдегиды) с одним атомом углерода окисляются до карбоната калия, содержащие более одного атома углерода – до соответствующих кислот и их солей:



6. Альдегиды являются значительно более сильными восстановителями, чем спирты. Они окисляются в соответствующие карбоновые кислоты не только под действием сильных окислителей (кислород воздуха, подкисленные растворы  $\text{KMnO}_4$  и  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ), но и под действием слабых, таких, как, например, аммиачный раствор оксида серебра или гидроксида меди(II):



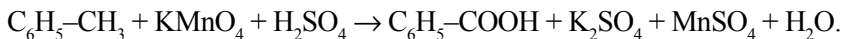
Формальдегид в данных условиях окисляется не до муравьиной кислоты (она также формально содержит альдегидную группу и является сильным восстановителем), а до соли угольной кислоты:



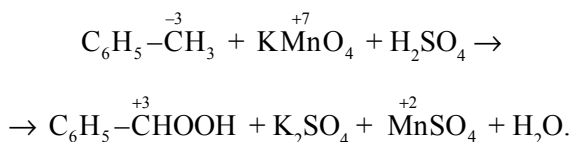
Поскольку в задании С3 при составлении уравнений ОВР не требуется написания уравнений электронного баланса, подбирать коэффициенты удобно так называемым методом подстрочного баланса – упрощенным способом баланса электронного.

А л г о р и т м подбора коэффициентов таков.

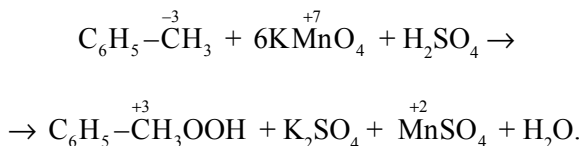
1. Составляется схема ОВР. Например, для окисления толуола до бензойной кислоты подкисленным раствором перманганата калия схема реакции такова:



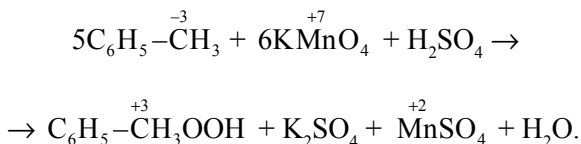
2. Указываются с.о. атомов. С.о. атома углерода определяется по приведенному выше способу.



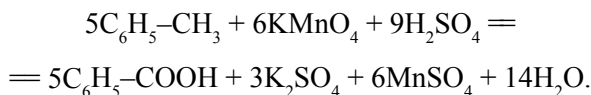
3. Число электронов, отданных атомом углерода (шесть), записывается как коэффициент перед формулой окислителя (перманганата калия):



4. Число электронов, принятых атомом марганца (пять), записывается как коэффициент перед формулой восстановителя (толуола):



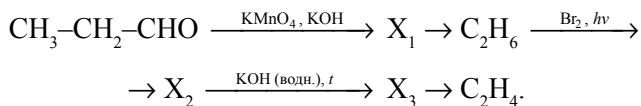
5. Важнейшие коэффициенты на месте. Дальнейший подбор не составляет труда:



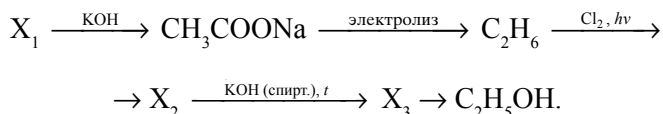
Для отработки навыков составления уравнений, отражающих взаимосвязь между органическими соединениями различных классов, в том числе и в свете ОВР (задание С3), можно рекомендовать для учащихся в качестве самостоятельной работы следующие задания.

### Задания для самостоятельной работы

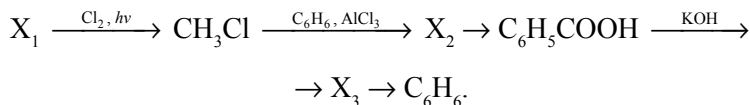
1. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



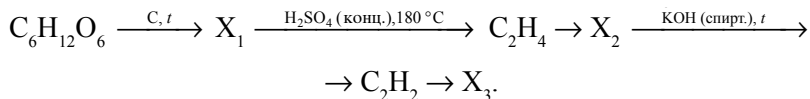
2. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



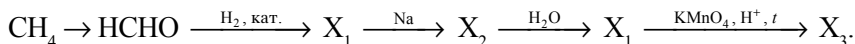
3. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



4. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



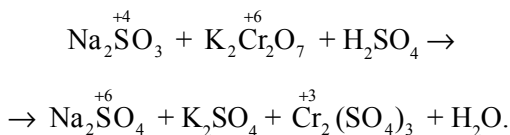
5. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



## Метод электронно-ионного баланса (метод полуреакций)

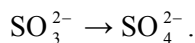
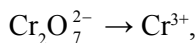
В профильных классах нелишним будет рассмотрение подбора коэффициентов в уравнениях ОВР не только методом электронного баланса, но также *методом электронно-ионного баланса (методом полуреакций)*.

• В качестве примера использования этого метода рассмотрим окисление сульфита натрия раствором дихромата калия в кислой среде:

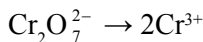


По изменению степени окисления видим, что окислителем является  $\overset{+6}{\text{Cr}}$ , а восстановителем  $\overset{+4}{\text{S}}$ . Однако в отличие от метода электронного баланса, метод электронно-ионного баланса учитывает конкретную форму (атом, молекула или ион), в которой вещество находится в данном растворе.  $\overset{+6}{\text{Cr}}$  входит в состав дихромат-иона  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ , продукт его восстановления – ион  $\text{Cr}^{3+}$ . Восстановитель входит в состав сульфит-иона  $\text{SO}_3^{2-}$ , продукт его окисления – сульфат-ион  $\text{SO}_4^{2-}$ .

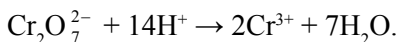
Записываем схемы полуреакций:



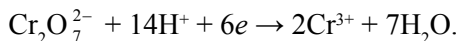
Для каждой полуреакции уравниваем число атомов всех элементов, начиная с того атома, который изменяет степень окисления. По мере необходимости добавляем частицы среды. Тогда для процесса восстановления:



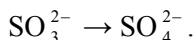
для связывания 7 атомов  $\overset{-2}{\text{O}}$  потребуется 14 катионов водорода, при этом образуется 7 молекул воды:



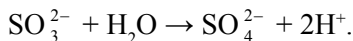
Теперь у нас наблюдается баланс атомов всех элементов. Необходимо найти число электронов, принимаемых окислителем. Это число определяем по сумме зарядов частиц в левой и правой частях уравнения. В левой части сумма зарядов ионов равна +12, в правой – +6. Для полного баланса заряда необходимо прибавить 6 электронов. Окончательно получаем:



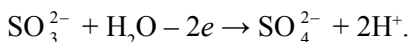
Для процесса окисления полуреакция имеет вид:



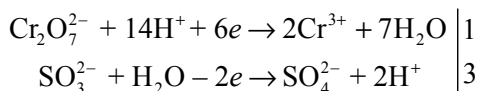
В левой части схемы на один атом кислорода меньше. Откуда он берется? Из той же воды, при этом в раствор переходят катионы водорода:



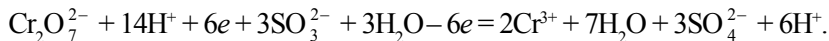
По сумме зарядов частиц в левой и правой частях уравнения (–2 и 0), находим число электронов, отдаваемых восстановителем:



