

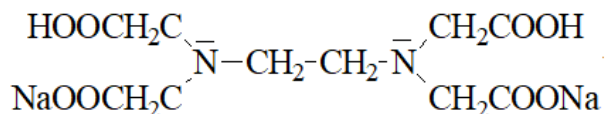
**Межрегиональная олимпиада школьников**  
**«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ» 2023/24 уч.г.**  
**ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР. *Время выполнения – 90 минут.***

**1 вариант**

**8 класс**

**Задача 8-1**

Трилон Б – это органический реагент, который широко используется в аналитической химии для определения ионов различных металлов. Он имеет следующую графическую формулу:



Расположите элементы, входящие в состав этого соединения, в порядке убывания их массовой доли. Ответ поясните.

Какую массу трилона Б и воды необходимо взять для приготовления 200 мл 0.5% водного раствора? В расчетах примите, что плотность раствора не отличается от плотности воды (1 г/мл).

**Решение**

O      C      Na      N      H

$$\omega(\text{C}) = 10 \cdot 12 / M(\text{трилон Б}) = 120 / M(\text{трилон Б})$$

$$\omega(\text{O}) = 8 \cdot 16 / M(\text{трилон Б}) = 128 / M(\text{трилон Б})$$

$$\omega(\text{Na}) = 2 \cdot 23 / M(\text{трилон Б}) = 46 / M(\text{трилон Б})$$

$$\omega(\text{N}) = 2 \cdot 14 / M(\text{трилон Б}) = 28 / M(\text{трилон Б})$$

$$\omega(\text{H}) = 14 \cdot 1 / M(\text{трилон Б}) = 14 / M(\text{трилон Б})$$

$$\omega(\text{трилона Б}) = m(\text{трилона Б}) / m(\text{раствора})$$

$$m(\text{трилона Б}) = \omega(\text{трилона Б}) \cdot m(\text{раствора}) = \omega(\text{трилона Б}) \cdot V(\text{раствора}) \cdot \rho(\text{раствора}) =$$

$$= 0.005 \cdot 200 \text{ мл} \cdot 1 \text{ г/мл} = 1 \text{ г.}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 200 \text{ г} - 1 \text{ г} = 199 \text{ г.}$$

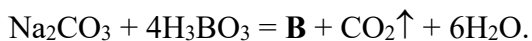
**Разбалловка**

- |   |       |
|---|-------|
| 1. За правильное расположение элементов     | 10 б. |
| 2. За объяснение                            | 5 б.  |
| 3. За расчет массы трилона Б и воды по 5 б. | 10 б. |
| Всего:                                      | 25 б. |

### Задача 8-2

Белое кристаллическое вещество **A** встречается в природе в виде минерала, оно может использоваться в составе смесей для борьбы с вредителями, в средствах для стирки и даже для отбеливания зубов. В результате дегидратации вещества **A** образуется вещество **B**, при нагревании 1 моль **A** убыль массы составляет 180 г.

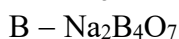
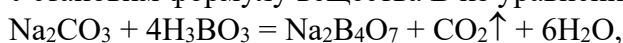
В промышленных условиях для получения этих веществ можно использовать реакцию, протекающую при добавлении борной кислоты  $\text{H}_3\text{BO}_3$  к насыщенному раствору кальцинированной соды  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и нагревании полученной смеси до температуры 90-100°C:



Установите формулы веществ **A** и **B**. Какие массы этих веществ можно получить при добавлении 248 г борной кислоты к 503 мл 17.7% раствора соды с плотностью 1.191 г/мл? Определите массовую долю **B** в полученном растворе.

### Решение

Установим формулу вещества **B** из уравнения реакции.



Учитывая, что **B** образуется при дегидратации **A** и при нагревании 1 моль **A** теряется 180 г, то есть 10 моль  $\text{H}_2\text{O}$ , можно установить формулу **A**.



Найдем массы и количества реагирующих веществ.

