



**ПЛЕХАНОВСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ПО ХИМИИ 2017/18 гг.  
Заочный (отборочный) тур**

**Задача 1. (2 балла)**

Электролизу подвергли 3,5 моля воды. Вычислите сколько получено:

- а) молей кислорода;
- б) граммов кислорода;
- в) молекул кислорода;
- г) какой объем в литрах занял бы полученный кислород при температуре 290К и давлении (2атм + 180 мм рт. ст.)?

**Варианты ответов: 1. а) 1,0 моль O<sub>2</sub>; б) 32 г; в) 6,02·10<sup>24</sup> молекул; г)10,6л.**

**2. а) 2,5 моль O<sub>2</sub>; б) 80 г; в) 1,5·10<sup>24</sup> молекул; г) 26,6л.**

**3. а)1,75 моль O<sub>2</sub>; б) 56 г; в) 1,05·10<sup>24</sup> молекул; г)18,6л.**

**4. а) 0,5 моль O<sub>2</sub>; б) 16 г; в) 3,01·10<sup>24</sup> молекул; г) 5,3л.**

**Решение:**



Если по уравнению реакции, из 1 моля образуется 0,5моля O<sub>2</sub>, то из 3,5 молей воды образуется 0,5 · 3,5 = 1,75 моля кислорода, что составляет

1,75 · 32 = 56 г кислорода, или

6,02 · 10<sup>23</sup> · 1,75 = 1,05·10<sup>24</sup> молекул.

При 290К и давлении 2,236 атм полученный газ займет объем

$V = 1,75 \cdot 0,082 \cdot 290 / 2,236 = 18,6$  л.

**Ответ: а)1,75 моль O<sub>2</sub>; б) 56 г; в) 1,05·10<sup>24</sup> молекул; г)18,6л.**

**Задача 2. (3 балла)**

Какое количество (в тоннах) 87%-ного карбида кальция необходимо для получения 1 т ледяной уксусной кислоты при условии, что все реакции происходят со 100%-ным выходом?

- Варианты ответов:** 1) 1,84 т  
2) 0,61 т  
3) 2,45 т  
4) 1,23 т

**Решение:**

Основные этапы производства включают следующие реакции:



Из приведенных уравнений реакции следует, что из 1 моля  $\text{CaC}_2$  можно получить 1 моль  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .

Зная молярную массу кислоты ( $M = 60$  г/моль), определяем ее количество:

$$1000 : 60 = 16,67 \text{ кмоль, что равно количеству карбида кальция (} M=64\text{)}.$$

Для производства 1000 кг уксусной кислоты потребуется  $16,67 \cdot 64 = 1067$  кг карбида.

Поскольку содержание  $\text{CaC}_2$  в техническом препарате составляет 87%, требуемое количество последнего определится  $1067 : 0,87 = 1226$  кг или 1,23 т.

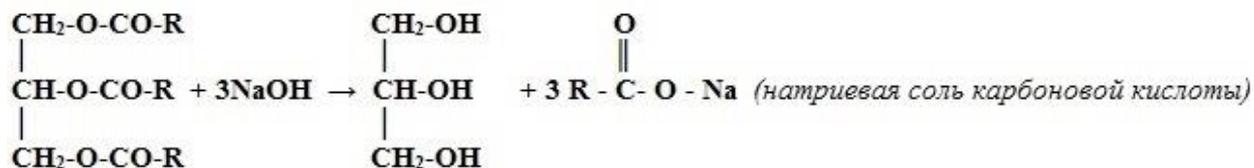
**Ответ: 1,23 т**

**Задача 3. (5 баллов)**

При производстве мыла из жира (с выходом 85%) получено 7898,2 кг глицерина. Какое количество жира (в кг) было использовано для производства, если одна из спиртовых групп глицерина была этерифицирована пальмитиновой кислотой, а остальные – масляной кислотой?

- Варианты ответов:** 1) 173316 кг  
2) 86658 кг  
3) 90900 кг

**Решение:**



Если 7898,2 кг глицерина составляет 85% его количества, образовавшегося при гидролизе, то полное количество глицерина равно

$$7898,2 \cdot 100 : 85 = 9292 \text{ кг}$$

Так как, молярная масса глицерина составляет 92 г/моль, то по реакции должно образоваться  $9292 : 92 = 101$  кмоль глицерина.

