

**Министерство образования и науки РТ  
Казанский федеральный университет**

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады  
школьников по химии 2015–2016 гг.  
Решения**

**Авторы и составители: к.х.н. Седов И.А., Магсумов Т.И.**

## **Инструкция для жюри**

**Жирным шрифтом** выделены правильные ответы, за которые начисляются баллы, и разбалловка.

Во многих расчетных задачах оцениваются промежуточные шаги. Школьник может решать задачу не так, как в авторском решении, при этом, если он получил верный конечный ответ, решение должно быть оценено полным баллом как за этот ответ, так и за все шаги, ведущие к нему в авторском решении.

В многоступенчатых расчетных задачах за одну чисто арифметическую ошибку, приведшую к численно неверному ответу, суммарный балл за весь расчет не должен снижаться более чем наполовину.

Школьники могут использовать при решении как округленные до целого числа, так и точные (1-3 знака после запятой) атомные массы элементов. В последнем случае ответ может содержать больше значащих цифр, чем приведено в данном решении.

При проверке работ одну и ту же задачу у всех участников должен проверять один человек.

Максимальный балл за каждую задачу различен и указан в конце решения.

Максимальный балл за все задачи в 8 классе 46 баллов, в 9 классе 56 баллов, в 10 классе 47 баллов, в 11 классе 54 балла.

## **8 класс**

### **Задание 1.**

**За каждый правильный ответ 2 балла.**

- 1. Двух**
  - 2. Воды.**
  - 3. Растворов.**
  - 4. Водород, водород. (Если вместо одного из слов водород другое, 0 баллов. Если слово водород написано 1 раз, 2 балла.)**
  - 5. Электроны.**
- Всего максимум 10 баллов.**

### **Задание 2 – тест.**

- 1. б**
- 2. д**
- 3. в**
- 4. а**
- 5. в**
- 6. д**
- 7. а**
- 8. в**
- 9. б**
- 10. б**

**По 1 баллу за верный ответ. Если на вопрос указано более одного варианта, среди которых есть верный, 0 баллов.**

**Всего максимум 10 баллов.**

### **Задание 3.**

- 1.  $H_2$**
- 2.  $D_2$**
- 3.  $LiH$**
- 4.  $CH_4$**
- 5.  $SiH_4$**
- 6.  $SO_2$**
- 7.  $CaC_2O_4$**
- 8.  $S_8$**

**За каждое соединение по 1,5 балла.**

**Всего максимум 12 баллов.**

### **Задание 4.**

1. Природный кислород почти полностью состоит из изотопа  $^{16}\text{O}$ . Поэтому молекула кислорода содержит  $2 \cdot 8 = 16$  протонов и  $2 \cdot (16 - 8) = 16$  нейтронов. 1 моль  $\text{O}_2$  превратится в 16 моль протонов (**1,5 балла**) и 16 моль нейтронов (**1,5 балла**).

2. 1 моль  $\text{NaCl}$  содержит  $11 + 17 = 28$  моль протонов (**0,5 балла**) и примерно  $22,9897 + 35,453 - 28 = 30,44$  моль нейтронов (**1,5 балла**), это число далеко от целого из-за присутствия двух изотопов хлора в природном хлоре.

1 моль  $\text{H}_2\text{O}$  содержит  $2 + 8 = 10$  моль протонов и 8 моль нейтронов (по **0,5 балла**, всего **1 балл**).

Пусть  $\omega$  – это массовая доля  $\text{NaCl}$ , тогда  $(1 - \omega)$  – массовая доля воды.

Пусть взята масса раствора равна 100 г (массу раствора можно принять любой), тогда

$$\nu(\text{NaCl в растворе}) = \frac{100\omega}{58,4427} = 1,71\omega$$

$$\nu(\text{H}_2\text{O в растворе}) = \frac{100(1 - \omega)}{18,015} = 5,55(1 - \omega)$$

Исходя из условия, должно соблюдаться равенство

$$\nu(\text{протонов}) = 1,2 \cdot \nu(\text{нейтронов})$$

Следовательно, мы можем записать уравнение

$$28 \cdot 1,71\omega + (5,55 - 5,55\omega) \cdot 10 = 1,2 \cdot [1,71\omega \cdot 30,44 + (5,55 - 5,55\omega) \cdot 8]$$

Решая уравнение, получим

$$\omega(\text{NaCl}) = 0,13, \text{ или } 13\% \text{ (3 балла)}.$$

3. Пусть  $P$  – количество молей протонов в 1 моль вещества,  $N$  – количество молей нейтронов в 1 моль вещества,  $M$  – относительная молекулярная масса вещества в а.е.м. Можно приближенно записать:

$$P = 1,42N \Rightarrow N = 0,7P,$$

$$M = P + N = 1,7P.$$

У всех элементов, кроме водорода, атомная масса не менее чем в 2 раза больше порядкового номера. Поэтому соединение **содержит водород (1 балл)**. Минимальные значения, удовлетворяющие уравнению  $P = 10, M = 17$ , что соответствует аммиаку  $\text{NH}_3$  (**4 балла**).