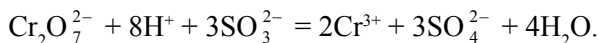
Запишем уравнения полуреакций друг под другом. Находим коэффициенты для каждой полуреакции, исходя из того же общего принципа: число отдаваемых электронов должно быть равно числу принимаемых. В данном случае наименьшее общее кратное от числа принимаемых и отдаваемых электронов (6 и 2) равно 6. Поэтому коэффициент для полуреакции восстановления равен единице, а для полуреакции окисления – трем:



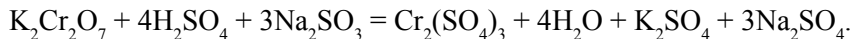
Умножаем правую и левую части каждой полуреакции на найденные коэффициенты и складываем их почленно. Приводим подобные члены, если они есть. Для данной реакции получаем:



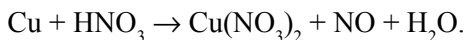
После приведения подобных членов получаем:



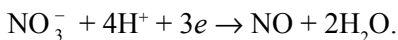
Это не что иное, как ионное уравнение заданной окислительно-восстановительной реакции, причем с коэффициентами! Осталось в левую и правую части этого уравнения добавить недостающие ионы, сгруппировав их в формулы исходных веществ и продуктов реакции:



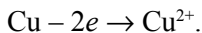
• В качестве другого примера рассмотрим реакцию взаимодействия азотной кислоты с металлами:



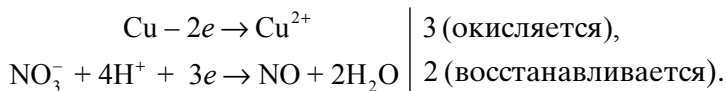
Восстановлению нитрат-аниона до оксида азота(II) в кислотной среде соответствует полуреакция:



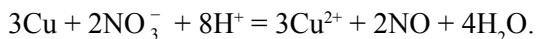
Полуреакция окисления меди до катиона  $\text{Cu}^{2+}$  следующая:



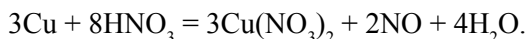
По количеству отданных и принятых электронов находим коэффициенты для каждой реакции:



Суммируем левые и правые части полуреакций с учетом найденных коэффициентов 3 и 2:



Окончательно получаем молекулярное уравнение с коэффициентами:



Метод электронно-ионного баланса несколько более трудоемок, чем метод электронного баланса. Однако он имеет ряд преимуществ. С помощью этого метода можно определить изменение характера среды в результате протекания ОВР. Кроме того, уравнения полуреакций необходимы при рассмотрении электрохимических процессов.

Правда, метод электронно-ионного баланса используется только для реакций, протекающих в растворах электролитов.

### ***Вопросы и задания для самостоятельной работы***

1. Какие задания частей А, В и С теста ЕГЭ по химии посвящены ОВР в неорганической и органической химии? Чем отличаются рекомендации для успешного выполнения этих заданий для каждой части теста ЕГЭ?

2. Охарактеризуйте метод электронного баланса для составления уравнений ОВР в неорганической и органической химии.

3. Охарактеризуйте метод электронно-ионного баланса (метод полуреакций) для составления уравнений ОВР в неорганической и органической химии. Какой из методов предпочтителен для того или иного раздела химии?

4. Выполните предложенные в лекции №7 задания для самостоятельной работы учащихся. Составьте уравнения ОВР в предложенных цепочках превращений с использованием двух методов.

**Лекция № 8**  
**Методические рекомендации**  
**по подготовке учащихся к выполнению**  
**заданий на расчетные задачи и нахождение**  
**молекулярной формулы вещества**

**Вычисление массы растворенного вещества,**  
**содержащегося в определенной массе раствора**  
**с известной массовой долей**

*Обязательный минимум знаний*

Основные теоретические сведения, необходимые для успешного выполнения заданий этой тематики, были даны в соответствующем разделе тестов части В (см. лекцию № 4).

Наиболее простым способом решения задач на массовую долю вещества в растворе является метод, условно называемый нами «методом стаканчиков».

Изображают три стаканчика, из которых два первых символизируют два исходных компонента приготовления раствора, а третий (после знака равенства) – конечный раствор. Внутри стаканчиков записывают массовую долю растворенного вещества (в процентах или долях единицы), под стаканчиками – массы компонентов. Массовая доля растворенного вещества в чистой воде равна нулю, в чистом веществе – 100 %, в кристаллогидрате – массовой доле безводного вещества. В любом из шести положений может быть искомая неизвестная величина. Полученный рисунок символизирует алгебраическое уравнение с одним неизвестным.

$\omega$ (в-ва)	$\omega_1$	+	$\omega_2$	=	$\omega_3$
$m$ (объекта)	$m_1$		$m_2$		$m_3$

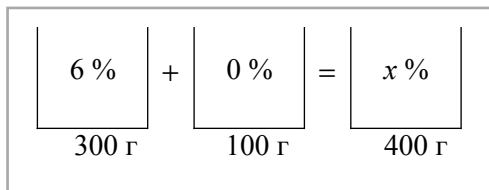
Верно равенство:  $\omega_1 \cdot m_1 + \omega_2 \cdot m_2 = \omega_3 \cdot m_3$ .



**Примеры тестовых заданий  
и рекомендации к их выполнению**

**Пример 1.** К 300 г 6%-го раствора серной кислоты прилили 100 г воды. Чему равна массовая доля (в %) кислоты в полученном растворе? (Запишите число с точностью до десятых.)

Составляется схема приготовления раствора.



Затем составляется уравнение и решается относительно  $x$ :

$$300 \cdot 6 + 0 \cdot 100 = 400x, \quad x = 4,5 \%$$

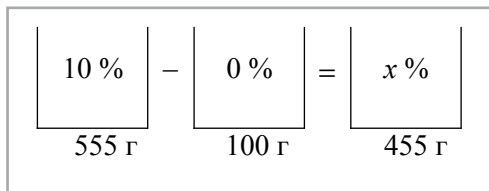
*Ответ.* 4,5 %.

**Пример 2.** После упаривания 500 мл 10%-го раствора хлорида калия (плотность — 1,1 г/мл) его масса уменьшилась на 100 г. Чему равна массовая доля (в %) соли в полученном растворе? (Запишите число с точностью до десятых.)

Находится масса исходного раствора:

$$m_1(\text{р-ра}) = V_1(\text{р-ра}) \cdot \rho_1(\text{р-ра}) = 500 \text{ (мл)} \cdot 1,1 \text{ (г/мл)} = 555 \text{ г.}$$

Составляется схема процесса.



Составляется уравнение и решается относительно  $x$ :

$$555 \cdot 10 - 0 \cdot 100 = 455x, \quad x = 12,2 \%$$

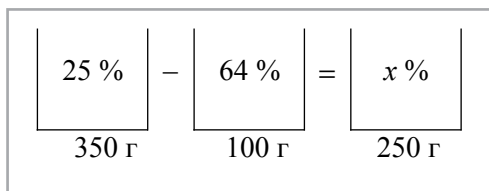
*Ответ.* 12,2 %.

**Пример 3.** При охлаждении 350 г 25%-го раствора сульфата меди(II) с 90 °С до 20 °С в осадок выпало 100 г медного купороса  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Чему равна массовая доля (в %) соли в полученном растворе? (Запишите число с точностью до десятых.)

Находится массовая доля безводного сульфата меди в медном купоросе:

$$\begin{aligned}\omega(\text{CuSO}_4) &= (M_r(\text{CuSO}_4) / M_r(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})) \cdot 100 (\%) = \\ &= (160/250) \cdot 100 (\%) = 64 \%. \end{aligned}$$

Составляется схема процесса.



