

КРИТЕРИИ И МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ
РЕГИОНАЛЬНОГО ЭТАПА ПО ХИМИИ С УКАЗАНИЕМ МАКСИМАЛЬНО ВОЗМОЖНОГО
КОЛИЧЕСТВА БАЛЛОВ ЗА КАЖДОЕ ЗАДАНИЕ И ОБЩЕГО КОЛИЧЕСТВА МАКСИМАЛЬНО
ВОЗМОЖНЫХ БАЛЛОВ ПО ИТОГАМ ВЫПОЛНЕНИЯ ВСЕХ ЗАДАНИЙ

для жюри

1 тур

2025–2026

Теоретический тур

Девятый класс

Решение задачи 9-1 (автор: Харисов В.К.)

1. Если одно из веществ пары – металл, то другое должно быть газом с соотношением атомов 1:1, причём элементы, его образующие, должны быть однобуквенными. Единственными подходящими вариантами являются CO и HF, которые омографичны кобальту и гафнию соответственно. Из них более инертным является Hf, а кислоту в воде образует HF, но гафний не взаимодействует с плавиковой кислотой в отсутствии сильного окислителя. Отсюда отгадываем первую пару: **A** – CO, **B** – Co. Жёлто-зелёный газ, реагирующий с первой парой, – хлор, **I** – Cl₂. Тогда образующиеся соединения: **A₁** – COCl₂ (фосген), **B₁** – CoCl₂ (хлорид кобальта(II)), подходящие под описание. Угарный газ с переходными металлами образует карбонильные соединения. Состав его можно рассчитать из массовой доли:

$$n(\text{CO}) : n(\text{Co}) = \frac{\omega(\text{CO})}{M(\text{CO})} : \frac{\omega(\text{Co})}{M(\text{Co})} = \frac{0.6553}{28.01} : \frac{1 - 0.6553}{58.933} = 4 : 1$$

Получается состав Co(CO)₄, который необходимо удвоить в соответствии с правилом 18 электронов, **II** – Co₂(CO)₈.

Оба вещества из второй пары являются соединениями, поэтому с ними сложнее. Начать стоит с определения кислоты **III**, поскольку у неё высокая массовая доля кислорода, что облегчит перебор. Будем сразу находить молярную массу за вычетом M(O):

$$M(\text{остатка III}) = \left(\frac{16}{0.7763} - 16 \right) n = 4.61n$$

При $n = 3 \Rightarrow M(\text{остатка III})$ равна 13.83, что хорошо подходит под 3H, 1B и кислоту H₃BO₃. Далее, если просматривать элементы, способные образовать кислородсодержащие кислоты, то омограф получится лишь в случае мышьяка, которому как раз соответствует массовая доля в H₃AsO₄:

$$\omega(\text{O}) = \frac{16 \cdot 4}{1.008 \cdot 3 + 74.922 + 16 \cdot 4} = 0.4509$$

Из этого выходит арсенид бора, омографичный растворимому сульфиду бария. Отсюда **C** – BaS, **D** – BAs. Сульфид получается либо из сульфита, либо из сульфата бария, учитывая, что для синтеза его омографа используется арсенат, то выбираем сульфат. Получаем **C₁** – BaSO₄, **D₁** – BAsO₄.

A	B	C	D	A ₁	B ₁	C ₁	D ₁
CO	Co	BaS	BAs	COCl ₂	CoCl ₂	BaSO ₄	BAsO ₄

I	II	III	IV
Cl ₂	Co ₂ (CO) ₈	H ₃ BO ₃	H ₃ AsO ₄

2. Уравнения реакций:

- 1) $\text{CO} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{COCl}_2$
- 2) $\text{Co} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CoCl}_2$
- 3) $2\text{Co} + 8\text{CO} \rightarrow \text{Co}_2(\text{CO})_8$
- 4) $\text{BaSO}_4 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{BaS} + 4\text{H}_2\text{O}$
- 5) $\text{BaSO}_4 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{BaS} + 4\text{H}_2\text{O}$
- 6) $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4$
- 7) $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{H}_3\text{AsO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$

Система оценивания (Ответы без обоснования – 0 баллов)

1	Пары веществ (А, В), (С, D), (А ₁ , В ₁), (С ₁ , D ₁) по 1 баллу Вещества I, II, III и IV – по 1 баллу За указание $\text{Co}(\text{CO})_4$ вместо $\text{Co}_2(\text{CO})_8$ – 0.5 балла	8 баллов
2	Уравнения реакций 1 – 7 – по 1 баллу	7 баллов
ИТОГО:		15 баллов

Решение задачи 9-2 (автор: Долженко В.Д.)