Молярная масса смешанного эфира с радикалами  $R_1 = C_{15}H_{31}$ ,  $R_2 = C_3H_7$  составляет 858 г/моль. Из 858 кг указанного жира получается 1 кмоль глицерина, т.е. было подвергнуто гидролизу

$$858 \cdot 101 = 86658 \text{ кг жира.}$$

**Ответ: 86658 кг**

#### **Задача 4. ( 6 баллов)**

Существует возможность получения ацетона из карбида кальция. Соответствующий процесс включает пять основных химических реакций. Приведите химические уравнения каждой реакции и рассчитайте количество ацетона, полученного из 1 кг карбида кальция, если выход первой реакции равен 99%, второй – 90%, третьей – 95%, четвертой – 100%, а пятой – 70% теоретически возможного.

**Варианты ответов:** 1) 267 г  
2) 535 г  
3) 356 г  
4) 134 г

**Решение:**

- 1)  $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_2$
- 2)  $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CH}_3\text{CHO}$
- 3)  $\text{CH}_3\text{CHO} + [\text{O}] = \text{CH}_3\text{COOH}$
- 4)  $2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Ca}(\text{OH})_2 = (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O}$
- 5)  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca} = \text{CH}_3\text{COCH}_3 + \text{CaCO}_3$

Согласно приведенным уравнениям, на получение 1 моля ацетона ( $M=58$ ) необходимо затратить 2 моля карбида кальция ( $M=64$ ). Следовательно, из 1 кг карбида теоретически можно получить

$$58 \cdot 1000 : 128 = 453 \text{ г ацетона}$$

Суммарный выход пяти стадийного процесса синтеза составляет

$$0,99 \cdot 0,9 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,59 \text{ или } 59\%, \text{ поэтому будет}$$

получено  $453 \cdot 0,59 = 267 \text{ г ацетона.}$

**Ответ: 267 г**

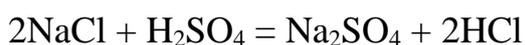
### **Задача 5 . (8 баллов)**

К 3,750 г смеси хлорида и сульфата натрия добавили концентрированную серную кислоту, получив при этом 4,234 г сульфата натрия. Определите состав смеси в процентах по массе.

- Варианты ответов:**
1. а) 82,2%; б) 17,8%
  2. а) 54,2%; б) 45,8%
  3. а) 60,1%; б) 39,9%
  4. а) 27,3%; б) 72,7%

### **Решение:**

По условиям задачи хлорид натрия превращается (при повышенной температуре) в сульфат натрия



В смеси содержалось  $x$  г  $\text{NaCl}$  и  $(3,750 - x)$  г  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

Из 2 молей  $\text{NaCl}$  ( $M=58,454$ ) образуется 1 моль  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ( $M=142,06$ ), поэтому  $x$  г  $\text{NaCl}$  дают массу  $\text{Na}_2\text{SO}_4$

$$m = 142,06 \cdot x / 2 \cdot 58,454 \text{ г } \text{Na}_2\text{SO}_4$$

Масса смеси после превращения хлорида в сульфат составляет

$$m_1 = 142,06 \cdot x / 166,908 + (3,750 - x) = 4,234$$

$$x = 2,254 \text{ г}$$

Следовательно, смесь имела следующий процентный состав:

$$(2,254 : 3,750) \cdot 100 = 60,1\% \text{ NaCl и соответственно } 100 - 60,1 = 39,9\% \text{ Na}_2\text{SO}_4$$

**Ответ: 60,1%; 39,9%**

### **Задача 6. (9 баллов)**

На сульфид натрия в количестве 7,5 г действовали концентрированной серной кислотой. В результате химической реакции образовалось некоторое количество серы, сероводорода и оксида серы(IV), (в отсутствие воды реакция между  $\text{SO}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$  не происходит). Образовавшуюся серу отделили, промыли водой и, высушив, подвергли сжигению, получив при этом 1,96 л оксида серы(IV) (условия нормальные).

