

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Кафедра анатомии, физиологии человека, химии  
и безопасности жизнедеятельности

Методические рекомендации к решению  
расчётных задач по неорганической химии  
в темах «Водород» и «Кислород»

Составитель  
С. Ю. МОРЕВ



Владимир 2012

УДК 546  
ББК 24.1  
М 54

Рецензент

Кандидат химических наук, профессор кафедры химии  
Владимирского государственного университета  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

*Н.А. Орлин*

Печатается по решению редакционно-издательского совета ВлГУ

**М 54** **Методические** рекомендации к решению расчётных задач по неорганической химии в темах «Водород» и «Кислород» / Владим. гос. ун-т имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых ; сост. С. Ю. Морев. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2012. – 24 с.

Приведены разные типы расчетных задач по общей и неорганической химии в темах «Водород» и «Кислород» с примерами их решения. Даны методические рекомендации по решению расчетных задач разных уровней сложности и типов.

Предназначены для оказания помощи студентам в формировании навыков самостоятельного решения расчетных задач по химии. Могут быть использованы как для проведения текущего контроля успеваемости на I и II курсе, так и в качестве методических материалов по решению расчетных задач на педагогической практике студентами IV и V курсов дневной формы обучения, изучающих дисциплину «Методика преподавания химии в школе»

Рекомендованы для формирования профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС 3-го поколения.

Библиогр.: 6 назв.

УДК 546  
ББК 24.1

## ВВЕДЕНИЕ

Решение расчётных задач – неотъемлемая часть любого раздела химии, а тем более тех из них, на которых базируются различные технологические процессы в производствах и выполняются предварительные расчёты, лежащие в основе любого вида синтеза химических веществ.

В учебном процессе решение расчётных задач по химии развивает логическое мышление, позволяет глубже понять и усвоить теоретический материал, научиться творчески использовать его при решении тех или иных практических задач. Наконец, систематическое совершенствование учащимися навыков решения химических задач устанавливает прочные причинно-следственные связи между различными разделами в том или ином курсе химии, снимает страх и неуверенность, столь характерные для большинства начинающих изучать пока еще новый и достаточно сложный для них предмет, формирует интерес и увлеченность химией как наукой.

Тем не менее, нельзя не отметить, что именно в этой области учащиеся общеобразовательных школ и студенты педагогических вузов сталкиваются с наибольшим количеством трудностей.

Анализ наиболее характерных затруднений и ошибок, возникающих у студентов при решении расчётных задач, был проведён в части I методических материалов по решению расчётных задач по химии [4]. Там же были сформулированы основные методические приёмы и рекомендации, которые бы помогли начинающему выбрать наиболее удачный и рациональный способ решения той или иной задачи.

Цель данного издания – продолжить рассмотрение способов решения химических задач разного уровня сложности, сгруппированных по основным учебным темам неорганической химии, в частности, по темам «Водород» и «Кислород».

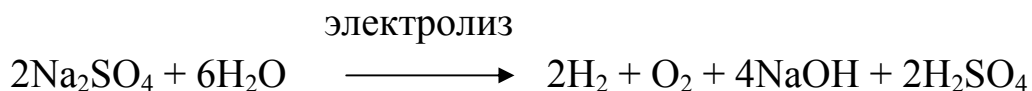
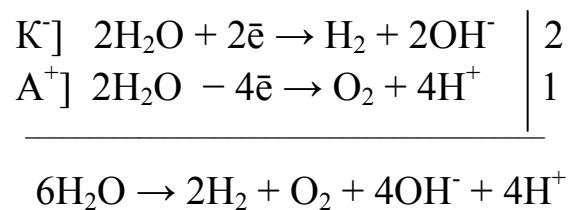
Для облегчения расчётов при решении задач в приложении приводятся молекулярные массы неорганических веществ.

## 1. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

1. При электролизе воды, в которую была добавлена некоторая масса сульфата натрия, образовались газообразные продукты общим объёмом 33,6 л (н.у.). Вычислите массу воды, подвергшейся электролизу.

### Решение:

Поскольку электролизу подвергается водный раствор сульфата натрия, то на катоде идёт восстановление молекул воды, а на аноде – их окисление. Соответственно ионы натрия и сульфат-ионы накапливаются у противоположно заряженных электродов.

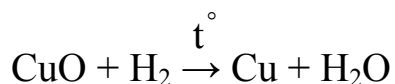
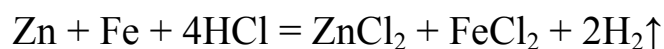


Из уравнения реакции видно, что газообразными продуктами электролиза являются водород и кислород объёмом 33,6 л и общим количеством:  $33,6/22,4 = 1,5$  моль. Далее, через количественное соотношение газовой смеси и воды, подвергшейся электролизу, находим её количество и массу:  $n(\text{H}_2\text{O}) : n(\text{смеси}) = 6:3$  или  $2:1$ , следовательно,  $n(\text{H}_2\text{O}) = 2n(\text{смеси}) = 3$  моль;  $m(\text{H}_2\text{O}) = M(\text{H}_2\text{O}) \cdot n(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль} \times 3 \text{ моль} = 54 \text{ г}$ .

**Ответ:** 54 г.

2. Водород, образовавшийся при действии избытка сплава железа с цинком на 100 мл соляной кислоты, пропустили через трубку с раскалённым оксидом меди. Масса трубки по окончании реакции уменьшилась на 2 г. Вычислите молярную концентрацию соляной кислоты в исходном растворе.

**Решение:**



Изменение массы трубки соответствует массе кислорода, входившего в состав оксида меди. Находим количество кислорода в оксиде меди:

$$\Delta m = m(\text{O}) = 2 \text{ г}; \quad n(\text{O}) = 2/16 = 0,125 \text{ моль.}$$

Из второго уравнения реакции видно, что количество водорода, пошедшее на восстановление оксида меди, равно количеству кислорода в оксиде меди:

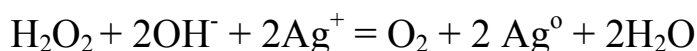
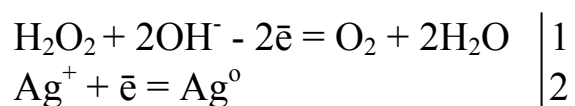
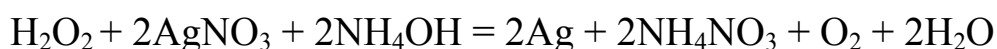
$n(\text{H}_2) = n(\text{O}) = 0,125$  моль; из первого уравнения реакции следует, что  $n(\text{HCl}) = 2n(\text{H}_2) = 0,25$  моль.