Жидких при комнатной температуре простых веществ только два – это ртуть и бром.
Судя по описанию “бурая жидкость” **В1** – это Br.

Элементов с порядковым номером в таблице Д.И. Менделеева меньше 90 и символы, которых начинаются на букву В только пять: В, Ве, Вr, Ва, Вi.

Реакции 1 – 4 можно записать, даже если не определены соответствующие элементам шифры, все реакции протекают при нагревании:

- 1) $2\text{B} + 3\text{Br}_2 = 2\text{BBr}_3$
- 2) $\text{Be} + \text{Br}_2 = \text{BeBr}_2$
- 3) $\text{Ba} + \text{Br}_2 = \text{BaBr}_2$
- 4) $2\text{Bi} + 3\text{Br}_2 = 2\text{BiBr}_3$

Простое вещество **В2** растворяется в воде и катион **В2** дает осадок с сульфатом натрия, значит **В2** – это Ва.

- 5) $\text{Ba} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_2$
- 7) $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 + 2\text{NaNO}_3$

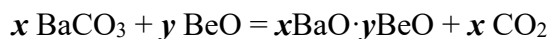
С водным раствором щелочи из перечисленных элементов реагирует Ве, т.е. **В4** – Ве.

- 8) $\text{Be} + 2\text{NaOH} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4] + \text{H}_2$

Потеря массы в реакции 9 связана с удалением углекислого газа, тогда суммарная молярная масса смеси карбоната **В2** и оксида **В4** в расчете на 1 моль CO_2 :

$$M = 44.01/0.1874 = 234.84 \text{ г/моль}$$

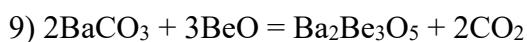
Представим продукт реакции в виде $x\text{BaO} \cdot y\text{BeO}$, тогда уравнение реакции 9:



$$x M = x 197.34 + y 25.01 = x 234.84$$

откуда $y = 37.5/25.01$ $x = 1.4994$ x , следовательно, минимальные значения $x = 2$, $y = 3$.

Соединение **C** – это $\text{Ba}_2\text{Be}_3\text{O}_5$.



B2 и **B5** образуют сложный оксид, в котором «один из элементов находится в различных характерных для него степенях окисления», так как для бария характерна только одна степень окисления, из оставшихся (**B** и **Bi**) только для **Bi** характерны степени окисления +3 и +5, **B5** – это **Bi**. Состав сложного оксида **D** – BaBiO_3 в соответствии с изображением элементарной ячейки.

Тогда методом исключения **B3** – это **B**.

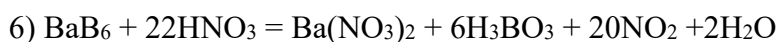
Тогда вещество **A** – это борид бария, при его растворении в азотной кислоте образуются нитрат бария и борная кислота. Из 100.0 мг борида образуется 115.4 мг осадка сульфата бария. Рассчитаем молярную массу в расчете на 1 атом бария:

$$\nu(\text{BaSO}_4) = 115.4/233.39 = 0.49445 \text{ ммоль}$$

$$M(\text{BaB}_x) = 100.0/0.49445 = 202.24 \text{ г/моль}$$

$$x = (202.24 - 137.33)/10.806 \approx 6$$

Вещество **A** – BaB_6 .