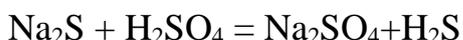
Вычислите:

- а) количество образовавшегося сероводорода (мл);
- б) количество полученного оксида серы(IV) (моль).

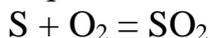
**Варианты ответов:** 1. а) 117,5 мл; б) 0,0435 моль.  
2. а) 195,3 мл; б) 0,0875 моль.  
3. а) 97,7 мл; б) 0,0875 моль.  
4. а) 234,5 мл; б) 0,0435 моль.

### **Решение:**

Реакция сульфида натрия с концентрированной серной кислотой является окислительно-восстановительной



Количество выделившегося и прореагировавшего сероводорода можно определить, зная количество серы, подвергнутой сжигению



22,4 л (1 моль)  $\text{SO}_2$  получается из 32 г (1 моль) серы.

1,96 л  $\text{SO}_2$  образуются из  $1,96 \cdot 32 : 22,4 = 2,8$  г серы.

По условию задачи взято 7,5 г  $\text{Na}_2\text{S}$  ( $M = 78$  г/моль), в которых содержится  $\gamma$  г серы. Следовательно,  $\gamma = 7,5 \cdot 32 : 78 = 3,079$  г серы.

Остальное количество серы, равное  $3,079 - 2,8 = 0,279$  г, входит в состав сероводорода, не вступившего в ОВР.

32 г серы содержится в 22,4 л  $\text{H}_2\text{S}$ , а 0,279 г – в  $x$   $\text{H}_2\text{S}$ .

$$x = 22,4 \cdot 0,279 : 32 = 0,1953 \text{ л} = 195,3 \text{ мл } \text{H}_2\text{S}.$$

Согласно уравнению реакции, на каждый моль образовавшейся серы выделяется 1 моль  $\text{SO}_2$ , т.е. на полученные  $2,8 : 32 = 0,0875$  моля серы выделится  $0,0875$  моль  $\text{SO}_2$ .

**Ответ: 195,3 мл; 0,0875 моль.**

**Задача 7. (12 баллов)**

Иод, полученный при электролизе (в течение 1 ч) водного раствора иодида калия оттитровали 20 мл 0,05 М раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .

Напишите уравнения химических реакций, происходящих на аноде и катоде.

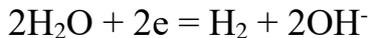
а) Какова была сила тока при электролизе?

б) Какой объем водорода образовался в процессе электролиза, если температура была равна  $20^\circ\text{C}$ , а давление – 750 мм рт. ст.?

**Варианты ответов:**

- а) 0,0268 А; б) 25,6 мл.
- а) 0,0134 А; б) 12,8 мл.
- а) 0,0268 А; б) 12,8 мл.
- а) 0,0402 А; б) 19,2 мл.

**Решение:** Реакция, происходящая на катоде

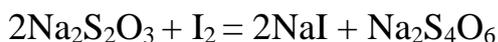


На аноде происходит реакция  $2\text{I}^- - 2e = \text{I}_2$

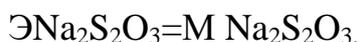
Суммарное молекулярное уравнение



Образующийся иод оттитрован раствором  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$



По уравнению реакции 1 моль-экв  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  соответствует  $\frac{1}{2}$  моля  $\text{I}_2$ , т.е.



В 20 мл 0,05 М раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  соответствует  $0,02 \cdot 0,05 = 0,01$  моль-экв

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , следовательно, в полученном растворе содержалось 0,01 моль-экв,

или 0,005 моля  $\text{I}_2$ , т.е.  $0,005 \cdot 254 = 0,127$  г иода.

Сила тока  $I = 0,127 \cdot 96500 / 127 \cdot 3600 = 0,0268$  А.

На катоде выделилось 0,01 моль-экв водорода, который при условиях опыта займет объем

$$V = 11200 \cdot 0,01 \cdot 760 \cdot 293 / 273 \cdot 750 = 12,8 \text{ мл}$$

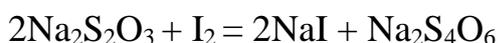
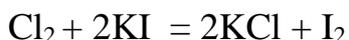
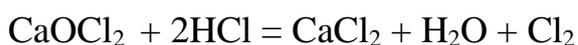
Ответ: 0,0268 А; 12,8 мл.