Составляется и решается уравнение:

$$350 \cdot 25 - 100 \cdot 64 = 250x, \quad x = 9,4 \%$$

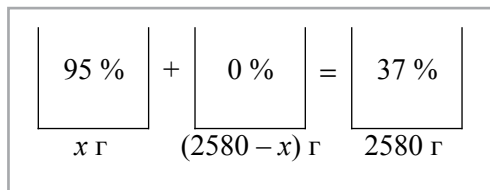
*Ответ.* 9,4 %.

**Пример 4.** Сколько граммов 95%-й серной кислоты потребуется для приготовления 2 л 37%-й аккумуляторной серной кислоты (плотность — 1,29 г/мл)? (Запишите число с точностью до целых.)

Находится масса конечного раствора:

$$m_1(\text{р-ра}) = V_1(\text{р-ра}) \cdot \rho_1(\text{р-ра}) = 2000 (\text{мл}) \cdot 1,29 (\text{г/мл}) = 2580 \text{ г.}$$

Составляется схема процесса.



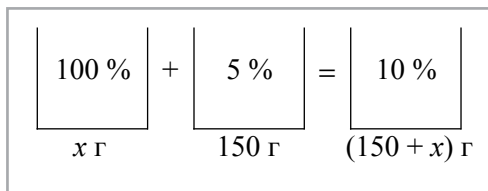
Составляется уравнение и решается относительно  $x$ :

$$95x + 0 \cdot (2580 - x) = 37 \cdot 2580, \quad x = 1005 \text{ г.}$$

*Ответ.* 1005 г.

**Пример 5.** Сколько граммов уксусной кислоты нужно растворить в 150 г столового 5%-го уксуса для получения 10%-го раствора? (Запишите число с точностью до десятых.)

Составляется схема процесса.



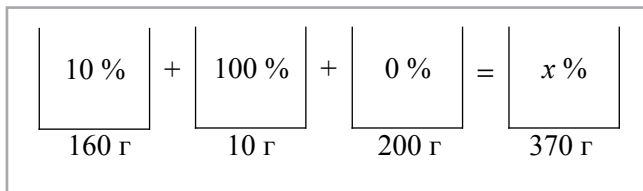
Составляется уравнение и решается относительно  $x$ :

$$100x + 5 \cdot 150 = 10(150 + x), \quad x = 8,3 \text{ г.}$$

*Ответ.* 8,3 г.

**Пример 6.** К 160 г 10%-го раствора хлорида натрия добавили 10 г этой же соли и 200 г воды. Чему равна массовая доля (в %) соли в полученном растворе? (Запишите число с точностью до десятых.)

Составляется схема процесса.



Составляется уравнение и решается относительно  $x$ :

$$160 \cdot 10 + 10 \cdot 100 + 0 \cdot 200 = 370x, \quad x = 7,03\%.$$

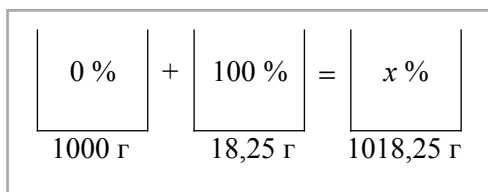
*Ответ.* 7,0 %.

**Пример 7.** Чему равна массовая доля (в %) соляной кислоты в растворе, полученном при растворении 11,2 л (н.у.) хлороводорода в 1 л воды? (Запишите число с точностью до десятых.)

Находится масса хлороводорода:

$$m(\text{HCl}) = v(\text{HCl}) \cdot M(\text{HCl}) = (V(\text{HCl}) / V_{\text{M}}) \cdot M(\text{HCl}) = \\ = (11,2 / 22,4) \cdot 36,5 = 18,25 \text{ г.}$$

Составляется схема процесса.



Составляется уравнение и решается относительно  $x$ :

$$100 \cdot 0 + 100 \cdot 18,25 = 1018,25x, \quad x = 1,79 \%$$

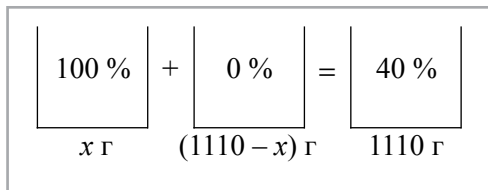
*Ответ.* 1,8 %.

**Пример 8.** Какой объем (н.у.) формальдегида (в л) потребуется для получения 1 л 40%-го раствора с плотностью 1,11 г/мл? (Запишите число с точностью до десятых.)

Находится масса конечного раствора:

$$m(\text{р-ра}) = V(\text{р-ра}) \cdot \rho(\text{р-ра}) = 1000 \text{ (мл)} \cdot 1,11 \text{ (г/мл)} = 1110 \text{ г.}$$

Составляется схема процесса.



Составляется и решается уравнение:

$$100 \cdot x = 1110 \cdot 40, \quad x = 444 \text{ г.}$$

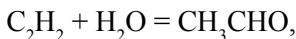
Находится объем формальдегида (н.у.):

$$V = V_M \cdot v = V_M \cdot (m / M(\text{HCHO})) = (444/30) \cdot 22,4 = 331,5 \text{ л.}$$

Ответ. 331,5 л.

**Пример 9.** В результате гидратации 89,6 л (н.у.) ацетилена можно получить 20%-й раствор ацетальдегида. Чему равна масса (в г) полученного раствора? (Запишите число с точностью до целых.)

Составляется уравнение реакции гидратации ацетилена:

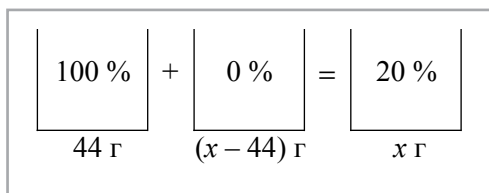


из которого следует, что  $v(\text{C}_2\text{H}_2) = v(\text{CH}_3\text{CHO})$ .

Находится масса ацетальдегида:

$$\begin{aligned} m(\text{CH}_3\text{CHO}) &= v(\text{C}_2\text{H}_2) \cdot M(\text{CH}_3\text{CHO}) = \\ &= (V(\text{C}_2\text{H}_2) / V_M) \cdot M(\text{CH}_3\text{CHO}) = (89,6 / 22,4) \cdot 44 = 176 \text{ г.} \end{aligned}$$

Составляется схема процесса.



Составляется и решается уравнение:

$$100 \cdot 44 = 20x, \quad x = 220 \text{ г.}$$

Ответ. 220 г.

**Пример 10.** Чему равна масса кальция, содержащегося в 820 г 4%-го раствора нитрата кальция? (Запишите число с точностью до целых.)

Находится масса нитрата кальция в растворе:

$$m(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = m(\text{р-ра}) \cdot \omega = 820 \cdot 0,04 = 32,8 \text{ г.}$$

Рассчитывается количество вещества нитрата кальция:

$$\nu(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = m(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) / M(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2) = 32,8 / 164 = 0,2 \text{ моль.}$$

$$\nu(\text{Ca}) = \nu(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2); m(\text{Ca}) = \nu(\text{Ca}) \cdot M(\text{Ca}) = 0,2 \cdot 40 = 8 \text{ г.}$$

*Ответ.* 8 г.

### **Задания для самостоятельной работы**

1. Чему равен объем (в л) сероводорода (н.у.), который потребуется для приготовления 136 г 5%-го раствора сероводородной кислоты? (Запишите число с точностью до сотых.)