**Всего максимум 14 баллов.**

## 9 класс

### Задание 1.

1.  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ . По 0,5 балла за каждый ион, всего 2,5 балла. Помимо этих ионов, в небольших количествах присутствуют  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$ , но они не оцениваются.

2.

$$\nu(\text{NaCl}) = \frac{8,6\text{г}}{58,5\text{г / моль}} = 0,147\text{моль}$$

$$\nu(\text{KCl}) = \frac{0,3\text{г}}{74,5\text{г / моль}} = 0,0040\text{моль}$$

$$\nu(\text{CaCl}_2) = \frac{0,33\text{г}}{111\text{г / моль}} = 0,00297\text{моль}$$

$$\nu(\text{NaHCO}_3) = \frac{0,2\text{г}}{84\text{г / моль}} = 0,00238\text{моль}$$

$$\nu(\text{Na}^+) = \nu(\text{NaCl}) + \nu(\text{NaHCO}_3) = 0,147\text{моль} + 0,00238\text{моль} = 0,14938\text{моль}$$

$$[\text{Na}^+] = 0,15\text{M}$$

$$\nu(\text{K}^+) = \nu(\text{KCl}) = 0,0040\text{моль}$$

$$[\text{K}^+] = 0,004\text{M}$$

$$\nu(\text{Ca}^{2+}) = \nu(\text{CaCl}_2) = 0,00297\text{моль}$$

$$[\text{Ca}^{2+}] = 0,003\text{M}$$

$$\nu(\text{Cl}^-) = \nu(\text{NaCl}) + \nu(\text{KCl}) + 2 \cdot \nu(\text{CaCl}_2) = 0,147 + 0,0040 + 2 \cdot 0,00297 = 0,15694\text{моль}$$

$$[\text{Cl}^-] = 0,16\text{M}$$

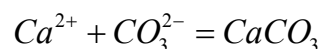
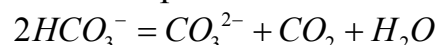
$$\nu(\text{HCO}_3^-) = \nu(\text{NaHCO}_3) = 0,00238\text{моль}$$

$$[\text{HCO}_3^-] = 0,0024\text{M}$$

По 1,5 балла за верную концентрацию каждого иона, всего 7,5 баллов.

3. Раствор станет непригоден для инъекций (0,5 балла), так как при кипячении его состав изменится, повысится рН и в растворе будет содержаться взвешенный осадок  $\text{CaCO}_3$ . Концентрации ионов калия, натрия и хлорид-ионов не изменятся (по 0,5 балла, всего 1,5 балла).

При нагревании происходит разложение гидрокарбонат-ионов и выпадает осадок карбоната кальция:

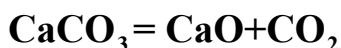
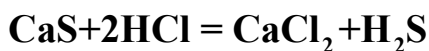
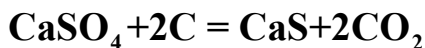
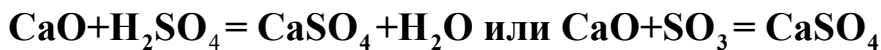
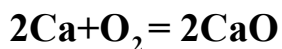


$$\nu(\text{CO}_3^{2-}) = \frac{\nu(\text{HCO}_3^-)}{2} = \frac{0,00238}{2} = 0,00119\text{ моль}.$$

Кальций находится в избытке по отношению к карбонату. Избыток составляет:  $0,00297 - 0,00119 = 0,00178\text{ моль}$ .

$[Ca^{2+}] = 0,0018M$  (2 балла)  
Всего максимум 14 баллов.

**Задание 2.**



По 1,5 балла за каждую реакцию с верными коэффициентами, 0,5 балла – с неверными коэффициентами.

Всего максимум 9 баллов.

