

**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}O . Поэтому молекула кислорода содержит $2 \cdot 8 = 16$ протонов и $2 \cdot (16 - 8) = 16$ нейтронов. 1 моль O_2 превратится в 16 моль протонов (**1,5 балла**) и 16 моль нейтронов (**1,5 балла**).

2. 1 моль 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 H_2O содержит $2 + 8 = 10$ моль протонов и 8 моль нейтронов (**по 0,5 балла, всего 1 балл**).

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

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

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

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

Исходя из условия, должно соблюдаться равенство

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

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 амиаку NH_3 (**4 балла**).

Всего максимум 14 баллов.

9 класс

Задание 1.

1. Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- , HCO_3^- . По 0,5 балла за каждый ион, всего 2,5 балла.
Помимо этих ионов, в небольших количествах присутствуют CO_3^{2-} , H^+ и OH^- , но они не оцениваются.

2.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

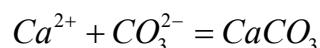
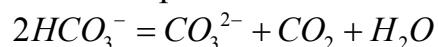
$$\nu(\text{HCO}_3^-) = \nu(\text{NaHCO}_3) = 0,00238 \text{моль}$$

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

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 pH и в растворе будет содержаться взвешенный осадок 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:



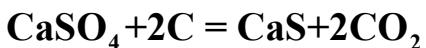
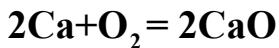
$$\nu(\text{CO}_3^{2-}) = \frac{\nu(\text{HCO}_3^-)}{2} = \frac{0,00238}{2} = 0,00119 \text{ моль.}$$

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.

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

$$= 1 : 2 : 3 : 7$$

YBa₂Cu₃O₇ (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 – NiCl₂

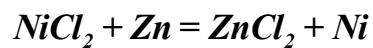
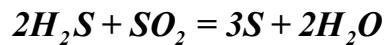
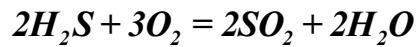
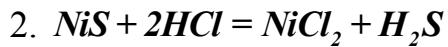
C – H₂S

D – SO₂

E – S

F – Ni

По 2 балла за каждое вещество, всего 10 баллов.



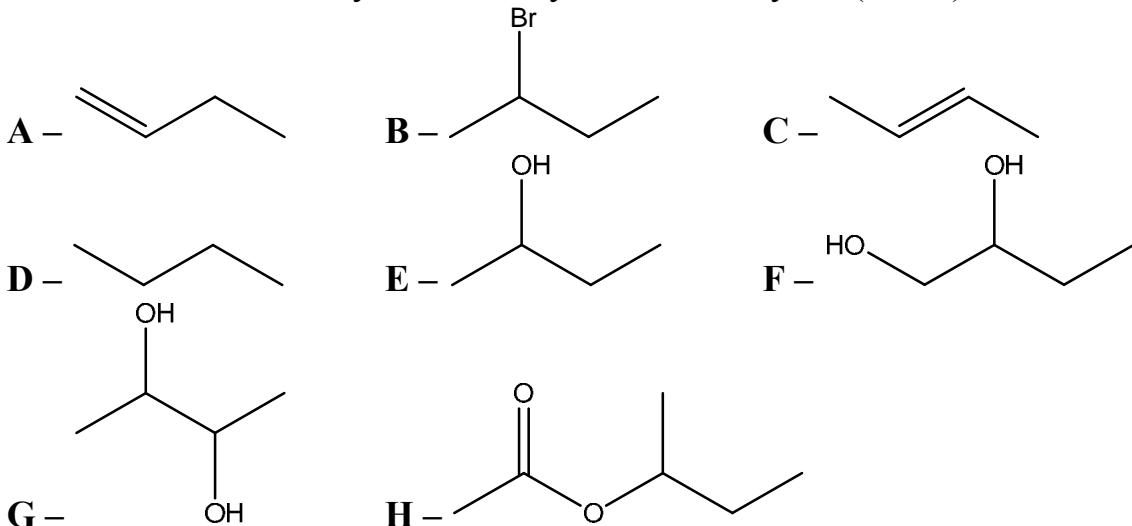
По 1 баллу за каждую реакцию, всего 4 балла.

Всего максимум 14 баллов.

10 класс

Задание 1.

Исходя из содержания углерода в D, можно найти его простейшую формулу – C₂H₅. Ей соответствует только бутан или изобутан (C₄H₁₀).



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

По 1,5 балла за каждое вещество.

Всего максимум 12 баллов.

Задание 2.

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

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

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 – NH₄[Cr(SCN)₄(NH₃)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: $Cu - 2e^- = Cu^{2+}$

На катоде: $2H^+ + 2e^- = H_2$, $Cu^{2+} + 2e^- = Cu$.

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:

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

Отсюда по данным опыта число Авогадро равно:

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

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.

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

В одной ячейке находится 8 атомов. Поэтому

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

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

Всего максимум 11 баллов.