Зная количество хлороводорода в растворе и объём раствора, находим молярную концентрацию соляной кислоты:  $C_{\text{HCl}} = n(\text{HCl})/V_{\text{р-ра}} = 0,25/0,1 = 2,5$  моль/л.

**Ответ:** 2,5 моль/л.

3. При взаимодействии избытка пероксида водорода с нитратом серебра в аммиачном растворе выделилось 560 мл (н.у.) газа. Вычислите массовую долю нитрата аммония в получившемся растворе массой 200 г.

**Решение:**



1. Вычислим количество нитрата аммония в образовавшемся растворе через количество выделившегося кислорода:

$$n(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 2n\text{O}_2 = 2 \cdot V(\text{O}_2)/V_m = 2 \cdot 0,56/22,4 = 0,05 \text{ моль};$$

2. Вычислим массовую долю нитрата аммония в получившемся растворе:

$$\begin{aligned}\omega(\text{NH}_4\text{NO}_3) &= [n(\text{NH}_4\text{NO}_3) \cdot M(\text{NH}_4\text{NO}_3)] \cdot 100 \% / m_{\text{р-ра}} = \\ &= 0,05 \cdot 80 / 200 \cdot 100 \% = 2 \%\end{aligned}$$

**Ответ:** 2 %.

4. Водород пропустили через расплавленную серу. Относительная плотность по воздуху смеси газов на выходе равна 1,00. Вычислите, с каким выходом (%) прошла реакция синтеза сероводорода.



1. Проведём расчёт на 1 моль исходной смеси веществ: определим количество сероводорода в смеси его с избытком водорода на выходе. Рассчитаем молярную массу смеси газов:  $D_{\text{возд.}} = 1 = M_{\text{см}}/29$ , отсюда  $M_{\text{см}} = 29$  г/моль.

Составим алгебраическое уравнение на основе выражения:  $M_{\text{см}} = m(\text{H}_2\text{S}) + m(\text{H}_2)$ , или  $n(\text{H}_2\text{S}) \cdot M(\text{H}_2\text{S}) + n(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2)$ , с целью определения количества сероводорода, образовавшегося в данной реакции из одного моля исходных веществ, где  $n(\text{H}_2\text{S})$  примем за  $x$  моль, а  $n(\text{H}_2)$  – за  $(1 - x)$  моль.

$$29 = 34x + 2(1 - x);$$

$$32x = 27;$$

$$x = 0,844;$$

$$n(\text{H}_2\text{S}) = 0,844.$$

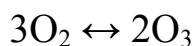
2. Определим выход  $\text{H}_2\text{S}$  как отношение количества образовавшегося  $\text{H}_2\text{S}$  к теоретически предполагаемому (в данном случае 1 моль):

$$\eta = \text{H}_2\text{S}_{\text{в см}} / \text{H}_2\text{S}_{\text{теор}} 100 \% = 0,844 / 1 \cdot 100 \% = 84,4 \%$$

**Ответ:** 84,4 %.

5. В озонаторе реакция синтеза озона из кислорода проходит с выходом 7,5 %. Чему будет равна объёмная доля озона в озонированном воздухе после пропускания воздуха через озонатор?

**Решение:**



1. Проведём расчёт на 1 моль воздуха. Исходя из объёмной доли кислорода в воздухе (20,95 %), найдём объём кислорода в 1 моле воздуха:

$$V(\text{O}_2) = \varphi(\text{O}_2) \cdot V_m = 0,2095 \cdot 22,4 = 4,69 \text{ л.}$$

2. Найдём теоретическое количество озона, которое можно получить при полном озонировании 1 моля воздуха:

$$n(\text{O}_3)_{\text{ТЕОР}} = 2/3n(\text{O}_2) = 2V(\text{O}_2)/3V_m = 2 \cdot 4,69/3 \cdot 22,4 = 0,14 \text{ моль.}$$

3. Определим практическое количество озона при указанном в условии выходе:

$$n(\text{O}_3)_{\text{ПР}} = \eta \cdot n_{\text{ТЕОР}} = 0,075 \cdot 0,14 = 0,01 \text{ моль.}$$

4. Найдём количество кислорода пошедшего на образование озона:

$$n(\text{O}_2)_{\text{ОЗ}} = 1,5n(\text{O}_3)_{\text{ПР}} = 1,5 \cdot 0,01 = 0,015 \text{ моль.}$$

5. Найдём объём озонированного воздуха и объёмную долю кислорода в нём:

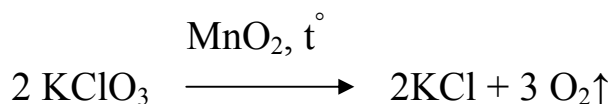
$$\begin{aligned} V_{\text{ОЗ.В}} &= V_m - V(\text{O}_2)_{\text{ОЗ}} + V(\text{O}_3)_{\text{ПР}} = \\ &= 22,4 - 22,4 \cdot 0,015 + 22,4 \cdot 0,01 = 22,288 \text{ л.} \end{aligned}$$

$$\varphi(\text{O}_3) = V_{\text{ОЗ}}/V_{\text{ОЗ.В}} \cdot 100 \% = 0,224/22,288 \cdot 100 \% = 1 \%.$$

**Ответ:** 1 %

**6.** Смесь хлората калия и оксида марганца (IV) общей массой 50,0 г, в которой массовая доля катализатора равна 0,5 %, прокалили. Чему будет равна массовая доля катализатора в смеси после того, как выделится 13,5 л газа (измеренного при 333 К и 100 кПа)?

**Решение:**



1. Определим массу катализатора:

$$m(\text{MnO}_2) = \omega \cdot m_{\text{см}} = 0,005 \cdot 50 = 0,25 \text{ г.}$$

2. Убыль массы смеси после реакции обусловлена выделившимся кислородом, определяем его количество и массу:

$$n(\text{O}_2) = PV/RT = 100 \cdot 13,5 / 8,314 \cdot 333 = 0,49 \text{ моль};$$

$$m(\text{O}_2) = M(\text{O}_2) \cdot n(\text{O}_2) = 32 \cdot 0,49 = 15,68 \text{ г.}$$

3. Найдём массу смеси после реакции:

$$m_{\text{см}} (\text{после реакции}) = m(\text{исх. смеси}) - m(\text{O}_2) = 50 - 15,68 = 34,32 \text{ г.}$$

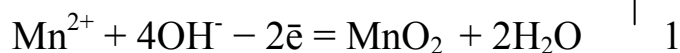
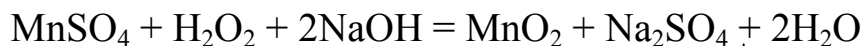
4. Поскольку катализатор в химическом взаимодействии не участвует, его масса остаётся прежней, изменится лишь массовая доля его в смеси ( $\omega'$ ) после реакции:

$$\omega'(\text{MnO}_2) = m(\text{MnO}_2) / m_{\text{см}}(\text{после реакции}) = 0,25 / 34,32 \cdot 100 \% = 0,728 \%.$$

**Ответ:** 0,728 %.

7. Сульфат марганца (II) обработали в щелочном растворе пероксидом водорода массой 17 г. Вычислите массу образовавшегося оксида марганца (IV).