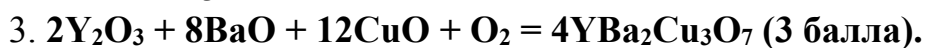
**Задание 3.**

1.

$$n(Y):n(Ba):n(Cu):n(O) = \frac{13,14}{88,91} : \frac{41,2}{137,3} : \frac{28,6}{63,546} : \frac{17,06}{16,0} = 0,148 : 0,3 : 0,45 : 1,066 =$$
$$= 1 : 2 : 3 : 7$$

$YBa_2Cu_3O_7$  (3 балла).

$$2. \frac{7 \cdot (-2) + (+3) + 2 \cdot (+2)}{3} = +2,33 \text{ (2 балла)}$$



4. Обладает сверхпроводящими свойствами (нулевое сопротивление) при сравнительно высокой температуре (1 балл, если указана сверхпроводимость без указания высокой температуры, 0,5 балла).

Всего максимум 9 баллов.

**Задание 4 – тест.**

1. г
2. а
3. б
4. д
5. в
6. б
7. б
8. а
9. г
10. б

По 1 баллу за верный ответ. Если на вопрос указано более одного варианта, среди которых есть верный, 0 баллов.  
Всего максимум 10 баллов.

**Задание 5.**

1. A – NiS

B – NiCl<sub>2</sub>

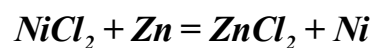
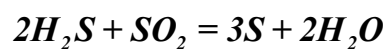
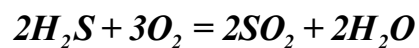
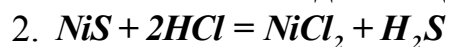
C – H<sub>2</sub>S

D – SO<sub>2</sub>

E – S

F – Ni

По 2 балла за каждое вещество, всего 10 баллов.



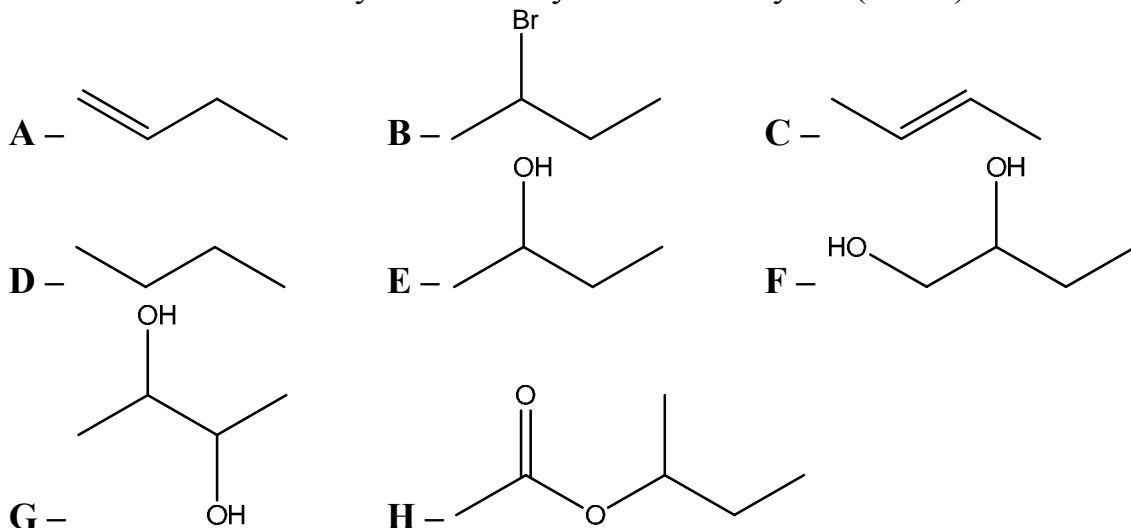
По 1 баллу за каждую реакцию, всего 4 балла.

Всего максимум 14 баллов.

## 10 класс

### Задание 1.

Исходя из содержания углерода в D, можно найти его простейшую формулу –  $C_2H_5$ . Ей соответствует только бутан или изобутан ( $C_4H_{10}$ ).



(Засчитывается любой геометрический изомер C и любые оптические изомеры веществ).

По 1,5 балла за каждое вещество.

Всего максимум 12 баллов.

### Задание 2.

$$1. M(\text{соли}) = \frac{M(\text{Cr})}{w(\text{Cr})} = \frac{52 \text{ г / моль}}{0,155} = 335,5 \text{ г / моль}$$

$$M(S \text{ в соли}) = 335,5 \text{ г / моль} \cdot 0,3815 = 128 \text{ г / моль}$$

Это означает, что в состав соли входит 4 атома серы. То есть  $x = 4$  (1 балл).