11 класс

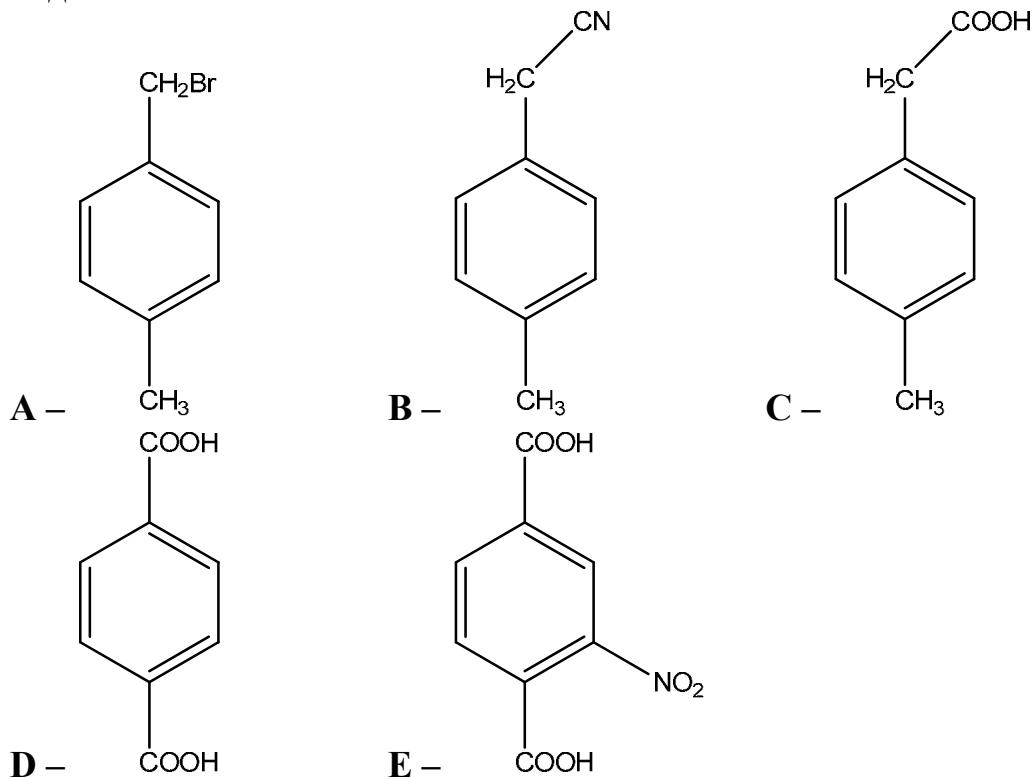
Задание 1.

1. H_2
2. D_2
3. LiH
4. CH_4
5. SiH_4
6. SO_2
7. C_{10}H_8 . (Моль легко погибает даже от очень небольшого количества паров нафтилина.)
8. 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

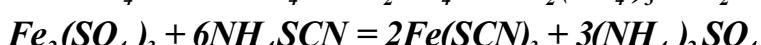
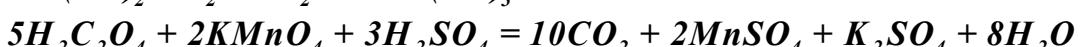
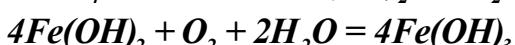
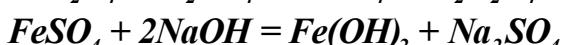
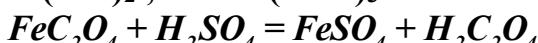
4. а
 5. г
 6. г
 7. д
 8. б
 9. в
10. в
 11. г
 12. г
 13. г
 14. б
 15. в

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

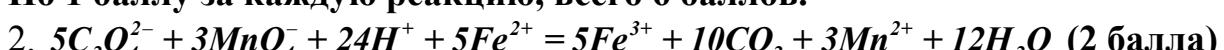
Всего максимум 15 баллов.

Задание 4.

1. По характерным качественным реакциям легко понять, что М – Fe, В – $\text{Fe}(\text{OH})_2$, С – $\text{Fe}(\text{SCN})_3$. По 2 балла за каждое вещество, всего 6 баллов.



По 1 баллу за каждую реакцию, всего 6 баллов.



$$v(\text{KMnO}_4) = 0,02915 \text{ мл} \cdot 0,02 \text{ M} = 0,000583 \text{ моль}$$

$$v(\text{FeC}_2\text{O}_4 \text{ в аликовете}) = \frac{5}{3} v(\text{KMnO}_4) = \frac{5 \cdot 0,000583 \text{ моль}}{3} = 0,000972 \text{ моль}$$

$$v(\text{FeC}_2\text{O}_4) = 0,000972 \text{ моль} \cdot 10 = 0,00972 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}_2\text{O в A}) = 1,75 \text{ г} - 0,00972 \text{ моль} \cdot 144 \text{ г / моль} = 0,350 \text{ г}$$

$$v(\text{H}_2\text{O в A}) = \frac{0,350 \text{ г}}{18 \text{ г / моль}} = 0,0194 \text{ моль}$$

$$v(\text{H}_2\text{O в A}) : v(\text{FeC}_2\text{O}_4 \text{ в A}) = 0,0194 : 0,00972 = 2 : 1$$

$$x = 2 \text{ (3 балла)}$$

Всего максимум 17 баллов.