Вещество **E** – это бромид бора, для определения состава рассчитаем молярную массу из плотности при указанных условиях, для этого воспользуемся уравнением Менделеева-Клапейрона, необходимо перевести г/л в г/м³:

$$pV = \frac{m}{M}RT \Rightarrow M = \frac{\rho}{p}RT = \frac{0.8238 \cdot 1000}{2500} 8.314 \cdot 298 = 816.41 \text{ г/моль}$$

Большая молярная масса **E** = B_xBr_y свидетельствует о большом числе атомов брома в молекуле, но $y \leq 10$.

$$x = \frac{816.41 - 79.9 \cdot y}{10.81}$$

Перебор по y даёт при $y = 9$, $x = 9.00$. Следовательно, **E** – B_9Br_9 .

Система оценивания (Ответы без обоснования – 0 баллов)

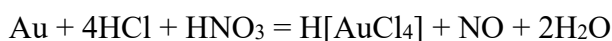
1	Реакции 1 – 9 по 1 баллу	9 баллов
2	Формулы веществ A, C, D, E , с обоснованием по 1 баллу Расчет молярной массы E – 1 балл	5 баллов
3	Указание на Bi^{+3} и Bi^{+5}	1 балл
		ИТОГО: 15 баллов

Решение задачи 9-3 (автор: Трушков И.В.)

1. Объем сундука с указанными размерами составляет $80 \times 40 \times 40 = 128\,000\text{ см}^3$. Объем, занимаемый золотыми монетами, в одном сундуке тогда равен $128\,000 \times 0.8 = 102\,400\text{ см}^3$. Из этого объема 10240 см^3 приходится на медь, а объем золота составляет 92160 см^3 . Тогда золота в одном полном сундуке будет $1\,778\,688\text{ г}$, вес меди – 91340.8 г , а вес всех монет в одном сундуке – $1\,870\,028.8\text{ г}$, то есть более 1870 кг !

У скупого рыцаря было 6 сундуков. То есть у скупого рыцаря было $1\,870.0288 \times 6 = 11\,220.1728\text{ кг}$ (больше 11 тонн!!!) золотых монет, содержащих $1\,778\,688 \times 6 = 10\,672\,128\text{ г}$ или $10\,672.128\text{ кг}$ чистого золота. Умножаем массу золота в граммах на 10000 рублей. Получаем $106\,721\,280\text{ руб}$, то есть у скупого рыцаря запас золотых монет был почти на 107 миллиардов рублей. Такие расчеты, очевидно, не приходили в голову авторам фильма, иначе в качестве сундуков для золота они выбрали бы более подходящие, маленькие сундучки.

2. Здесь речь идет о царской водке (реагент А), представляющей собой смесь концентрированной соляной (HCl) и азотной (HNO₃) кислот в соотношении 3:1 по объему. Уравнение реакции (1):

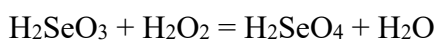


3. В и D – это две трехэлементные кислородсодержащие кислоты, образованные один элементом. По данным о массовой и мольной доле кислорода в D можно однозначно определить ее формулу – H₂SeO₃, тогда В – это H₂SeO₄.

По массовой доле золота в соли С можно установить ее молекулярную формулу как Au₂(SeO₄)₃. Уравнение реакции (2):

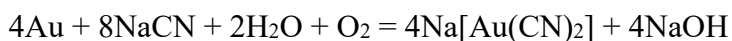


Получение В из D описывается уравнением (3):



4. Описание Е и F соответствует NaCN (трехэлементная натриевая соль) и O₂ (простое вещество). По массовой доле золота можно определить состав комплексной соли G – Na[Au(CN)₂].

Растворение золота при действии цианида натрия описывается уравнением (4):



Система оценивания

1	Вес одного сундука с монетами, подтвержденный расчетами – 1 балл. Количество золота (в кг), имевшегося у скупого рыцаря, беря размеры сундуков, указанные в условии. – 1 балл. Стоимость золота в золотых монетах, имевшихся у скупого рыцаря – 1 балл.	3 балла
2	Тривиальное название реагента A (царская водка) – 1 балл. Состав реагента A – 1 балл. (без указания соотношения 1:3 ответ оценивается в 0.5 балла) Уравнение реакции между царской водкой и золотом – 1 балл.	3 балла
3	Молекулярные формулы соединений B , C , D – по 1 баллу. Уравнения реакций 2 и 3 по 1 баллу.	5 баллов
4	Молекулярные формулы соединений E , F , G – по 1 баллу. Уравнение реакции 4 – 1 балл.	4 балла
		ИТОГО: 15 баллов

Решение задачи 9-4 (автор: Гаркуль И.А.)