$M[(NH_3)_y] = 335,5 \text{ г / моль} - 18 \text{ г / моль} - 52 \text{ г / моль} - 4 \cdot 58 \text{ г / моль} = 33,5 \text{ г / моль}$ , что примерно равно молярной массе двух остатков аммиака.  $y = 2$  (1 балл).

Формула соли Рейнеке –  $NH_4[Cr(SCN)_4(NH_3)_2]$  (2 балла)

2. Степень окисления хрома – +3. (2 балла)

3.  $(NH_4)_2Cr_2O_7 + 8NH_4SCN = 2NH_4[Cr(SCN)_4(NH_3)_2] + N_2 + 2NH_3 + 7H_2O$  (3 балла за уравнение с верными коэффициентами, 1,5 балла – с верными продуктами и неверными коэффициентами).

Всего максимум 9 баллов.

### Задание 3 – тест.

1. в
2. б
3. г



4. д
5. в
6. б
7. б
8. г
9. а
10. в
11. г
12. д
13. в
14. б
15. г

По 1 баллу за верный ответ. Если на вопрос указано более одного варианта, среди которых есть верный, 0 баллов.  
Всего максимум 15 баллов.

#### Задание 4.

1. На аноде:  $\text{Cu} - 2e^- = \text{Cu}^{2+}$

На катоде:  $2\text{H}^+ + 2e^- = \text{H}_2$ ,  $\text{Cu}^{2+} + 2e^- = \text{Cu}$ .

По 1 баллу за каждое уравнение, всего 3 балла.

2. При электролизе через анод проходит число электронов, необходимое для растворения 0,3554 г меди. На 1 моль меди расходуется 2 моля электронов. Можно записать следующее уравнение:

$$It = 2eN_A \frac{\Delta m(\text{Cu})}{M(\text{Cu})}.$$

Отсюда по данным опыта число Авогадро равно:

$$N_A = \frac{ItM(\text{Cu})}{2e\Delta m(\text{Cu})} = \frac{0,6010 \text{ A} \cdot 1802 \text{ c} \cdot 63,546 \text{ г / моль}}{2 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 0,3554 \text{ г}} = 6,044 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \quad (4 \text{ балла},$$

если в ответе 3 верных цифры после запятой, 2 балла если 2, 1 балл если одна). Это значение не соответствует истинному, так как получено с помощью несовершенной методики.

3.

$$M(\text{Si}) = M(^{28}\text{Si}) \cdot h(^{28}\text{Si}) + M(^{29}\text{Si}) \cdot h(^{29}\text{Si}) + M(^{30}\text{Si}) \cdot h(^{30}\text{Si}) = 28,08545333 \text{ г / моль}.$$

В одной ячейке находится 8 атомов. Поэтому

$$N_A = \frac{8M(\text{Si})}{a^3 \rho} = \frac{8 \cdot 28,08545333 \text{ г / моль}}{(543,10209 \cdot 10^{-10})^3 \text{ см}^3 \cdot 2,3290354 \text{ г / см}^3} = 6,0221409 \text{ моль}^{-1}$$

(4 балла, если в ответе 7 верных цифр после запятой, 2 балла если 6, 1 балл если 5).

Всего максимум 11 баллов.