2. Чему равна массовая доля (в %) щелочи в растворе, полученном при добавлении 5 г гидроксида калия к 45 г 10%-го раствора КОН? (Запишите число с точностью до целых.)

3. Какую массу (в г) поваренной соли необходимо добавить к 70 г 2%-го раствора NaCl для получения 6%-го раствора? (Запишите число с точностью до сотых.)

4. Сколько литров воды необходимо добавить к 100 г 70%-го раствора уксусной кислоты для получения 6%-го раствора? (Запишите число с точностью до целых.)

5. Чему равна массовая доля (в %) сахара в сиропе, полученном упариванием 1 кг 10%-го раствора сахара до массы 250 г? (Запишите число с точностью до целых.)

6. Сколько литров хлороводорода (н.у.) необходимо растворить в 100 г 5%-го раствора HCl для приготовления 15%-го раствора соляной кислоты? (Запишите число с точностью до десятых.)

7. Чему равна масса (в г) 10%-го раствора щелочи, которую необходимо добавить к 50 г 20%-го раствора того же вещества, чтобы получить 17%-й раствор? (Запишите число с точностью до десятых.)

8. Чему равна массовая доля (в %) соли в растворе, полученном смешением 50 г 20%-го и 150 г 7%-го раствора этой соли? (Запишите число с точностью до сотых.)

9. Чему равна массовая доля (в %) сульфата меди(II) в растворе, полученном растворением 70 г медного купороса  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  в 430 мл воды? (Запишите число с точностью до сотых.)

10. Чему равна масса (в г) воды, в которой нужно растворить 250 г железного купороса  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  для получения 20%-го

раствора сульфата железа(II)? (Запишите число с точностью до десятых.)

Ответы на задания

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4,48	19	2,98	1	40	7,2	21,4	10,25	8,96	432,5

**Расчет массы вещества или объема газа по известному количеству вещества из участвующих в реакции**

**Обязательный минимум знаний**

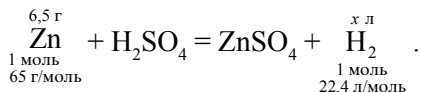
Для решения задач указанного типа необходимо знать формулы перевода количества вещества в массу или объем газа и обратно:

$$v = m / M = V / V_M;$$

$$m = v \cdot M; \quad V = v \cdot V_M.$$

**Примеры тестовых заданий и рекомендации к их выполнению**

**Пример 1.** Какой объем (в л) водорода (н.у.) можно получить при взаимодействии цинка массой 6,5 г с раствором серной кислоты? (Запишите число с точностью до десятых.)



Рассчитывается количество вещества цинка, взятое в реакцию:

$$v(\text{Zn}) = m(\text{Zn}) / M(\text{Zn}) = 6,5 \text{ (г)} / 65 \text{ (г/моль)} = 0,1 \text{ моль}.$$

По уравнению реакции количество вещества водорода равно количеству вещества цинка:

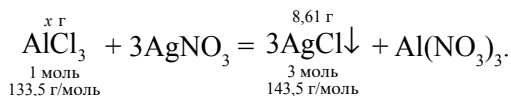
$$v(\text{H}_2) = v(\text{Zn}) = 0,1 \text{ моль}.$$

Находится объем водорода при нормальных условиях:

$$V(\text{H}_2) = v(\text{H}_2) \cdot V_M = 0,1 \text{ (моль)} \cdot 22,4 \text{ (л/моль)} = 2,24 \text{ л}.$$

Ответ. 2,2 л.

**Пример 2.** Какую массу (в г) хлорида алюминия необходимо взять для реакции с нитратом серебра, чтобы получить 8,61 г хлорида серебра? (Запишите число с точностью до десятых.)



Рассчитывается количество вещества хлорида серебра:

$$v(\text{AgCl}) = m(\text{AgCl}) / M(\text{AgCl}) = 8,61 \text{ (г)} / 143,5 \text{ (г/моль)} = 0,06 \text{ моль.}$$

Из уравнения реакции видно, что количество вещества хлорида алюминия в 3 раза меньше количества вещества хлорида серебра:

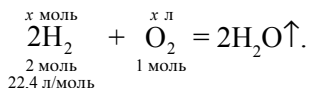
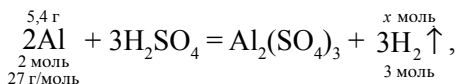
$$v(\text{AlCl}_3) = 1/3 v(\text{AgCl}) = 1/3 \cdot 0,06 \text{ моль} = 0,02 \text{ моль.}$$

Рассчитывается масса хлорида алюминия:

$$m(\text{AlCl}_3) = v(\text{AlCl}_3) \cdot M(\text{AlCl}_3) = 0,02 \text{ (моль)} \cdot 133,5 \text{ (г/моль)} = 2,67 \text{ г.}$$

*Ответ.* 2,7 г.

**Пример 3.** Какой объем (в л) кислорода (н.у.) потребуется для сжигания водорода, полученного при взаимодействии 5,4 г алюминия с разбавленной серной кислотой? (Запишите число с точностью до десятых.)



Рассчитывается количество вещества алюминия:

$$v(\text{Al}) = m(\text{Al}) / M(\text{Al}) = 5,4 \text{ (г)} / 27 \text{ (г/моль)} = 0,2 \text{ моль.}$$



Находится количество вещества выделяющегося водорода:

$$v(\text{H}_2) = 3/2 v(\text{Al}) = 3/2 \cdot 0,2 \text{ (моль)} = 0,3 \text{ моль.}$$

Рассчитывается количество вещества кислорода, требующегося для сжигания водорода:

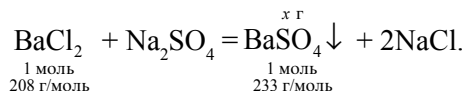
$$v(\text{O}_2) = 1/2 v(\text{H}_2) = 1/2 \cdot 0,3 \text{ (моль)} = 0,15 \text{ моль.}$$

Находится объем необходимого кислорода (н.у.):

$$V(\text{O}_2) = v(\text{O}_2) \cdot V_M = 0,15 \text{ (моль)} \cdot 22,4 \text{ (л/моль)} = 3,36 \text{ л.}$$

Ответ. 3,4 л.

Пример 4. Какую массу (в г) сульфата бария можно получить при добавлении избытка раствора сульфата натрия к 17,86 мл 26%-го раствора хлорида бария плотностью 1,12 г/мл? (Запишите число с точностью до десятых.)



Рассчитывается масса исходного раствора хлорида бария:

$$m(\text{р-ра}) = V(\text{р-ра}) \cdot \rho(\text{р-ра}) = 17,86 \text{ (мл)} \cdot 1,12 \text{ (г/мл)} = 20 \text{ г.}$$

Находится масса хлорида бария в растворе:

$$m(\text{BaCl}_2) = m(\text{р-ра}) \cdot \omega(\text{BaCl}_2) = 20 \cdot 0,26 = 5,2 \text{ г.}$$

Определяется количество вещества хлорида бария, взятого для реакции:

$$v(\text{BaCl}_2) = m(\text{BaCl}_2) / M(\text{BaCl}_2) = 5,2 \text{ (г)} / 208 \text{ (г/моль)} = 0,025 \text{ моль.}$$

Определяется количество вещества образующегося сульфата бария:

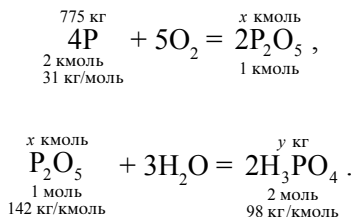
$$v(\text{BaSO}_4) = v(\text{BaCl}_2) = 0,025 \text{ моль.}$$

Рассчитывается масса образующегося сульфата бария:

$$m(\text{BaSO}_4) = \nu(\text{BaSO}_4) \cdot M(\text{BaSO}_4) = \\ = 0,025 \text{ (моль)} \cdot 233 \text{ (г/моль)} = 5,825 \text{ г.}$$

Ответ. 5,8 г.