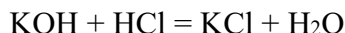
1. Проанализируем результаты обоих титрований, используя формулу $C = n/V$.

Первое титрование: $16 \text{ мл} \cdot 0.250 \text{ M} > 10 \text{ мл} \cdot C(\text{MOH})$.

Второе титрование: $13 \text{ мл} \cdot 0.250 \text{ M} < 10 \text{ мл} \cdot C(\text{MOH})$.

Тогда, концентрация гидроксида находится в диапазоне между 0.4 и 0.325 M. При концентрации 0.4 M будет $0.4 \text{ M} \cdot 1 \text{ л} = 0.4 \text{ моль}$ в 1 л, а молярная масса $20 \text{ г}/(0.4 \text{ моль}) = 50 \text{ г/моль}$. При концентрации 0.325 M будет $0.325 \text{ M} \cdot 1 \text{ л} = 0.325 \text{ моль}$ в 1 л, а молярная масса $20 \text{ г}/(0.325 \text{ моль}) = 61.5 \text{ г/моль}$.

Если из полученных значений вычесть молярную массу гидроксид-иона «OH⁻», то останется диапазон для молярной массы металла: от 33 до 44.5, что подходит только для калия, **A** – KOH. Тогда его молярная концентрация в **растворе 1** составляет $(20 \text{ г}/56 \text{ г/моль})/(1 \text{ л}) = 0.357 \text{ M}$.



Кислоты **C** в **растворе 2** по мнению Бюреточкина $0.95 = m(\text{C})/(10+34.55)$, откуда $m(\text{C}) = 42.32 \text{ г}$. Если из массы **C** вычесть массу оксида **B**, то останется масса воды, прореагировавшей с **B**: $42.32 - 34.55 = 7.77 \text{ г}$ (0.432 моль).

Если при образовании 1 моль **C** требуется n моль воды, то формулу кислоты можно записать как H_{2n}X, а ее молярная масса составляет $42.32/(0.432/n) = 98 \cdot n \text{ г/моль}$, откуда при n = 1 получается, что **C** – H₂SO₄, а **B** – SO₃. Подтверждается условием, что при комнатной температуре SO₃ находится в жидком состоянии.



2. При добавлении Пипеточкиным избытка SO₃ к **раствору 2** вся вода расходуется и образуется **раствор 3**, состоящий из H₂SO₄ и SO₃, который называют олеум.

3. В пункте 1 показано, что расчеты Бюреточкина верны, но что-же с Пипеточкиным? Ведь он тоже гордый обладатель химической фамилии. Если к 10 мл воды (0.556 моль) добавить (34.55+12.76) г SO_3 (0.591 моль), то по мнению Пипеточкина кислоты будет $0.95 = m(\text{H}_2\text{SO}_4)/(10+34.55+12.76)$, откуда $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 54.44$ г (0.556 моль). Что соответствует количеству воды, которая в этом случае находится в недостатке.

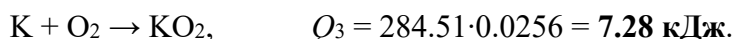
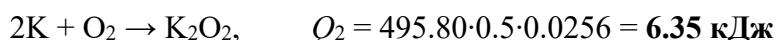
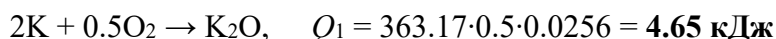
Таким образом, оба персонажа оказались правы, но каждый по своему.