**Решение:**



Используя стехиометрическое соотношение между веществами в уравнении реакции, выразим количество диоксида марганца через пероксид водорода и рассчитаем его массу:

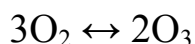
$$\begin{aligned} m(\text{MnO}_2) &= n(\text{H}_2\text{O}_2) \cdot M(\text{MnO}_2) = m(\text{H}_2\text{O}_2) \cdot M(\text{MnO}_2) / M(\text{H}_2\text{O}_2) = \\ &= 17 \cdot 87 / 34 = 43,5 \text{ г.} \end{aligned}$$

**Ответ:** 43,5 г.

8. Объём озонированного кислорода оказался на 2,5 % меньше объёма кислорода, взятого для озонирования. С каким выходом (%) прошла реакция синтеза озона?



**Решение:**



1. Проведём расчёт на 1 моль кислорода. Количество теоретически получаемого озона :

$$\text{O}_3 = 2/3n(\text{O}_2) = 0,66 \text{ моль.}$$

2. Практическое количество озона найдём алгебраически, приняв его за  $x$  и составив уравнение на основе равенства:

$$\Delta V = V(\text{O}_2)_{\text{оз}} - V(\text{O}_3) = 1,5x \cdot V_m - x \cdot V_m ;$$

$$\Delta V = V(\text{O}_2)_{\text{исх}} \cdot \varphi = 22,4 \cdot 0,025 = 0,56 \text{ л;}$$

$$1,5x \cdot V_m - x \cdot V_m = 0,56;$$

$$0,5x \cdot V_m = 0,56;$$

$$x = 0,56/11,2 = 0,05 \text{ моль.}$$

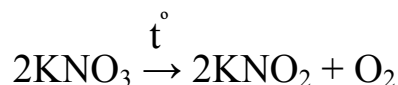
3. Рассчитаем выход реакции:

$$\eta = 0,05/0,66 \cdot 100 \% = 7,5 \%$$

**Ответ:** 7,5 %.

9. В смеси нитрата и нитрита калия общей массой 75,0 г массовые доли веществ равны. После нагревания этой смеси при 400°С в течение некоторого времени массовые доли солей стали различаться ровно в 10 раз. Вычислите объём выделившегося кислорода (при 25°С и нормальном давлении ).

**Решение:**



1. При указанных условиях термическому разложению подвергается лишь нитрат, исходные массы солей, судя по условию, равны, определим их количества:

$$m(\text{KNO}_3) = m(\text{KNO}_2) = 75,0/2 = 37,5 \text{ г;}$$

$$n(\text{KNO}_3) = m(\text{KNO}_3)/M(\text{KNO}_3) = 37,5/101 = 0,37 \text{ моль;}$$

$$n(\text{KNO}_2) = m(\text{KNO}_2)/M(\text{KNO}_2) = 37,5/85 = 0,44 \text{ моль.}$$

2. Примем количество разложившегося  $\text{KNO}_3$  за  $x$  моль и составим алгебраическое уравнение на основе равенства:  $m(\text{KNO}_2)_{\text{общ}} =$

$=10m(\text{KNO}_3)_{\text{ост}}$ , или  $n(\text{KNO}_2)_{\text{общ}} \cdot M(\text{KNO}_2) = 10n(\text{KNO}_3)_{\text{ост}} \cdot M(\text{KNO}_3)$ . Поскольку количество  $\text{KNO}_3$  после реакции уменьшилось на  $x$  моль, а  $n(\text{KNO}_2)$  увеличилось на  $x$  моль, переписываем это равенство:

$$M(\text{KNO}_2) \cdot [n(\text{KNO}_2)_{\text{исх}} + x] = 10 M(\text{KNO}_3) \cdot [n(\text{KNO}_3)_{\text{исх}} - x].$$

$$85(0,44 + x) = 1010(0,37 - x);$$

$$37,5 + 85x = 373,7 - 1010x;$$

$$1095x = 336,2;$$

$$x = 0,3 \text{ (моль)}.$$

3. Определим количество выделившегося кислорода и его объём при данных условиях:

$$n(\text{O}_2) : n(\text{KNO}_3)_{\text{разлож}} = 1 : 2 ;$$

$$n(\text{O}_2) = 0,5n(\text{KNO}_3)_{\text{разлож}} = 0,3 \cdot 0,5 = 0,15 \text{ моль};$$

$$V(\text{O}_2) = nRT/P = 0,15 \cdot 8,314 \cdot 298/101,325 = 3,68 \text{ л}.$$

**Ответ:** 3,68 л.

10. Равные объёмы кислорода и озонированного кислорода, находящиеся при одинаковых условиях, различаются по массе на  $m$  г. Чему равна масса озона в озонированном кислороде?

**Решение:**

Равные объёмы газов при одинаковых условиях соответствуют их равным количествам, таким образом разница масс газов, приведённых в условии задачи, будет обусловлена разностью масс одинаковых количеств озона и кислорода.

Примем количество озона в смеси за  $x$  моль и составим алгебраическое уравнение на основе равенства:

$$\Delta m = m(\text{O}_3) - m(\text{O}_2), \text{ или } \Delta m = x \cdot M(\text{O}_3) - x \cdot M(\text{O}_2), \text{ откуда}$$

$$m = 48x - 32x; 16x = m; x = m/16, \text{ а масса озона равна } n(\text{O}_3) \cdot M(\text{O}_3),$$

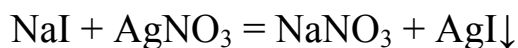
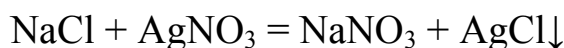
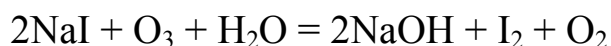
$$\text{или } m(\text{O}_3) = m/16 \cdot 48 = 3m.$$

**Ответ:**  $3m$ .

11. Через водный раствор смеси хлорида натрия и йодида натрия пропустили озонированный воздух до прекращения реакции, при этом образовалось 19,05 г йода. При добавлении к той же массе

исходного раствора избытка нитрата серебра образовалось 63,95 г осадка. Вычислите массу исходной смеси солей.