**Задача 8. (15 баллов)**

В воде растворили 0,72 г белильной извести  $\text{CaOCl}_2$ . К полученному раствору добавили соляную кислоту и иодид калия. Образовавшийся раствор оттитровали 0,1 н раствором тиосульфата натрия. На титрование было израсходовано 36,8 мл указанного раствора. Какое количество хлора можно получить из 100 г проанализированной белильной извести?

**Варианты ответов:** 1) 27,42 г  
2) 36,29 г  
3) 18,28 г  
4) 36,67 г

**Решение:**



$$M_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = 158, A_{\text{I}} = 127, A_{\text{Cl}} = 35,5$$

1000 мл 0,1 н раствора содержит 15,8 г  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

36,8 мл 0,1 н раствора - а г  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

$$a = 15,8 \cdot 36,8 / 1000 \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$$

Расчет количества хлора, полученного из 0,72 г белильной извести:

158 г  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  соответствует 127 г I и 35,5 г Cl

$15,8 \cdot 36,8 / 1000 \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  - x г Cl

$$x = 15,8 \cdot 36,8 \cdot 35,5 / 1000 \cdot 158 = 0,13164 \text{ г хлора};$$

0,72 г белильной извести содержит 0,13164 г хлора,

100 г белильной извести - y г хлора

$$y = 0,13164 \cdot 100 / 0,72 = 18,28 \text{ г хлора}$$

Таким образом, в 100 г белильной извести содержится 18,28 г хлора.

**Ответ: 18,28 г**

### Задача 9. (18 баллов)

Трубку, снабженную с двух сторон кранами, заполняют хлором. Затем через один из кранов в трубку вводят 15 мл аммиачной воды и выдерживают ее длительное время. Далее трубку одним концом погружают в раствор тиосульфата натрия и открывают кран, при этом раствор частично заполняет трубку и через некоторое время мутнеет. После этого в трубке остается бесцветный негорючий газ, не растворимый в воде и не поддерживающий горения. После выравнивания давления внутри трубки с наружным, объем оставшегося газа составил 30,4 мл.

- а) Зная, что сера, которая входит в состав тиосульфата, подвергается окислению, напишите уравнения реакций, происходящих в трубке.
- б) Вычислите нормальную концентрацию использованной аммиачной воды, если во время опыта атмосферное давление было равно 730 мм рт. ст., температура 15<sup>0</sup>С, а давление паров воды при этой температуре составляет 13 мм рт. ст.

**Варианты ответов:** 1) 0,08 н  
2) 0,06 н  
3) 0,12 н  
4) 0,10 н

**Решение:** В описанном опыте происходят след. реакции:



Помутнение раствора связано с выделением серы.

Из уравнения (1) следует, что если из 8 молей аммиака выделяется 1 моль (22400 мл) азота, то из  $x$  молей аммиака выделяется  $V_0$  мл азота, так как

$$V_0 = 30,4 \cdot (730 - 13) \cdot 273 / 760 \cdot 288 = 27,2 \text{ мл } \text{N}_2$$

$$\text{то } x = 27,2 / 22400 = 1,21 \cdot 10^{-3} \text{ моля}$$

В 15 мл раствора содержится  $1,21 \cdot 10^{-3}$  моля  $\text{NH}_3$ , то

В 1000 мл раствора -  $y$  молей  $\text{NH}_3$ ,

$$y = 0,08 \text{ моля/л } \text{NH}_3$$

Нормальная концентрация раствора составляет 0,08 н

**Ответ: 0,08 н**

### Задача 10 ( 22 балла )

Исследуемое органическое вещество обладает приятным запахом и частично растворяется в воде, не меняя кислотности среды. Плотность паров данного вещества по водороду равна 44. Один образец этого вещества массой 0,88 г сожгли, получив 1,76 г  $\text{CO}_2$  и 0,72 г  $\text{H}_2\text{O}$ . Другой образец его той же массы прокипятили в колбе, снабженной обратным холодильником, с 25 мл 1 н. раствора гидроксида натрия. Для нейтрализации раствора после реакции потребовалось 30 мл 0,5 н. раствора соляной кислоты. Нейтрализованный раствор выпарили досуха, и сухой остаток прокалили. При этом выделилось легколетучая жидкость, при сгорании 0,58 г которой получили 1,32 г  $\text{CO}_2$  и 0,54 г  $\text{H}_2\text{O}$ .