**Пример 5.** Какова массовая доля (в %) ортофосфорной кислоты в растворе, полученном при растворении в 9225 л воды всего оксида фосфора(V), образовавшегося при сжигании 775 кг фосфора? (Запишите число с точностью до десятых.)



Рассчитывается количество вещества фосфора:

$$\nu(\text{P}) = m(\text{P}) / M(\text{P}) = 775 \text{ (кг)} / 31 \text{ (кг/кмоль)} = 25 \text{ кмоль.}$$

Находится количество вещества полученного оксида фосфора(V):

$$\nu(\text{P}_2\text{O}_5) = 1/2 \nu(\text{P}) = 1/2 \cdot 25 \text{ (кмоль)} = 12,5 \text{ кмоль.}$$

Рассчитывается масса оксида фосфора(V):

$$m(\text{P}_2\text{O}_5) = \nu(\text{P}_2\text{O}_5) \cdot M(\text{P}_2\text{O}_5) = 12,5 \text{ (кмоль)} \cdot 142 \text{ (кг/моль)} = 1775 \text{ кг.}$$

Находится количество вещества ортофосфорной кислоты:

$$\nu(\text{H}_3\text{PO}_4) = 2\nu(\text{P}_2\text{O}_5) = 2 \cdot 12,5 \text{ (кмоль)} = 25 \text{ кмоль.}$$

Рассчитывается масса образовавшейся кислоты:

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = \nu(\text{H}_3\text{PO}_4) \cdot M(\text{H}_3\text{PO}_4) = 25 \text{ (кмоль)} \cdot 98 \text{ (кг/кмоль)} = 2450 \text{ кг.}$$

Определяется масса взятой в реакцию воды:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = V(\text{H}_2\text{O}) \cdot \rho(\text{H}_2\text{O}) = 9225 \text{ (л)} \cdot 1 \text{ (кг/л)} = 9225 \text{ кг.}$$

Вычисляется масса полученного раствора:

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{P}_2\text{O}_5) = 9225 \text{ (кг)} + 1775 \text{ (кг)} = 11\,000 \text{ кг.}$$

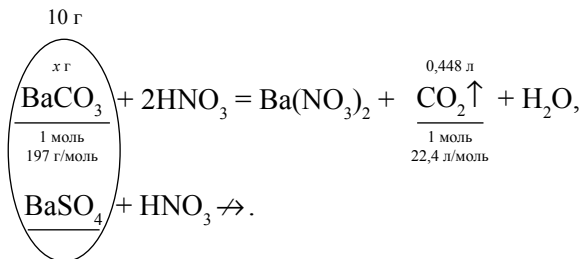
Находится массовая доля ортофосфорной кислоты в полученном растворе:

$$\begin{aligned} \omega(\text{H}_3\text{PO}_4) &= (m(\text{H}_3\text{PO}_4) / m(\text{р-ра})) \cdot 100 \text{ (\%)} = \\ &= (2450 \text{ (кг)} / 11\,000 \text{ (кг)}) \cdot 100 \text{ (\%)} = 22,3 \text{ \%.} \end{aligned}$$

Ответ. 22,3 %.

**Пример 6.** Смесь карбоната и сульфата бария массой 10 г обработали раствором азотной кислоты, при этом выделилось 0,448 л газа (н.у.). Определите массовую долю сульфата бария в смеси. (Запишите число с точностью до десятых.)

С учетом того, что из двух компонентов смеси с азотной кислотой реагирует только карбонат бария, записывается уравнение реакции:



Рассчитывается количество вещества оксида углерода(IV):

$$v(\text{CO}_2) = V(\text{CO}_2) / V_M = 0,448 \text{ (л)} / 22,4 \text{ (л/моль)} = 0,02 \text{ моль.}$$

Находится количество вещества карбоната бария:

$$v(\text{CO}_2) = v(\text{BaCO}_3) = 0,02 \text{ моль.}$$

Рассчитывается масса карбоната бария:

$$m(\text{BaCO}_3) = \nu(\text{BaCO}_3) \cdot M(\text{BaCO}_3) = 0,02 \text{ (моль)} \cdot 197 \text{ (г/моль)} = 3,94 \text{ г.}$$

Вычисляется масса сульфата бария в смеси:

$$m(\text{BaSO}_4) = m(\text{смеси}) - m(\text{BaCO}_3) = 10 - 3,94 = 6,06 \text{ г.}$$

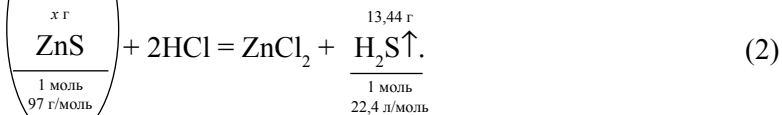
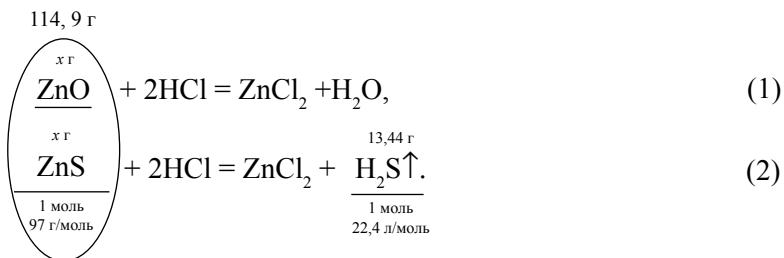
Определяется массовая доля сульфата бария в смеси:

$$\begin{aligned} \omega(\text{BaSO}_4) &= (m(\text{BaSO}_4) / m(\text{смеси})) \cdot 100 (\%) = \\ &= (6,06 \text{ (г)} / 10 \text{ (г)}) \cdot 100 (\%) = 60,6 \%. \end{aligned}$$

*Ответ.* 60,6 %.

**Пример 7.** Смесь оксида и сульфида цинка массой 114,9 г обработали избытком соляной кислоты. При этом выделилось 13,44 л (н.у.) газа. Определите массовую долю (в %) оксида цинка в смеси. (Запишите число с точностью до десятых.)

С учетом того, что оба компонента реагируют с соляной кислотой, записываются уравнения реакций:



Из уравнений реакций видно, что выделение газа происходит только в реакции (2). Следовательно, объем выделившегося газа – это объем сероводорода.