**Решение:**



1. Используя стехиометрические соотношения между NaI, AgI и I<sub>2</sub> в уравнениях реакций, вычислим количества этих веществ через массу выделившегося йода:

$$n(\text{NaI}) = n(\text{AgI}) = 2n(\text{I}_2) = 2 \cdot 19,05/254 = 0,15 \text{ моль.}$$

2. Вычислим массы йодидов обоих металлов:

$$m(\text{NaI}) = n \cdot M(\text{NaI}) = 0,15 \cdot 150 = 22,5;$$

$$m(\text{AgI}) = n \cdot M(\text{AgI}) = 0,15 \cdot 235 = 35,25 \text{ г.}$$

3. Из общей массы осадка вычислим массу хлорида серебра и через неё из второго уравнения реакции рассчитаем массу хлорида натрия, а затем найдём массу исходной смеси солей:

$$m(\text{AgCl}) = m_{\text{ос}} - m(\text{AgI}) = 63,95 - 35,25 = 28,7 \text{ г;}$$

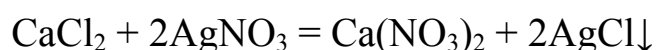
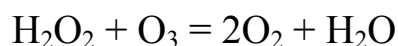
$$m(\text{NaCl}) = M(\text{NaCl}) \cdot m(\text{AgCl}) / M(\text{AgCl}) = 58,5 \cdot 28,7 / 143,5 = 11,7 \text{ г;}$$

$$m(\text{см.солей}) = m(\text{NaI}) + m(\text{NaCl}) = 22,5 + 11,7 = 34,2 \text{ г.}$$

**Ответ:** 34,2 г.

12. Через 50,0 мл раствора, содержащего смесь пероксида водорода и хлорида кальция, пропустили избыток озона, в результате чего масса раствора уменьшилась на 1,6 г. После добавления к оставшемуся раствору 0,05 моль нитрата серебра образовалось 5,74 г осадка. Вычислите молярные концентрации веществ в исходном растворе.

**Решение:**



1. Поскольку убыль массы исходного раствора обусловлена разностью масс выделившегося кислорода и поглощенного озона, определим количество H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> в растворе через количество выделившегося

кислорода, приняв последнее за  $x$  и составив алгебраическое уравнение на основе равенства:

$$m(\text{O}_2) - m(\text{O}_3) = \Delta m ;$$

$$M(\text{O}_2) \cdot x - M(\text{O}_3) \cdot 0.5x = \Delta m ;$$

$$32x - 24x = 1,6;$$

$$8x = 1,6;$$

$$x = 0,2;$$

$$n(\text{H}_2\text{O}_2) = 0,5n(\text{O}_2) = 0,1 \text{ моль};$$

$$C_M(\text{H}_2\text{O}_2) = n(\text{H}_2\text{O}_2)/V_{\text{р-ра}} = 0,1/0,05 = 2 \text{ моль/л.}$$

2. Найдём количество выпавшего осадка и определим весь ли  $\text{CaCl}_2$  был осаждён:

$$n(\text{AgCl}) = m(\text{AgCl})/M(\text{AgCl}) = 5,74/143,5 = 0,04 \text{ моль};$$

$n(\text{AgNO}_3) = n(\text{AgCl}) = 0,04$  моль, следовательно, по условию задачи  $\text{AgNO}_3$  был взят в избытке и о количестве  $\text{CaCl}_2$  в исходном растворе судим по количеству выпавшего осадка:  $n(\text{CaCl}_2) = 0,5 n(\text{AgCl}) = 0,02$  моль.

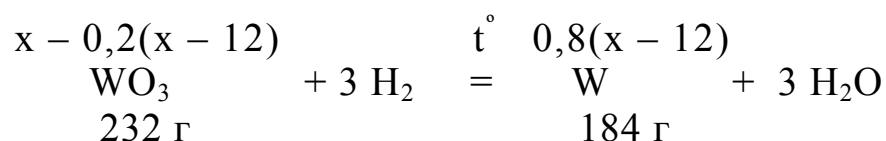
$$C_M(\text{CaCl}_2) = n(\text{CaCl}_2)/V_{\text{р-ра}} = 0,02/0,05 = 0,4 \text{ моль/л.}$$

**Ответ:**  $C_M(\text{H}_2\text{O}_2) = 2$  моль/л;

$C_M(\text{CaCl}_2) = 0,4$  моль/л.

13. При восстановлении оксида вольфрама (VI) водородом масса твёрдого остатка оказалась на 12,0 г меньше массы исходного образца, а массовая доля оксида в конечной смеси стала равна 20,0 %. Вычислите исходную массу оксида.

**Решение:**



Решим задачу на основе простой пропорции между массами восстановленного оксида и полученного по реакции металла, составив из неё алгебраическое уравнение:

$$184[x - 0,2(x - 12)] = 232[0,8(x - 12)];$$

где:  $x$  – общая масса исходного оксида вольфрама;

$(x - 12)$  – масса остатка после реакции;

$0,2(x - 12)$  – масса невосстановленного оксида (из формулы:

$$\omega(\text{WO}_{3\text{изб}}) = m(\text{WO}_{3\text{изб}})/m_{\text{ост}} \text{ или } 0,2 = m(\text{WO}_{3\text{изб}})/(x - 12));$$

$0,8(x - 12)$  – масса восстановленного вольфрама;

массу восстановленного оксида выражаем как разницу его общей массы ( $x$ ) и массы его избытка в твёрдом остатке  $0,2(x - 12)$ .

Решаем уравнение:

$$184(0,8x + 2,4) = 232(0,8x - 9,6) ;$$

$$147,2x + 441,6 = 185,6x - 2227,2 ;$$

$$38,4x = 2668,8 ;$$

$$x = 69,5.$$

**Ответ:** 69,5 г.

14. К некоторому объёму водорода в закрытом сосуде добавили 2,00 л кислорода. Смесь взорвали, в результате чего образовалось 3,21 г воды. После охлаждения объём непрореагировавшего газа оказался равным 6,00 л. Объёмы измерялись при н.у. Вычислите первоначальный объём водорода.

**Решение:**



1. Вычислим количества веществ кислорода в смеси газов и образовавшейся воды:

$$n(\text{O}_2) = V/V_m = 2/22,4 = 0,09 \text{ моль};$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O})/M(\text{H}_2\text{O}) = 3,21/18 = 0,18 \text{ моль}.$$

2.  $n(\text{O}_2) : n(\text{H}_2\text{O})$  в уравнении реакции как 1 : 2, или 0,09 : 0,18, следовательно, весь кислород прореагировал и непрореагировавший газ – это избыточный водород.