**11 класс**

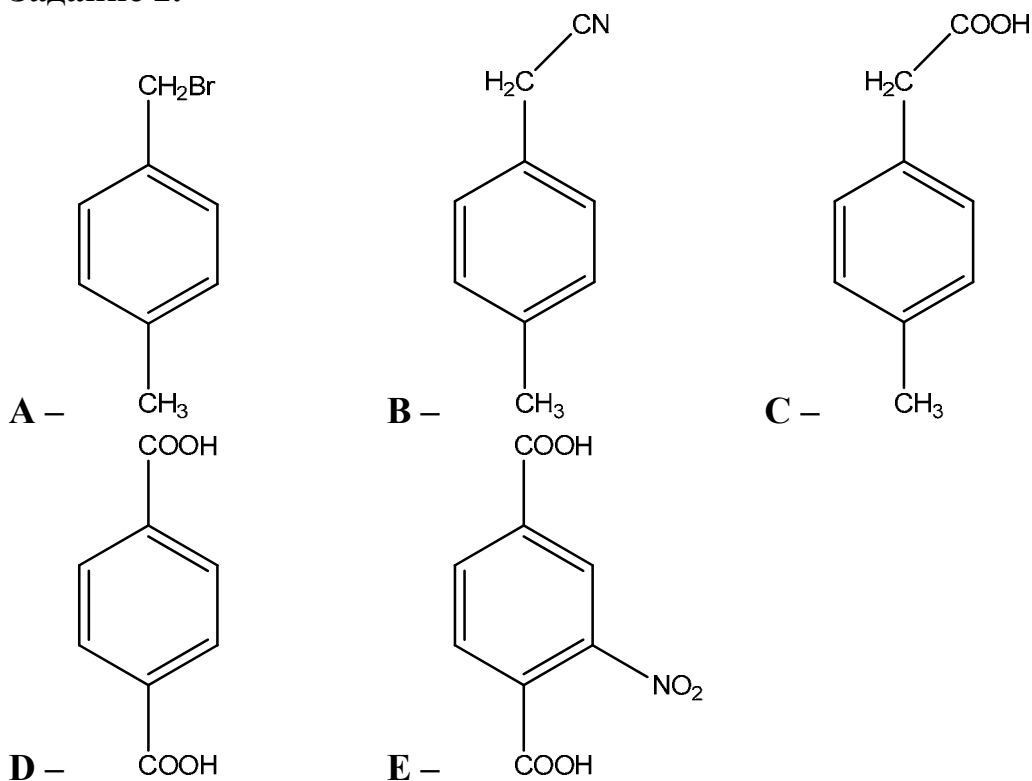
**Задание 1.**

1.  $\text{H}_2$
2.  $\text{D}_2$
3.  $\text{LiH}$
4.  $\text{CH}_4$
5.  $\text{SiH}_4$
6.  $\text{SO}_2$
7.  $\text{C}_{10}\text{H}_8$ . (Моль легко погибает даже от очень небольшого количества паров нафталина.)
8.  $\text{S}_8$

За каждое соединение по 1,5 балла.

Всего максимум 12 баллов.

**Задание 2.**



По 2 балла за каждую верную структуру.

Всего максимум 10 баллов.

**Задание 3 – тест.**

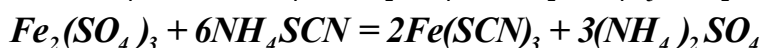
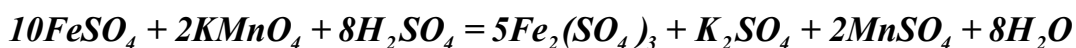
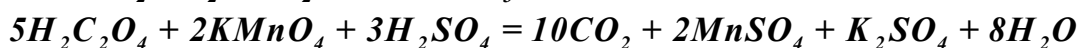
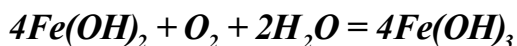
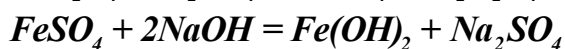
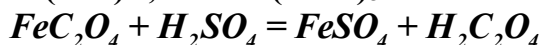
1. а
2. г
3. г

4. а
5. г
6. г
7. д
8. б
9. в
10. в
11. г
12. г
13. г
14. б
15. в

По 1 баллу за верный ответ. Если на вопрос указано более одного варианта, среди которых есть верный, 0 баллов.  
Всего максимум 15 баллов.

#### Задание 4.

1. По характерным качественным реакциям легко понять, что М – Fe, В – Fe(OH)<sub>2</sub>, С – Fe(SCN)<sub>3</sub>. По 2 балла за каждое вещество, всего 6 баллов.



По 1 баллу за каждую реакцию, всего 6 баллов.

2.  $5C_2O_4^{2-} + 3MnO_4^- + 24H^+ + 5Fe^{2+} = 5Fe^{3+} + 10CO_2 + 3Mn^{2+} + 12H_2O$  (2 балла)

3.  $\nu(KMnO_4) = 0,02915 \text{ мл} \cdot 0,02 \text{ М} = 0,000583 \text{ моль}$

$$\nu(FeC_2O_4 \text{ в аликвоте}) = \frac{5}{3} \nu(KMnO_4) = \frac{5 \cdot 0,000583 \text{ моль}}{3} = 0,000972 \text{ моль}$$

$$\nu(FeC_2O_4) = 0,000972 \text{ моль} \cdot 10 = 0,00972 \text{ моль}$$

$$m(H_2O \text{ в } A) = 1,75 \text{ г} - 0,00972 \text{ моль} \cdot 144 \text{ г / моль} = 0,350 \text{ г}$$

$$\nu(H_2O \text{ в } A) = \frac{0,350 \text{ г}}{18 \text{ г / моль}} = 0,0194 \text{ моль}$$

$$\nu(H_2O \text{ в } A) : \nu(FeC_2O_4 \text{ в } A) = 0,0194 : 0,00972 = 2 : 1$$

$x = 2$  (3 балла)

Всего максимум 17 баллов.