Напишите химические уравнения происходящих реакций и назовите исследуемое вещество.

- Варианты ответов:**
- 1) н-пропилформиат  $\text{HCOOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
  - 2) этилацетат  $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$
  - 3) метилпропионат  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOCH}_3$
  - 4) масляная кислота  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$

**Решение:** Установим простейшую формулу вещества.

44 г  $\text{CO}_2$  - 12 г С,                      18 г  $\text{H}_2\text{O}$  - 2 г Н,

1,76 г  $\text{CO}_2$  -  $x$  г С                      0,72 г -  $y$  г Н,

$x = 0,48$  г С;                               $y = 0,08$  г Н.

Содержание кислорода  $0,88 - (0,48 + 0,08) = 0,32$  г О.

Вещество имеет общую формулу  $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$

$x : y : z = 0,48 : 0,08 : 0,32 = 2 : 4 : 1$

12      1      16

Простейшая формула вещества  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$  ( $M_0 = 44$ ).

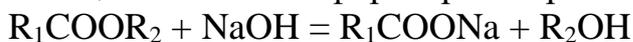
Плотность паров вещества по отношению к водороду равна 44, следовательно, его истинная молекулярная масса  $M = 2 \cdot 44 = 88$ . Поэтому формула исследуемого вещества  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ .

Существует ряд изомерных соединений с такой молекулярной формулой. По условию задачи это соединение не может быть карбоновой кислотой, так как его раствор обладает нейтральной реакцией. Оно не может принадлежать к соединениям со спиртовыми, альдегидными, кетонными группами, так как реагирует при нагревании с раствором щелочи.

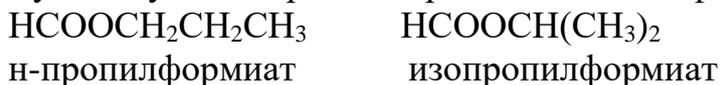
Наиболее вероятно, что исследуемое соединение относится к сложным эфирам, поскольку обладает приятным запахом, а с  $0,01$  моля вещества прореагировало ( $25 \cdot 10^{-3}$  моля  $\text{NaOH}$  -  $15 \cdot 10^{-3}$  моля  $\text{NaOH}$ ,

нейтрализованного HCl) 0,01 моля NaOH, вызвав гидролиз сложного эфира с образованием соли органической кислоты. На основании того, что 0,01 моля вещества прореагировало с 0,01 моль-экв щелочи, можно сделать вывод, что в состав вещества входит 0,01 моль-экв кислотного по характеру компонента.

Реакция сложного эфира с раствором щелочи происходит по уравнению



Существует четыре изомерных сложных эфира состава C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>.



При прокаливании формиата натрия образуется нелетучий оксалат натрия, что не удовлетворяет условию задачи.

При прокаливании солей уксусной и пропионовой кислот наряду с карбонатом натрия часто образуются кетоны



При сожжении 0,58 г продукта разложения соли кислоты, образовавшейся при гидролизе, получено 1,32 г CO<sub>2</sub>, что соответствует 0,36 г С, и 0,54 г H<sub>2</sub>O, что соответствует 0,06 г Н.

На долю кислорода приходится  $0,58 - (0,36 + 0,06) = 0,16$  г, отсюда следует, что простейшая формула этого продукта реакции C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O, и поскольку он является кетоном, который мог образоваться из ацетата, то прокаливанию подвергался ацетат, а не пропионат.

Таким образом, исследуемое вещество было производным уксусной кислоты, т.е. представляло собой этилацетат CH<sub>3</sub>COOC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>.

**Ответ: этилацетат CH<sub>3</sub>COOC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>**