3. Находим количество и объём водорода, вступившего в реакцию:

$$n(\text{H}_2) = n(\text{H}_2\text{O}) = 0,18 \text{ моль};$$

$$V(\text{H}_2) = n(\text{H}_2) \cdot V_m = 0,18 \cdot 22,4 = 4 \text{ л.}$$

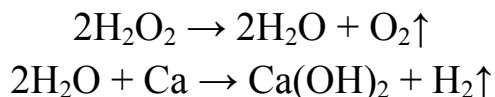
4. Общий объём водорода составит:

$$V(\text{H}_2)_{\text{общ}} = V(\text{H}_2) + V(\text{H}_2)_{\text{изб}} = 4 + 6 = 10 \text{ л.}$$

**Ответ:** 10 л.

15. Пероксид водорода, находящийся в 3,00%-м растворе массой 200 г, полностью разложили, а выделившийся газ собрали. Оставшуюся жидкость обработали небольшими порциями кальция до прекращения выделения газа. В каком случае газа собрали больше по массе и во сколько раз?

**Решение:**



1. Определим количество разложившейся перекиси водорода:

$$n(\text{H}_2\text{O}_2) = \omega \cdot m_{\text{р-ра}} / M(\text{H}_2\text{O}_2) = 0,03 \cdot 200 / 34 = 0,176 \text{ моль.}$$

2. Рассчитаем массу выделившегося кислорода:

$$m(\text{O}_2) = 0,5n(\text{H}_2\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2) = 0,088 \cdot 32 = 2,82 \text{ г.}$$

3. Определим массу воды оставшейся после реакции:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{исх р-ра}} - m(\text{O}_2) = 200 - 2,82 = 197,18 \text{ г.}$$

4. Найдём массу выделившегося водорода:

$$m(\text{H}_2) = 197,18 \cdot 2 / 36 = 10,95 \text{ г.}$$

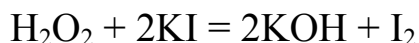
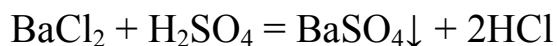
5. Определим, во сколько раз водорода выделилось больше, чем кислорода:

$$m(\text{H}_2) / m(\text{O}_2) = 10,95 / 2,82 = 3,88.$$

**Ответ:** во втором, в 3,88 раза.

16. К 100 г раствора, содержащего смесь пероксида водорода и хлорида бария, добавили 50 мл раствора серной кислоты с концентрацией 6 моль/л, при этом образовалось 9,32 г белого осадка. Затем к полученной смеси добавили 4,15 г йодида калия, при этом образовалось 1,27 г йода. Вычислите массовые доли веществ в исходном растворе.

**Решение:**



1. Вычислим количества образовавшегося осадка сульфата бария и добавленной к раствору серной кислоты:

$$n(\text{BaSO}_4) = m_{\text{ос}}/M(\text{BaSO}_4) = 9,32/233 = 0,04 \text{ моль};$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = C_M \cdot V_{\text{р-ра}} = 6 \cdot 0,05 = 0,3 \text{ моль}.$$

Кислота взята в избытке, следовательно, весь хлорид бария вступил в реакцию. Выразим его количество и рассчитаем массу:

$$n(\text{BaCl}_2) = n(\text{BaSO}_4) = 0,04 \text{ моль};$$

$$m(\text{BaCl}_2) = n \cdot M(\text{BaCl}_2) = 0,04 \cdot 208 = 8,32 \text{ г}.$$

2. Вычислим количества добавленного к раствору йодида калия и выделившегося при этом йода:

$$n(\text{KI}) = m(\text{KI})/M(\text{KI}) = 4,15/166 = 0,025 \text{ моль};$$

$$n(\text{I}_2) = 1,27/254 = 0,005 \text{ моль}.$$

Из проведённого расчёта и стехиометрического соотношения количеств веществ во втором уравнении реакции видно, что йодид калия взят в избытке и, следовательно, количество пероксида водорода в исходном растворе равно количеству выделившегося йода. Отсюда находим количество и массу пероксида водорода, а затем и массовые доли веществ в исходном растворе:

$$n(\text{H}_2\text{O}_2) = n(\text{I}_2) = 0,005 \text{ моль};$$

$$m(\text{H}_2\text{O}_2) = n \cdot M(\text{H}_2\text{O}_2) = 0,005 \cdot 34 = 0,17 \text{ г};$$

$$\omega(\text{BaCl}_2) = m(\text{BaCl}_2)/m_{\text{р-ра}} \cdot 100 \% = 8,32/100 \cdot 100 \% = 8,32 \%;$$

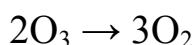
$$\omega(\text{H}_2\text{O}_2) = m(\text{H}_2\text{O}_2)/m_{\text{р-ра}} \cdot 100 \% = 0,17/100 \cdot 100 \% = 0,17 \%.$$

**Ответ:**  $\omega(\text{BaCl}_2) = 8,32 \%;$

$\omega(\text{H}_2\text{O}_2) = 0,17 \%.$

17. Смесь озона с кислородом имеет относительную плотность по водороду, равную 16,4. После разложения части озона относительная плотность по водороду уменьшилась на 1,5%. Вычислите массовую долю озона в образовавшейся смеси газов.

**Решение:**



1. Вычислим, насколько уменьшилась плотность смеси по водороду:

$$\Delta D(\text{H}_2) = D(\text{H}_2) \cdot 1,5/100 = 16,4 \cdot 1,5/100 = 0,246, \text{ отсюда: } D(\text{H}_2)' = D(\text{H}_2) - \Delta D(\text{H}_2) = 16,4 - 0,246 = 16,154.$$

2. Найдём молярную массу смеси после реакции:

$$M_{\text{см}} = 2 D(\text{H}_2)' = 2 \cdot 16,154 = 32,308 \text{ г/моль.}$$

3. Примем количество озона в конечной смеси за  $x$ , а кислорода за  $(1 - x)$  и составим алгебраическое уравнение на основе равенства между молярной массой смеси газов и суммы масс их количеств в смеси:

$$n(\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2) + n(\text{O}_3) \cdot M(\text{O}_3) = M_{\text{см}} ;$$

$$32(1 - x) + 48x = 32,308 ;$$

$$32 + 16x = 32,308 ;$$

$$16x = 0,308 ;$$

$$x = 0,0192.$$

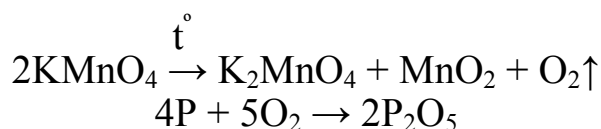
4. Вычислим массовую долю озона в образовавшейся смеси:

$$\omega(\text{O}_3) = n(\text{O}_3) \cdot M(\text{O}_3) / M_{\text{см}} \cdot 100 \% = 0,0192 \cdot 48 / 32,308 \cdot 100 \% = 2,86 \%.$$

**Ответ:** 2,86 %.

**18.** Кислород, полученный после прокаливания 4,74 г перманганата калия, полностью прореагировал с 0,31 г фосфора. Вычислите массовую долю марганца в остатке, полученном после прокаливания соли.