Находится количество вещества сероводорода:

$$\nu(\text{H}_2\text{S}) = V(\text{H}_2\text{S}) / V_M = 13,44 \text{ (л)} / 22,4 \text{ (л/моль)} = 0,6 \text{ моль.}$$

По уравнению реакции (2) находится количество вещества сульфида цинка:

$$\nu(\text{ZnS}) = \nu(\text{H}_2\text{S}) = 0,6 \text{ моль.}$$

Вычисляется масса сульфида цинка:

$$m(\text{ZnS}) = \nu(\text{ZnS}) \cdot V(\text{ZnS}) = 0,6 \text{ (моль)} \cdot 97 \text{ (г/моль)} = 58,2 \text{ г.}$$

Рассчитывается масса оксида цинка:

$$m(\text{ZnO}) = m(\text{смеси}) - m(\text{ZnS}) = 114,9 - 58,2 = 56,7 \text{ г.}$$

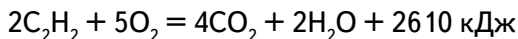
Вычисляется массовая доля оксида цинка в смеси:

$$\omega(\text{ZnO}) = (m(\text{ZnO}) / m(\text{смеси})) \cdot 100 (\%) =$$

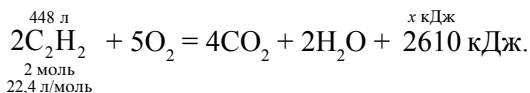
$$= (56,7 \text{ (г)} / 114,9 \text{ (г)}) \cdot 100 (\%) = 49,3 \text{ \%}.$$

Ответ. 49,3 %.

**Пример 8.** По термохимическому уравнению реакции горения ацетилена



рассчитайте количество теплоты (в кДж), которое выделяется при сгорании 448 л ацетилена (н.у.). (Запишите число с точностью до целых.)



Рассчитывается количество вещества ацетилена, вступившего в реакцию:

$$\nu(\text{C}_2\text{H}_2) = V(\text{C}_2\text{H}_2) / V_M = 448 \text{ (л)} / 22,4 \text{ (л/моль)} = 20 \text{ моль.}$$

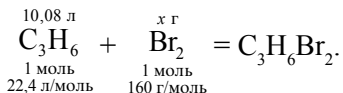
Поскольку при сгорании 2 моль ацетилена выделяется 2610 кДж теплоты, то при сгорании 20 моль выделится:

$$Q' = \nu(\text{C}_2\text{H}_2) \cdot (Q / 2 \text{ (моль)}) =$$

$$= 20 \text{ (моль)} \cdot (2610 \text{ (кДж)} / 2 \text{ (моль)}) = 26100 \text{ кДж.}$$

Ответ. 26100 кДж.

**Пример 9.** Вычислите массу (в кг) бромной воды, которую могут обесцветить 10,08 л пропена (н.у.), если массовая доля брома в бромной воде равна 3 %. (Запишите число с точностью до десятых.)



Рассчитывается количество вещества пропена, взятое в реакцию:

$$v(\text{C}_3\text{H}_6) = V(\text{C}_3\text{H}_6) / V_M = 10,08 \text{ (л)} / 22,4 \text{ (л/моль)} = 0,45 \text{ моль.}$$

Из уравнения реакции видно, что количество вещества брома равно количеству вещества пропена:

$$v(\text{Br}_2) = v(\text{C}_3\text{H}_6) = 0,45 \text{ моль.}$$

Вычисляется масса брома, вступившего в реакцию:

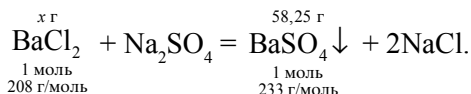
$$m(\text{Br}_2) = v(\text{Br}_2) \cdot M(\text{Br}_2) = 0,45 \text{ (моль)} \cdot 160 \text{ (г/моль)} = 72 \text{ г.}$$

Находится масса бромной воды, в которой содержится 72 г брома:

$$\begin{aligned} m(\text{р-ра}) &= (m(\text{Br}_2) / \omega(\text{Br}_2)) \cdot 100 (\%) = \\ &= (72 \text{ (г)} / 3 (\%)) \cdot 100 (\%) = 2400 \text{ г, или } 2,4 \text{ кг.} \end{aligned}$$

*Ответ.* 2,4 кг.

**Пример 10.** При сливании раствора хлорида бария и избытка раствора сульфата натрия образовался осадок массой 58,25 г. Определите массу хлорида бария, содержащегося в исходном растворе. (Запишите число с точностью до целых.)



Рассчитывается количество вещества сульфата бария:

$$\nu(\text{BaSO}_4) = m(\text{BaSO}_4) / M(\text{BaSO}_4) = 58,25 \text{ (г)} / 233 \text{ (г/моль)} = 0,25 \text{ моль.}$$

Из уравнения реакции видно, что количество вещества хлорида бария равно количеству вещества сульфата бария, т.е. 0,25 моль.

Вычисляется масса хлорида бария, вступившего в реакцию:

$$m(\text{BaCl}_2) = \nu(\text{BaCl}_2) \cdot M(\text{BaCl}_2) = 0,25 \text{ (моль)} \cdot 208 \text{ (г/моль)} = 52 \text{ г.}$$

*Ответ.* 52 г.

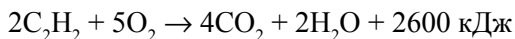
### ***Задания для самостоятельной работы***

1. Сколько литров хлора (н.у.) полностью прореагирует с 28 г железных опилок? (Запишите число с точностью до десятых.)

2. Газ, образовавшийся при сгорании 18,6 г углерода в избытке кислорода, пропустили через избыток раствора гидроксида кальция. Определите массу (в г) образовавшегося осадка. (Запишите число с точностью до целых.)

3. Чему равен объем (в мл) 12%-го раствора гидроксида натрия (плотность – 1,13 г/мл), необходимого для нейтрализации 45 г 25%-го раствора уксусной кислоты? (Запишите число с точностью до десятых.)

4. При горении ацетилена в соответствии с термохимическим уравнением реакции



выделилось 325 кДж теплоты. Определите объем (в л) сгоревшего при этом ацетилена (н.у.). (Запишите число с точностью до десятых.)

5. В воде растворили 12 г гидроксида лития. Сколько литров хлороводорода (н.у.) необходимо растворить в полученном растворе до полной нейтрализации щелочи? (Запишите число с точностью до десятых.)

6. К 9 г смеси порошков железа и алюминия добавили избыток раствора гидроксида натрия, при этом выделилось 1,12 л газа (н.у.). Определите массовую долю (в %) железа в смеси. (Запишите число с точностью до целых.)

7. Определите массу (в г) 10%-го раствора хлорида бария, который потребуется для полного осаждения сульфат-ионов из раствора, содержащего 4,9 г серной кислоты. (Запишите число с точностью до целых.)

8. Чему равна масса (в г) железа, с которой полностью прореагирует хлор объемом 6,72 л (н.у.)? (Запишите число с точностью до десятых.)

9. Чему равна масса (в г) твердого остатка, полученного разложением 17 г оксида серебра? (Запишите число с точностью до десятых.)

10. Какой объем (в л) кислорода (н.у.) можно получить разложением 68 г 30%-го раствора пероксида водорода? (Запишите число с точностью до сотых.)

*Ответы на задания*

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
16,8	155	55,3	5,6	11,2	90	104	11,2	15,8	6,72

### **Расчеты массы (объема, количества вещества) продуктов реакции по химическим уравнениям**

#### *Обязательный минимум знаний*

Задание С4 контрольно-измерительного материала представляет собой задачу, основанную на расчетах по химическим уравнениям. Исходное вещество или несколько реагирующих веществ могут быть взяты в виде раствора с известной массовой долей растворенного вещества, либо необходимо рассчитать массовую долю продукта реакции в растворе. Для успешного решения подобных задач нужно до автоматизма довести расчет массы вещества в растворе с указанной концентрацией и плотностью. При вычислении массовой доли продукта реакции масса конечного раствора рассчитывается, как правило, суммированием масс реагирующих веществ за вычетом массы газообразных или нерастворимых продуктов реакции.

Разновидностями задания С4 могут быть задачи на избыток одного из реагирующих веществ или задачи с участием исходного вещества, содержащего примеси. Особенности таких задач приведены в табл. 9.