Система оценивания (Ответы без обоснования – 0 баллов)

1	Определение А, В и С по 3 балла Нахождение концентрации А – 1 балл	10 баллов
2	Указание SO_3 как второго компонента – 1 балл	1 балл
3	Подтверждение корректности Бюреточкина – 2 балла Подтверждение корректности Пипеточкина – 2 балла	4 балла
		ИТОГО: 15 баллов

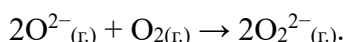
Решение задачи 9-5 (автор: Курамшин Б.К.)

1. 1.00 г калия соответствует количеству 0.0256 моль калия. Рассчитаем количества теплоты в каждой из трёх реакций образования соединений калия с кислородом. Не забудем учесть коэффициент перед калием там, где он есть:

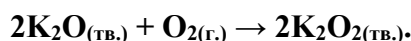


Наиболее вероятный продукт – KO_2 .

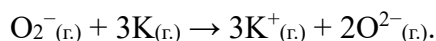
2. Сумма $-E_{\text{св}}(\text{O}=\text{O}) + 2A_{e1}(\text{O}_2 + 2A_{e2}(\text{O}_2) - 2A_{e1}(\text{O}) - 2A_{e2}(\text{O}))$ соответствует общему процессу:



Значит, единственный вариант **реакции 1**, которой соответствует эта энтальпия:



Сумма $E(\text{O}=\text{O}) + 2A_{e1}(\text{O}) + 2A_{e2}(\text{O}) + 3I_1(\text{K}) - A_{e1}(\text{O}_2)$ соответствует суммарному процессу:



Единственно возможный вариант реакции 2, которой соответствует эта энтальпия:



3. Равновесное давление кислорода над KO_2 :

$$p = 10^{8.817 - \frac{3825}{873}} = 10^{4.4356} = 27261 \text{ Па}$$

Количества кислорода и доля разложившегося согласно реакции $2\text{KO}_2 \rightleftharpoons \text{K}_2\text{O}_2 + \text{O}_2$ супероксида калия:

$$n(\text{O}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{27261 \cdot 0.001}{8.314 \cdot 873} = 0.003756 \text{ моль}$$

$$\eta = \frac{0.003756 \cdot 2}{10 : (39.1 + 32)} = 0.053 = \mathbf{5.3\%}$$

4. Давление кислорода равно $0.21 \cdot 101325 = 21278 \text{ Па}$.

Рассчитаем равновесные давления при этой температуре в реакциях:

$$2\text{K}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{K}_2\text{O}_2 \quad p = 10^{13.738 - \frac{13856}{473}} = 2.8 \cdot 10^{-16} \text{ Па}$$

$$\text{K}_2\text{O}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{KO}_2 \quad p = 10^{8.817 - \frac{3825}{473}} = 5.37 \text{ Па}$$

Поскольку, согласно принципу Ле Шателье, при увеличении давления равновесие сдвигается в сторону поглощения газов, при больших давлениях, чем рассчитанные равновесные, стабильной окажется только фаза **KO₂**.

5. Для равновесия между тремя соединениями калия и кислорода необходимо, чтобы давления кислорода в равновесии в обеих реакциях совпали. Для этого достаточно, чтобы совпали степени десяти, фигурирующие в обеих зависимостях.

$$8.817 - \frac{3825}{T} = 13.738 - \frac{13856}{T}$$

Откуда получаем **T = 2038 К**.

$$p = 10^{8.817 - \frac{3825}{T}} = \mathbf{8.71 \cdot 10^6 \text{ Па} = 86 \text{ атм.}}$$

Значит, равновесие между тремя соединениями устанавливается при **86 атм и 2038 К**.

Система оценивания:

1	Расчёт трёх теплот – по 1 баллу Выбор продукта (в соответствии со своим расчётом) – 1 балл	4 балла
2	2 уравнения реакций – по 1 баллу 4 вещества – по 1 баллу (без обоснования – 0 баллов)	6 баллов
3	Доля разложившегося KO ₂ – 1 балл	1 балл
4	Расчёт двух равновесных давлений – суммарно 1 балл Вывод о вероятном продукте – 1 балл	2 балла
5	Расчёт температуры и давления – по 1 баллу	2 балла
		ИТОГО: 15 баллов