**Решение:**



1. Рассчитаем общее количество перманганата калия и содержание марганца в нём:

$$n(\text{Mn}) = n(\text{KMnO}_4) = m/M = 4,74/158 = 0,03 \text{ моль};$$

$$m(\text{Mn}) = n(\text{Mn}) \cdot M(\text{Mn}) = 0,03 \cdot 54,93 = 1,65 \text{ г.}$$

2. Определим количество выделившегося кислорода:

$$n(\text{O}_2) = 5/4n(\text{P}) = 5m(\text{P})/4M(\text{P}) = 5 \cdot 0,31/4 \cdot 30,97 = 0,0125 \text{ моль.}$$

3. Рассчитаем массовую долю марганца в остатке после прокаливания:

$$\omega(\text{Mn}) = m(\text{Mn})/m_{\text{ост}} \cdot 100 \% = m(\text{Mn})/(m\text{KMnO}_4 - m\text{O}_2) \cdot 100 \% =$$

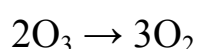


$$= m(\text{Mn}) / (m\text{KMnO}_4 - n\text{O}_2 \cdot M\text{O}_2) \cdot 100 \% = 1,65 / (4,74 - 0,0125 \cdot 32) \cdot 100 \% = \\ = 1,65 / (4,74 - 0,4) \cdot 100 \% = 1,65 / 4,34 \cdot 100 \% = 38 \%$$

**Ответ:** 38 %.

**19.** После разложения всего озона, находившегося в озонированном кислороде, объём смеси увеличился на 60,0 мл (н.у.). Какая масса озона разложилась?

**Решение:**



1. Составим алгебраическое уравнение на основе разности объёмов кислорода и озона, из которого он образовался:

$$V(\text{O}_2) - V(\text{O}_3) = 0,06 \text{ л.}$$

2. Выразим объём каждого из газов через произведение его количества на молярный объём:

$$n(\text{O}_2) \cdot V_m - n(\text{O}_3) \cdot V_m = 0,06.$$

3. По уравнению реакции выразим количество кислорода через количество озона, из которого он образовался:  $n(\text{O}_2) = 1,5n(\text{O}_3)$ ;

$$1,5n(\text{O}_3) \cdot 22,4 - n(\text{O}_3) \cdot 22,4 = 0,06;$$

$$33,6 n(\text{O}_3) - 22,4 n(\text{O}_3) = 0,06;$$

$$1,2 n(\text{O}_3) = 0,06;$$

$$n(\text{O}_3) = 5,36 \cdot 10^{-3} \text{ моль.}$$

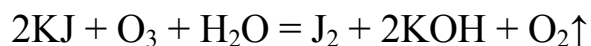
4. Вычислим массу разложившегося озона:

$$m(\text{O}_3) = n(\text{O}_3) \cdot M(\text{O}_3) = 5,36 \cdot 10^{-3} \cdot 48 = 0,257 \text{ г.}$$

**Ответ:** 0,257 г.

**20.** Через склянку с раствором йодида калия пропустили 100 л (н.у.) озонированного кислорода, масса склянки при этом увеличилась на 0,8 г. Вычислите объёмную долю озона в исходной газовой смеси.

**Решение:**



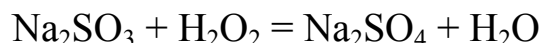
Увеличение массы содержимого склянки обусловлено присоединением  $n$ -го количества атомов кислорода из озона гидроксидом калия, причём, на 2 моль  $\text{OH}^-$  - групп приходится 1 моль атомов кислорода из озона и 1 моль атомов кислорода из воды.

Отсюда:  $n(\text{O}) = \Delta m / M(\text{O}) = 0,8 / 16 = 0,05$  моль;  $n(\text{O}_3)$  в смеси равно  $n(\text{O})$ , следовательно  $\varphi(\text{O}_3) = n(\text{O}_3) \cdot V_m / V_{\text{см}} \cdot 100 \% = 0,05 \cdot 22,4 = 1,12 \% .$

**Ответ:** 1,12 %.

**21.** Сульфит натрия массой 12,6 г поместили в 45,5 мл раствора пероксида водорода. Через некоторое время раствор осторожно упарили, а сухой остаток взвесили. Его масса оказалась равной 13,6 г. Вычислите молярную концентрацию пероксида водорода в исходном растворе.

**Решение:**



$$n(\text{Na}_2\text{SO}_3) = m(\text{Na}_2\text{SO}_3) / M(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 12,6 / 126 = 0,1 \text{ моль}$$

При полном окислении  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  его количество должно быть равно количеству  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и масса сухого остатка была бы равна:  $m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = n(\text{Na}_2\text{SO}_4) \cdot M(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,1 \cdot 142 \text{ г/моль} = 14,2 \text{ г}$ . Однако она меньше, следовательно,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  по отношению к  $\text{H}_2\text{O}_2$  был взят в избытке и масса сухого остатка состоит из  $m(\text{Na}_2\text{SO}_4) + m(\text{Na}_2\text{SO}_3)_{\text{изб}}$ .

Примем  $n(\text{Na}_2\text{SO}_4)$  за  $x$  моль, тогда  $n(\text{Na}_2\text{SO}_3)_{\text{изб}} = (0,1 - x)$  моль. Составим алгебраическое уравнение:

$$M(\text{Na}_2\text{SO}_4) \cdot x + M(\text{Na}_2\text{SO}_3) \cdot (0,1 - x) = 13,6 ;$$

$$142x + 12,6 - 126x = 13,6 ;$$

$$16x = 1 ;$$

$$x = 6,25 \cdot 10^{-2} \text{ моль.}$$

Поскольку  $\text{H}_2\text{O}_2$  был взят в недостатке, его количество соответствует количеству образовавшегося продукта,  $n(\text{H}_2\text{O}_2) = n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 6,25 \cdot 10^{-2} \text{ моль}$ .

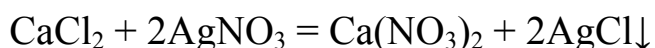
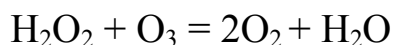
Остаётся вычислить молярную концентрацию пероксида водорода в исходном растворе:

$$C(\text{H}_2\text{O}_2) = n(\text{H}_2\text{O}_2) / V_{\text{р-ра}} = 6,25 \cdot 10^{-2} / 0,0455 = 1,37 \text{ моль/л.}$$

**Ответ:** 1,37 моль/л.

22. Через 50 мл раствора, содержащего смесь пероксида водорода и хлорида кальция, пропустили избыток озона, в результате чего масса раствора уменьшилась на 1,6 г. После добавления к оставшемуся раствору 0,05 моль нитрата серебра образовалось 5,74 г осадка. Вычислите молярные концентрации веществ в исходном растворе.