Таблица 9

**Разновидности задач на расчет по химическим уравнениям**

Характеристика задачи	Задачи на примеси	Задачи на избыток одного из исходных веществ	
		Базовый тип	Задачи на альтернативу
Сущность	Исходное вещество содержит посторонние примеси, поэтому расчет продукта ведут по массе (количеству) чистого вещества	Одно из исходных веществ взято в избытке и, следовательно, реагирует не полностью	В зависимости от соотношения исходных веществ в реакции могут образоваться продукты различного состава
Отличительная особенность	В условии задачи встречаются слова «примесь», «технический образец»	В условии задачи даны массы (количества) не одного, а двух исходных веществ	В условии задачи даны массы (количества) двух исходных веществ и спрашивается, какое вещество получится в результате реакции
Особенности решения	Расчет продукта ведут не по массе вещества с примесями (технического образца), а по массе чистого исходного вещества	Расчет продукта ведут по веществу, взятому в недостатке	Вначале определяют, по какому именно уравнению реакции из нескольких возможных пойдет процесс, затем рассчитывают массу продукта по веществу, взятому в недостатке

## Окончание табл. 9

Характеристика задачи	Задачи на примеси	Задачи на избыток одного из исходных веществ	
		Базовый тип	Задачи на альтернативу
Используемые формулы	$\omega(\text{прим.}) = \frac{m(\text{чист. в-ва})}{m(\text{образца})},$ $\omega(\text{прим.}) + \omega(\text{чист. в-ва}) = 1;$ $m(\text{чист. в-ва}) = m(\text{образца}) \cdot \omega(\text{чист. в-ва}),$ где $\omega$ выражена в долях от единицы	Определяют, какое из исходных веществ взято в избытке, сравнивая для каждого отношение количества вещества к коэффициенту в уравнении реакции: $v(\text{в-ва}) / \text{коэффициент}.$ В избытке то вещество, для которого это отношение больше	

### Нахождение молекулярной формулы вещества

#### *Обязательный минимум знаний*

В задании С5 предлагается определить формулу, как правило, органического вещества. Разновидностями этого задания являются задачи четырех типов. Они основаны на нахождении формулы вещества по следующим данным:

- по массовым долям элементов;
- по массовой доле одного элемента и общей формуле вещества;
- по массе (объему) продуктов сгорания;
- по массам (объемам) двух участников химической реакции.

Особенности решения задач каждого типа приведены в табл. 10.

#### *Нахождение формулы вещества по уравнению химической реакции*

Многие учителя такую разновидность расчетов по химическим уравнениям называют задачами «с низу». Действительно, в подобных задачах, как правило, реагент не известен, но даны его количество и количество продукта реакции (или второго реагента). В предлагаемой нами схеме  $x$ , т.е. неизвестная величина, оказывается под формулой подчеркнутого вещества и обозначает в общем случае его молярную массу.

Таблица 10

Разновидности задач на нахождение молекулярной формулы вещества

Характеристика задачи	Нахождение молекулярной формулы вещества:			
	По массовым долям элементов	По массовой доле одного элемента	По продуктам сгорания	По химическому уравнению
Сущность	Класс вещества не указан, указаны массовые доли элементов и, возможно, плотность паров по другому газу (или др.)	Указаны класс вещества и массовая доля одного из элементов	Указаны масса вещества и массы (объемы) продуктов его сгорания	Указаны массы (объемы) двух участников реакции и класс искомого вещества
Предлагаемый способ решения	Отношение индексов есть отношение частных от деления массовой доли элемента на его относительную атомную массу	Составить общую формулу вещества через индекс $n$ ; выразить массовую долю элемента через $n$ и решить уравнение	Найти количества вещества элементов в продуктах сгорания (C, H, O, N и др.). Их отношение есть отношение индексов	Составить общие формулы веществ, их молярные массы выразить через $n$ . Приравнять количества веществ с учетом коэффициентов
Ключевые решения	Для $A_x B_y C_z$ : $x:y:z = \frac{\omega(A)}{A_r(A)} : \frac{\omega(B)}{A_r(B)} : \frac{\omega(C)}{A_r(C)}$	Для предельного одноатомного спирта $C_n H_{2n+2} O$ : $\omega(O) = \frac{16}{14n + 2} \cdot 100 (\%)$	Для вещества $C_x H_y N_z$ : $x:y:z = v(CO_2) : 2v(H_2O) : 2v(N_2)$	Для процесса $C_n H_{2n} \rightarrow C_n H_{2n+1} OH$ : $\frac{m(\text{алкена})}{14n} = \frac{m(\text{спирта})}{(14n+18)}$

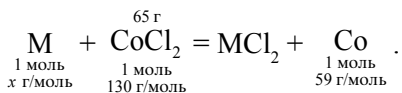
Для задач по неорганической химии за неизвестную величину  $x$  чаще всего принимают молярную массу искомого элемента. Алгоритм решения задачи точно такой же, как при других расчетах по уравнениям химических реакций, с той лишь разницей, что молярные массы веществ выражают через  $x$ .

**Пример 1.** В раствор хлорида кобальта(II) массой 162,5 г с массовой долей соли 40 % поместили кусочек неизвестного металла. Через некоторое время кусочек металла вынули из раствора, высушили и взвесили, его масса увеличилась на 14 г. Массовая доля хлорида кобальта в растворе после реакции стала равной 8,75 %. Определите неизвестный металл, если известно, что в образовавшемся хлориде он имеет степень окисления +2.

1) Вычислим массу и количество вещества хлорида кобальта в исходном растворе:

$$m_1(\text{CoCl}_2) = \frac{m_1(\text{р-ра CoCl}_2) \cdot \omega_1(\text{CoCl}_2)}{100 (\%)} = \frac{162,5 (\text{г}) \cdot 40 (\%)}{100 (\%)} = 65 \text{ г.}$$

2) Составим уравнение химической реакции:



3) Рассчитаем количество вещества хлорида кобальта в исходном растворе:

$$v_1(\text{CoCl}_2) = \frac{m_1(\text{CoCl}_2)}{M(\text{CoCl}_2)} = \frac{65 (\text{г})}{130 (\text{г/моль})} = 0,5 \text{ моль.}$$

4) Найдем массу раствора по окончании реакции. Если масса образца металла увеличилась на 14 г, следовательно, на столько же уменьшилась масса раствора в соответствии с законом сохранения массы веществ:

$$\begin{aligned} m_2(\text{р-ра CoCl}_2) &= m_1(\text{р-ра CoCl}_2) - 14 (\text{г}) = \\ &= 162,5 (\text{г}) - 14 (\text{г}) = 148,5 \text{ г.} \end{aligned}$$

5) Вычислим массу и количество вещества хлорида кобальта(II) по окончании реакции:

$$m_2(\text{CoCl}_2) = \frac{m_2(\text{р-ра CoCl}_2) \cdot \omega_2(\text{CoCl}_2)}{100 (\%)} = \frac{148,5 (\text{г}) \cdot 8,75 (\%)}{100 (\%)} = 13 \text{ г};$$

$$\nu_2(\text{CoCl}_2) = \frac{m_2(\text{CoCl}_2)}{M(\text{CoCl}_2)} = \frac{13 (\text{г})}{130 (\text{г} / \text{моль})} = 0,1 \text{ моль}.$$

6) Найдем массу и количество вещества хлорида кобальта(II), вступившего в реакцию с неизвестным металлом:

$$\nu(\text{CoCl}_2) = \nu_1(\text{CoCl}_2) - \nu_2(\text{CoCl}_2) = 0,5 (\text{моль}) - 0,1 (\text{моль}) = 0,4 \text{ моль}.$$