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = V(\text{p-ра}) \cdot \rho(\text{p-ра}) \cdot \omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ г}, n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ г} / (106 \text{ г/моль}) = 1 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}_3\text{BO}_3) = 248 \text{ г}, n(\text{H}_3\text{BO}_3) = 248 \text{ г} / (62 \text{ г/моль}) = 4 \text{ моль}$$

$$m(\text{смеси до реакции}) = 599 \text{ г} + 248 \text{ г} = 847 \text{ г}$$

Найдем массы и количества веществ после реакции.

$$m(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7) = 1 \text{ моль} \cdot 202 \text{ г/моль} = 202 \text{ г}$$

$$m(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ моль} \cdot 382 \text{ г/моль} = 382 \text{ г}$$

$$m(\text{CO}_2) = 1 \text{ моль} \cdot 44 \text{ г/моль} = 44 \text{ г}$$

$$m(\text{раствора после реакции}) = 847 \text{ г} - 44 \text{ г} = 803 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7) = 202 \text{ г} / 803 \text{ г} = 0.2516 \text{ или } 25.16\%$$

### Разбалловка

За установления формул веществ **A** и **B** по 5 б.

10 б.

За расчет массы **A** и **B** по 5 б.

10 б.

За расчет массовой доли **B** в растворе

5 б.

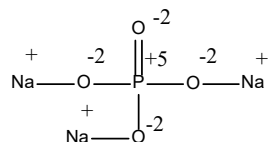
Всего:

25 б.

### Задача 8-3

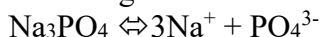
Молекула некоторой соли включает 4 атома элемента 2 периода (степень окисления их равна -2), 1 атом элемента, имеющего в ядре 15 протонов и 3 атома элемента, имеющего в ядре 12 нейтронов. В водном растворе соль диссоциирует на 4 иона. Напишите структурную формулу этой молекулы с ковалентными связями, показывающую порядок соединения атомов и кратность связей (одинарные, двойные, т.д.). Подпишите у каждого атома степень окисления. Напишите уравнение электролитической диссоциации в растворе.

### Решение



Искомое вещество – фосфат натрия  $\text{Na}_3\text{PO}_4$

Атом Mg тоже имеет 12 нейтронов, но соединение  $\text{Mg}_3\text{PO}_4$  не может существовать.



### Разбалловка

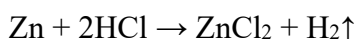
За нахождение Na, P, O и их степени окисления по 3 б.	18 б.
За общую и структурную формулу по 2 б.	4 б.
За уравнение диссоциации	3 б.
Всего:	25 б.

### Задача 8-4

Кусочек цинка массой 9.75 г полностью растворился в 500 г 10%-ного раствора соляной кислоты, при этом выделился газ.

1. Запишите уравнение реакции.
2. Определите объем газа при нормальных условиях.
3. Определите количества (моль) соли цинка и непрореагировавшей HCl в конечном растворе.

### Решение



$n(\text{Zn}) = 9.75/65 = 0.15$  моль. Он весь прореагировал.

$n(\text{H}_2) = n(\text{Zn}) = 0.15$  моль.  $V(\text{H}_2) = 0.15 \cdot 22.4 = 3.36$  л.

$n(\text{ZnCl}_2)$  в растворе =  $n(\text{Zn}) = 0.15$  моль.

$n(\text{HCl})$  исходной =  $500 \cdot 0.1/36.5 = 1.37$  моль.

$n(\text{HCl})$  прореагировавшей =  $2n(\text{Zn}) = 0.3$  моль.

$n(\text{HCl})$  оставшейся в растворе =  $1.37 - 0.3 = 1.07$  моль.

### Разбалловка

За уравнение	5 б.
За расчет $n(\text{ZnCl}_2) = 0.15$ моль	5 б.
За расчет $V(\text{H}_2) = 3.36$ л	5 б.
За расчет $n(\text{HCl})$ исходной = 1.37 моль	5 б.
За определение $n(\text{HCl})$ в растворе = 1.07 моль	5 б.
Всего	25 б.

**Межрегиональная олимпиада школьников**  
**«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ» 2023/24 уч.г.**  
**ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР. *Время выполнения – 90 минут.***

**2 вариант**

**8 класс**

**Задача 8-1**

Ортофосфорная кислота используется в пищевой промышленности как регулятор кислотности E338. Это трехосновная кислота с массовой долей кислорода 65.3%. Метафосфорная кислота образуется при отщеплении молекулы воды от молекулы ортофосфорной кислоты. Пирофосфорная кислота образуется при соединении двух молекул ортофосфорной кислоты и одновременном отщеплении молекулы воды. Запишите химические формулы этих кислот. Ответ подтвердите расчетами и уравнениями реакций.