**Решение:**



1. Поскольку убыль массы исходного раствора обусловлена разностью масс выделившегося кислорода и поглощённого озона, определим количество  $\text{H}_2\text{O}_2$  в растворе через количество выделившегося  $\text{O}_2$ , приняв последнее за  $x$  моль, и составив алгебраическое уравнение на основе равенства:  $m(\text{O}_2) - m(\text{O}_3) = \Delta m$ ;

$$n(\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2) - n(\text{O}_3) \cdot M(\text{O}_3) = \Delta m ;$$

$$x \cdot M(\text{O}_2) - 0,5x \cdot M(\text{O}_3) = \Delta m ;$$

$$32x - 24x = 1,6 ;$$

$$8x = 1,6 ;$$

$$x = 0,2.$$

2. Определим концентрацию  $\text{H}_2\text{O}_2$  в исходном растворе:

$$n(\text{H}_2\text{O}_2) = 0,5 n(\text{O}_2) = 0,1 \text{ моль};$$

$$C(\text{H}_2\text{O}_2) = n(\text{H}_2\text{O}_2) / V_{\text{р-ра}} = 0,1 / 0,05 = 2 \text{ моль/л.}$$

3. Найдём количество выпавшего осадка и определим, весь ли  $\text{CaCl}_2$  был осаждён:

$$n(\text{AgCl}) = m_{\text{ос}} / M(\text{AgCl}) = 5,74 / 143,5 = 0,04 \text{ моль};$$

по уравнению реакции  $n(\text{AgCl}) = n(\text{AgNO}_3) = 0,04$  моль, следовательно, по условию задачи  $\text{AgNO}_3$  был взят в избытке и о количестве  $\text{CaCl}_2$  в исходном растворе судим по количеству выпавшего осадка:  $n(\text{CaCl}_2) = 0,5n \text{ AgCl} = 0,02$  моль, отсюда:

$$C(\text{CaCl}_2) = n(\text{CaCl}_2) / V_{\text{р-ра}} = 0,02 / 0,05 = 0,4 \text{ моль/л.}$$

**Ответ:**  $C(\text{H}_2\text{O}_2) = 2$  моль/л;

$C(\text{CaCl}_2) = 0,4$  моль/л.

23. Смесь водорода и кислорода, имеющую при 50°С и 100кПа плотность, равную 0,913 г/л, поместили в закрытый сосуд и взорвали. Вычислите плотность полученной смеси веществ при нормальном давлении и 120°С.

**Решение:**



1. Возьмём для расчётов 1 моль исходной смеси газов и рассчитаем её молярную массу:

$$d_0 = M_{\text{см}}/V_m; \quad V_m = RT/P;$$
$$M_{\text{см}} = d_0 \cdot RT/P = (0,913 \cdot 8,314 \cdot 3,23)/100 = 24,52 \text{ г/моль.}$$

2. Примем  $n(\text{H}_2)$  в исходной смеси за  $x$  моль; тогда  $n(\text{O}_2) = (1 - x)$  моль, а молярную массу смеси можно выразить как сумму масс количеств, входящих в неё газов:

$$M_{\text{см}} = n(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2) + n(\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2);$$
$$24,52 = 2x + 32(1 - x);$$
$$30x = 7,48;$$
$$x = 0,25.$$

$$\text{Отсюда: } n(\text{H}_2) = 0,25 \text{ моль;}$$
$$n(\text{O}_2) = 0,75 \text{ моль.}$$

3. Из количественного соотношения газов в исходной смеси видно, что кислород взят в избытке и после взрыва его избыток с водяными парами образует новую газовую смесь, плотность которой и надо определить. Рассчитаем количества образовавшейся воды и оставшегося кислорода:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{H}_2) = 0,25 \text{ моль;}$$
$$n(\text{O}_2)_{\text{в р-ции}} = 0,5 n(\text{H}_2) = 0,125 \text{ моль;}$$
$$n(\text{O}_2)_{\text{изб}} = 0,75 - 0,125 = 0,625 \text{ моль;}$$
$$\text{общее количество продуктов реакции: } n(\text{O}_2)_{\text{изб}} + n(\text{H}_2\text{O}) = 0,25 +$$
$$+ 0,625 = 0,875 \text{ моль.}$$

4. Поскольку масса смеси веществ после взрыва не изменилась, но изменилось её количество, рассчитаем молярную массу образовавшейся газовой смеси:

$$0,875 \text{ моль} - 24,5 \text{ г;}$$
$$1 \text{ моль} - x \text{ г;}$$
$$x = 28 \text{ г/моль.}$$

5. Из данных условия определим молярный объём новой газовой смеси и рассчитаем её плотность:

$$V_m(\text{после взрыва}) = RT/P = (8,314 \cdot 393)/101,325 = 32,25 \text{ л/моль};$$

$$d_0 = M_{\text{см}}/V_m = 28/32,25 = 0,869 \text{ г/л.}$$

**Ответ:** 0,869 г/л

## 2. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Вычислите массу воды, которая образуется при взрыве смеси водорода с кислородом объёмом 336 мл (н.у.), если оба газа прореагировали полностью.

2. Водород, образовавшийся при действии железа на 150 мл смеси соляной и серной кислот, пропустили через трубку с натрием при температуре 300°C. Масса трубки по окончании реакции увеличилась на 0,5 г. Вычислите молярную концентрацию ионов водорода в исходном растворе.

3. Какую массу гидрида кальция следует обработать водой, чтобы полученным водородом можно было полностью восстановить до железа оксид железа (II,III) массой 6,96 г?

4. Какую массу гидрида калия следует обработать водой, чтобы с помощью выделившегося водорода получить из оксида железа (III) оксид железа (II,III) массой 6,96 г?

5. Какой объём кислорода (н.у.) можно получить разложением в присутствии оксида марганца (IV) пероксида водорода, находящегося в 150 г 5 %-го раствора?

6. Пероксид водорода, находившийся в 80,0 г водного раствора, полностью разложили. Масса оставшейся жидкости оказалась равной 78,1 г. Вычислите массовую долю пероксида водорода в исходном растворе.

7. При окислении оксида азота (IV) озоном образовалось 8,96 л (н.у.) кислорода. Вычислите массу второго продукта реакции.

8. Избытком хлорноватистой кислоты обработали 7,5 г 25 %-го раствора пероксида водорода. Вычислите массы образовавшихся веществ.

9. При взаимодействии йодида магния с пероксидом водорода в сернокислом растворе выделилось 12,7 г йода. Вычислите массу двух остальных продуктов реакции.

10. При обработке оксида серебра (I) пероксидом водорода образовалось 5,4 г серебра. Вычислите объём (н.у.) выделившегося при этом газа.