7) Найдем массу кобальта, выделившегося в результате реакции:

$$m(\text{Co}) = \nu(\text{Co}) \cdot M(\text{Co}) = 0,4 (\text{моль}) \cdot 59 (\text{г/моль}) = 23,6 \text{ г}.$$

8) По условию задачи масса образца металла увеличилась на 14 г. Это является результатом двух процессов: растворения неизвестного металла и осаждения кобальта на поверхности образца. Таким образом, получим выражение:

$$m(\text{исх.}) - m(\text{M}) + m(\text{Co}) = m(\text{исх.}) + 14 \text{ г, или } m(\text{Co}) - m(\text{M}) = 14 \text{ г};$$

$$m(\text{M}) = m(\text{Co}) - 14 = 23,6 - 14 = 9,6 \text{ г}.$$

9) Зная массу выделившегося металла, вычислим его молярную массу:

$$M(\text{M}) = \frac{m(\text{M})}{\nu(\text{M})} = \frac{9,6 (\text{г})}{0,4 (\text{моль})} = 24 \text{ г/моль}.$$

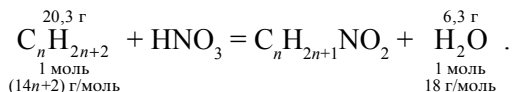
По периодической системе элементов Д.И.Менделеева определим, что металл – магний.

Ответ. Mg.

В задачах по органической химии за  $x$  (или  $n$ ) удобнее принимать число атомов углерода в неизвестном соединении и выражать его молярную массу через эту переменную.

**Пример 2.** При мононитровании 20,3 г алкана выделилось 6,3 г воды. Какой объем воздуха, измеренный при н.у., потребуется для сгорания той же массы этого алкана? Объемная доля кислорода в воздухе равна 21 %.

1) Запишем уравнение реакции нитрования, используя общую формулу алкана:



2) Найдем количество вещества выделившейся при нитровании воды:

$$v(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O}) / M(\text{H}_2\text{O}) = 6,3 \text{ (г)} / 18 \text{ (г/моль)} = 0,35 \text{ моль}.$$

3) По уравнению реакции найдем количество вещества прореагировавшего алкана:

$$v(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) = v(\text{H}_2\text{O}) = 0,35 \text{ моль}.$$

4) Найдем молекулярную массу прореагировавшего алкана:

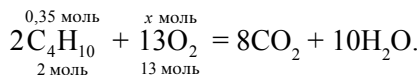
$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) = \frac{m(\text{C}_n\text{H}_{2n+2})}{v(\text{C}_n\text{H}_{2n+2})} = \frac{20,3 \text{ (г)}}{0,35 \text{ (моль)}} = 58 \text{ г/моль}.$$

5) Вычислим число атомов углерода в алкане:

$$14n + 2 = 58, \text{ откуда } n = 4.$$

Следовательно, формула алкана –  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  (бутан).

6) Запишем уравнение реакции горения бутана:



7) Зная количество вещества сгоревшего бутана (0,35 моль), по уравнению реакции найдем количество вещества кислорода, затраченного на горение:

$$v(\text{O}_2) / v(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 13 / 2,$$

следовательно,

$$v(\text{O}_2) = v(\text{C}_4\text{H}_{10}) \cdot 13 / 2 = 0,35 \text{ (моль)} \cdot 13 / 2 = 2,275 \text{ моль.}$$

8) Вычислим объем затраченного на горение кислорода:

$$V(\text{O}_2) = v(\text{O}_2) \cdot V_M = 2,275 \text{ (моль)} \cdot 22,4 \text{ (л/моль)} = 50,96 \text{ л.}$$

9) Зная, что объемная доля кислорода в воздухе составляет 21 %, найдем объем воздуха, содержащий необходимое количество кислорода:

$$V(\text{возд.}) = \frac{V(\text{O}_2)}{\varphi(\text{O}_2)} \cdot 100 (\%) = \frac{50,96 \text{ (л)}}{21 (\%)} \cdot 100 (\%) = 242,7 \text{ л.}$$

Ответ.  $V(\text{возд.}) = 242,7 \text{ л.}$

### **Вопросы и задания для самостоятельной работы**

1. Какие задания частей А, В и С теста ЕГЭ по химии посвящены расчетным задачам? Какие типы расчетных задач предложены для каждой части теста ЕГЭ? Чем отличаются рекомендации для успешного выполнения этих задач для каждой части теста ЕГЭ?

2. Выполните 10 заданий типа В9, предложенные в этой лекции.

3. Выполните 10 заданий типа В10, предложенные в этой лекции.

4. Какие разновидности задач на расчеты по химическим уравнениям вы можете предложить учащимся в период подготовки к ЕГЭ по химии?

5. Какие разновидности задач на нахождение молекулярной формулы вещества вы можете предложить учащимся в период подготовки к ЕГЭ по химии?

## Итоговая работа

Предлагаем вам выполнить итоговую работу на тему «Методическая разработка урока по химии в 11 классе в контексте подготовки к ЕГЭ». Она может быть выполнена в одной из следующих форм: сценарий открытого урока, данного слушателем в контексте подготовки выпускников к ЕГЭ по химии; сценарий интегрированного урока, проведенного слушателем совместно с коллегами, преподающими дисциплины не только естественно-научного цикла, но, возможно, и гуманитарного; сценарий или подробная программа внеклассного мероприятия (химического вечера, КВНа, школьного тура химической олимпиады), отражающего тематику курса; рабочая программа с дидактическими материалами по обобщению знаний учащихся по курсу химии средней школы в контексте подготовки к ЕГЭ; авторская разработка по методике подготовки старшеклассников к ЕГЭ по химии.

Оценка итоговой работы будет производиться по системе «зачет/незачет».

Для получения зачета необходимо выполнить следующие задания.

**1.** Разработать и провести занятие (урок, внеклассное мероприятие и т.п.) по химии в 11-м классе в рамках подготовки учащихся к ЕГЭ. В плане-конспекте необходимо указать:

- тему;
- цели;
- поставленные задачи;
- этапы занятия;
- виды заданий для учащихся и описание их решения;
- формы и методы работы с учащимися.

**2.** Выполнить анализ проведенного занятия по следующей схеме.

• Удалось ли вам достичь поставленных целей? Если нет, то почему?

• Какие проблемы возникли у учащихся в усвоении содержания учебного материала и почему?

• Что бы вы изменили в концепции занятия и почему?



Просим вас выполнить итоговую работу и отправить ее по адресу: ул. Киевская, д.24, г. Москва, 121165, Педагогический университет «Первое сентября».

К выполненной работе необходимо приложить справку (акт о внедрении), подтверждающую проведение занятия и заверенную в вашем образовательном учреждении. Бланк справки высылается каждому слушателю по почте.

## Содержание

### **Лекция № 5**

Особенности подготовки учащихся  
к выполнению заданий части В теста ЕГЭ по химии (окончание) ..... 4

### **Лекция № 6**

Особенности подготовки учащихся  
к выполнению заданий части С теста ЕГЭ по химии ..... 26

### **Лекция № 7**

Методические рекомендации по подготовке учащихся  
к выполнению заданий на окислительно-восстановительные  
реакции в неорганической и органической химии ..... 55

### **Лекция № 8**

Методические рекомендации по подготовке учащихся  
к выполнению заданий на расчетные задачи  
и нахождение молекулярной формулы вещества ..... 80

**Итоговая работа** ..... 104