Пирофосфат натрия используется как пищевой стабилизатор E450. Ортофосфат натрия, гидроортофосфат натрия и дигидроортофосфат натрия входят в состав пищевой добавки E339 (E339iii, E339ii, E339i). Приведите формулы этих солей.

Какие массы солей необходимо взвесить для приготовления 85.2 г добавки E339 с эквимолярным соотношением компонентов.

**Решение**

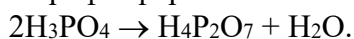
Ортофосфорная кислота имеет химическую формулу  $H_3PO_4$ :

$$\omega(O) = M(O) \cdot 4 / M(H_3PO_4) = 16 \cdot 4 / 98 = 0.653.$$

Метафосфорная кислота  $HPO_3$ :



Пирофосфорная кислота  $H_4P_2O_7$ :



Пирофосфат натрия:  $Na_4P_2O_7$ , ортофосфат натрия  $Na_3PO_4$  (164 г/моль), гидроортофосфат натрия  $Na_2HPO_4$  (142 г/моль), дигидроортофосфат натрия  $NaH_2PO_4$  (120 г/моль).

В 85.2 г добавки E 339 с эквимолярным соотношением компонентов содержится 0.2 моль каждой соли:

$$164x + 142x + 120x = 85.2, \quad x = 0.2 \text{ моль.}$$

Отсюда найдем массы солей:

$$m(Na_3PO_4) = 0.2 \cdot 164 = 32.8 \text{ г}, \quad m(Na_2HPO_4) = 0.2 \cdot 142 = 28.4 \text{ г}, \quad m(NaH_2PO_4) = 0.2 \cdot 120 = 24 \text{ г}.$$

**Разбалловка**

- |   |       |
|---|-------|
| 1. За формулу ортофосфорной кислоты               | 3 б.  |
| 2. За формулы двух кислот и четырех солей по 2 б. | 12 б. |
| 3. За уравнения реакций по 2 б.                   | 4 б.  |
| 4. За расчет масс по 2 б.                         | 6 б.  |
| Всего:  | 25 б. |

### Задача 8-2

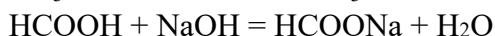
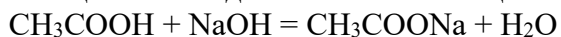
Муравьиная и уксусная кислоты – это первые два представителя ряда органических карбоновых кислот, их химические формулы записываются  $\text{HCOOH}$  и  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Эти кислоты хорошо растворяются в воде и диссоциируют в водном растворе с отщеплением от молекулы кислоты иона водорода  $\text{H}^+$ , связанного с кислородом.

Силу кислоты можно охарактеризовать степенью диссоциации, которая показывает отношение концентрации продиссоциировавших молекул к общему числу молекул кислоты в растворе. Если степень диссоциации кислоты больше 30%, то электролит считают сильным, а, если меньше, то слабым.

В одной колбе находится водный раствор уксусной кислоты, а в другой – водный раствор муравьиной кислоты с такой же молярной концентрацией. Известно, что концентрация ионов водорода  $\text{H}^+$  в первой колбе равна 0.0013 моль/л, а во второй в 3.2 раза больше. Рассчитайте степень диссоциации каждой кислоты, учитывая, что на реакцию с 10 мл раствора уксусной кислоты необходимо 5 мл 0.2 моль/л раствора  $\text{NaOH}$ . Какое заключение о силе кислот можно сделать по расчетным значениям? Напишите уравнения протекающих реакций.

### Решение

Реакции взаимодействия кислот с щелочью:

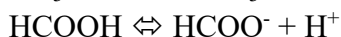


По результатам взаимодействия с раствором щелочи найдем концентрацию кислот.