11. Вычислите массу пероксида водорода, вступившего в реакцию с сульфидом никеля (II) в сернокислом растворе, если при этом выделилось 9,60 г серы.

12. При взаимодействии избытка пероксида водорода с перманганатом калия в сернокислом растворе выделилось 5,6 л (н.у.) газа. Вычислите молярные концентрации ионов металлов в получившемся растворе объёмом 200 мл.

13. В двух колбах находится по 60 г соляной кислоты с массовой долей хлороводорода 3,65 %. В одну из колб добавили 2 г  $\text{BaH}_2$ , а в другую – такую же массу  $\text{CaH}_2$ . Как будут изменять свой цвет красная и синяя лакмусовые бумажки, помещённые в каждую из двух колб по завершении реакции?

14. В озонаторе реакция синтеза озона из кислорода проходит с выходом 7,5 %. Чему будет равен объём озонированного кислорода, если для реакции взято 50,0 л кислорода?

15. Какая масса 20,0 %-го раствора пероксида водорода потребуется для окисления в кислой среде 5 мл раствора сульфата железа (II) с концентрацией 0,3 моль/л?

16. При взаимодействии хлорида золота (III) с пероксидом водорода в щелочной среде образовалось 5,91 г золота. Вычислите объём (н.у.) выделившегося при этом газа.

17. При нагревании оксида ртути (II), перманганата калия, бертолевой соли и нитрата натрия образуется кислород. Сколько граммов каждого вещества нужно взять, чтобы получить 1 л кислорода?

18. Взрослый человек в спокойном состоянии вдыхает  $500 \text{ см}^3$  воздуха. Определите объём и массу кислорода и углекислого газа, содержащихся в том объёме воздуха, который человек вдыхает за один час, если совершает 16 вдохов в минуту.

19. Какой объём водорода, измеренный при нормальных условиях, выделится при действии на алюминий массой 32,4 г раствора объёмом 200 мл с массовой долей гидроксида калия 30 % и плотностью 1,29 г/мл?

20. При растворении в кислоте 2,33 г смеси железа и цинка было получено 896 мл водорода (н.у.). Сколько граммов железа и цинка содержалось в смеси?

#### Ответы к задачам

1. 0,18 г. 2. 3,33 моль/л. 3. 2,52 г. 4. 0,6 г. 5. 2,47 л. 6. 5,05%. 7. 43,2 г. 8. 2,0; 1,76; 0,99 г. 9.  $\text{MgSO}_4$  6 г;  $\text{H}_2\text{O}$  1,8 г. 10. 0,56 л. 11. 10,2 г. 12. 0,5 моль/л. 13. а). синий на красный; б). красный на синий. 14. 48,88 л. 15. 0,128 г. 16. 1,01 л. 17.  $\text{HgO}$  19,33 г;  $\text{KMnO}_4$  14,1 г;  $\text{KClO}_3$  3,7 г;  $\text{NaNO}_3$  7,6 г. 18.  $\text{O}_2$  100,8 л (141,1 г);  $\text{CO}_2$  0,144 л (0,285 г). 19. 40,32 л. 20. Fe 1,68 г; Zn 0,65 г.

**Относительные молекулярные массы солей, кислот, оснований и оксидов**

Катионы / Анионы	H <sup>+</sup>	NH <sup>4+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cr <sup>3+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Pb <sup>2+</sup>
Br <sup>-</sup>	81	98	119	103	297	200	184	267	225	292	296	216	224	188	367
CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	60	77	98	82	255	158	142	204	183	229	233	174	182	167	323
Cl <sup>-</sup>	36,5	53,5	74,5	58,5	208	111	95	135,5	136	158,5	162,5	127	135	143,5	271
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	62	96	138	106	197	100	84	234	125	284	292	116	124	276	267
I <sup>-</sup>	128	145	166	150	391	294	278	408	319	433	437	310	318	235	461
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	63	80	101	85	361	164	148	213	182	238	242	180	188	170	331
O <sup>2-</sup>	18	—	94	62	153	56	40	102	81	152	160	72	80	232	223
OH <sup>-</sup>	18	35	56	40	171	74	58	78	99	103	107	90	98	125	241
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	98	149	212	164	601	310	262	122	384	147	151	358	382	419	811
S <sup>2-</sup>	34	68	110	78	169	72	56	150	97	200	208	88	96	248	239
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	82	116	158	126	217	120	104	294	145	344	352	136	144	196	297
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	98	132	174	142	233	136	120	342	161	392	400	152	160	312	303

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Лидин, Р.А.* Задачи по неорганической химии : учеб. пособие для хим.-технол. вузов / Р. А. Лидин, В. А. Молочко, Л. Л. Андреева. – М.: Высш. шк., 1990. – 319 с. – ISBN 5-06-000664-6.
2. *Хомченко, Г. П.* Задачи по химии для поступающих в вузы : учеб. пособие / Г. П. Хомченко, И. Г. Хомченко. – М. : Высш. шк., 1994. – 302 с. – ISBN 5-06-002963-8.
3. *Пузаков, С. А.* Пособие по химии для поступающих в вузы. Программы. Вопросы, упражнения, задачи. Образцы билетов : учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. / С. А. Пузаков, В. А. Попков. – М. : Высш. шк., 2001. – 575 с. – ISBN 5-06-003614-6.
4. Методические материалы по решению задач в курсе общей и неорганической химии : метод. разраб. / сост. С. Ю. Морев. – Владимир : ВГПУ, 2005. – 37 с.
5. *Пропалов, Н. И.* Сборник дифференцированных задач и упражнений по химии с решениями : учеб. пособие для общеобразоват. шк. – 4-е изд., перераб. и доп. / Н. И. Пропалов [и др.]. – Владимир, 2001. – 166 с. – ISBN 5-85624-112-6.
6. *Лидин, Р. А.* Химия для абитуриентов. От средней школы к вузу : учеб. пособие / Р. А. Лидин, В. А. Молочко. – М. : Химия, 1994. – 256 с. – ISBN 5-7245-0863-X.



## Оглавление

Введение.....	3
1. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ.....	4
2. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ.....	21
Ответы к задачам .....	22
Приложение.....	23
Библиографический список.....	24

### МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К РЕШЕНИЮ РАСЧЁТНЫХ ЗАДАЧ ПО НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ В ТЕМАХ «ВОДОРОД» И «КИСЛОРОД»

Составитель  
МОРЕВ Сергей Юрьевич

Ответственный за выпуск – зав. кафедрой доцент Е. П. Грачёва

Подписано в печать 12.03.12.  
Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 1,39. Тираж 50 экз.  
Заказ  
Издательство  
Владимирского государственного университета  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.  
600000, Владимир, ул. Горького, 87.