На реакцию с 10 мл кислоты потребовалось  $0.2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 1 \cdot 10^{-3}$  моль  $\text{NaOH}$ . Так как кислота взаимодействует с щелочью в молярном соотношении 1:1, то в 10 мл раствора кислоты содержится  $1 \cdot 10^{-3}$  моль кислоты. С учетом этого рассчитаем концентрацию кислот:

$$C = 1 \cdot 10^{-3} \text{ моль} / 0.01 \text{ л} = 0.1 \text{ моль/л};$$

Реакции диссоциации:



Степень диссоциации  $\alpha$  представляет собой отношение концентрации продиссоциировавших молекул кислоты к общей концентрации кислоты. Учитывая, что концентрация ионов водорода совпадает с концентрацией продиссоциировавших молекул кислоты, значение  $\alpha$  можно рассчитать по формуле:

$$\alpha = C(\text{H}^+) / C_{\text{кислоты}} .$$

$$\alpha(\text{CH}_3\text{COOH}) = C(\text{H}^+) / C(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0.0013 / 0.1 = 0.013 \text{ или } 1.3\%$$

$$\alpha(\text{HCOOH}) = C(\text{H}^+) / C(\text{HCOOH}) = 0.0013 \cdot 3.2 / 0.1 = 0.0416 \text{ или } 4.16\%$$

Расчетные значения  $\alpha$  свидетельствуют о том, что обе кислоты слабые, однако, муравьиная кислота сильнее уксусной

### Разбалловка

- |  |       |
|--|-------|
| 1. За написание уравнений реакции по 2 б.    | 8 б.  |
| 2. За расчет степени диссоциации по 5 б.     | 10 б. |
| 3. За оценку силы кислот по расчетным данным | 7 б.  |
| Всего:                                       | 25 б. |

### Задача 8-3

Навеску перманганата калия массой 0.632 г подвергли разложению нагреванием, при этом выделилось простое газообразное вещество А.

1. Составьте уравнение реакции разложения
2. Определите формулу, количество вещества (моль) и массу образовавшегося вещества А.

### Решение

$2\text{KMnO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{O}_2\uparrow$   
 $n(\text{KMnO}_4) = 0.632/158 = 0.004$  моль.  
 $m(\text{O}_2) = 0.002 \cdot 32 = 0.064$  г.

Вещество А – кислород.  
 $n(\text{O}_2) = 0.5n(\text{KMnO}_4) = 0.002$  моль.

### Разбалловка

1. За уравнение реакции 10 б.
  2. За определение  $\text{O}_2$ ,  $n(\text{O}_2) = 0.002$  моль и  $m(\text{O}_2) = 0.064$  г по 5 б. 15 б.
- Всего: 25 б.

### Задача 8-4

Приготовили смесь газообразных веществ: 2 г водорода,  $3.01 \cdot 10^{24}$  атомов гелия, 102 г сероводорода.

1. Запишите формулы указанных веществ,
2. Найдите суммарное количество трех веществ (моль).
3. Найдите суммарную массу данной смеси.
4. Вычислите объем данной смеси газов при нормальных условиях.
5. Какие условия называются нормальными?

### Решение

Формулы:  $\text{H}_2$ ,  $\text{He}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$

Найдем количества веществ:  $n(\text{H}_2) = 2/2 = 1$  моль,  $n(\text{He}) = 3.01 \cdot 10^{24}/6.02 \cdot 10^{23} = 5$  моль,  
 $n(\text{H}_2\text{S}) = 102/34 = 3$  моль,  $n(\text{смеси}) = 9$  моль.

Найдем массу:  $m(\text{H}_2) = 2$  г,  $m(\text{H}_2\text{S}) = 102$  г,  $m(\text{He}) = 4 \cdot 5 = 20$  г,  $m(\text{смеси}) = 124$  г.

Найдем объем:  $V(\text{смеси}) = 22.4 \cdot n(\text{смеси}) = 22.4 \cdot 9 = 201.6$  л.

Нормальные усл.: температура  $0^\circ\text{C}$  (273 К), давление 1 атм. (101300 Па, 760 мм рт. ст.).

### Разбалловка

1. За 3 формулы веществ 5 б.
  2. За расчет  $n(\text{смеси}) = 9$  моль 5 б.
  3. За расчет  $m(\text{смеси}) = 124$  г 5 б.
  4. За расчет  $V(\text{смеси}) = 201.6$  л 5 б.
  5. За определение нормальных условий 5 б.
- Всего 25 б