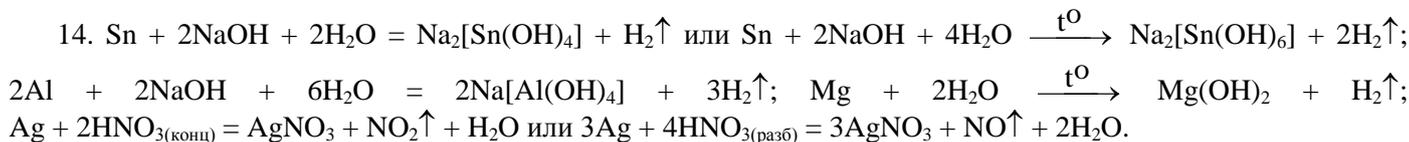


**Всесибирская открытая олимпиада школьников по химии**  
**Решения заключительного этапа 2009-2010 уч. года и система оценивания**  
**9 класс**

**Задание 1.** (автор А.В. Задесенец).

13. Описанные в тексте свойства металлов и указания на положение некоторых из них в Периодической системе позволяют установить следующее соответствие: 1–Na; 2–K; 3–Cu; 4–Sn; 5–Al; 6–Mg; 7–Ag; 8–Au; 9–Pt; 10–Fe; 11–Cr; 12–Ti; 13–U; 14–Pb; 15–Hg.



15. Золото и платина растворяются в «царской водке» (смесь концентрированных HCl и HNO<sub>3</sub> в объемном соотношении 3:1). Au + HNO<sub>3</sub> + 4HCl = H[AuCl<sub>4</sub>] + NO↑ + 2H<sub>2</sub>O; 3Pt + 4HNO<sub>3</sub> + 18HCl = 3H<sub>2</sub>[PtCl<sub>6</sub>] + 4NO↑ + 8H<sub>2</sub>O.

16. Латунями называются сплавы меди с цинком, иногда с добавками свинца, олова, железа, никеля и других элементов.

17. По определению, сталь – ковкий сплав железа с углеродом (от 0,022 до 2,14 %) и другими элементами. Сплавы с большим содержанием углерода называются чугунами. Процесс добавления в стали и сплавы других элементов называется легирование.

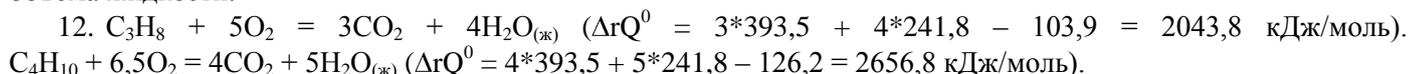
18. Жидкие сплавы – растворы металлов в ртути называют амальгамами.

**Система оценивания:**

1. Установление металлов .....	0,5 б. × 15 = 7,5 б. .
2. Уравнения реакций .....	1 б. × 4 = 4 б.
3. Название, качественный и количественный состав «царской водки» .....	0,5 б. × 3 = 1,5 б.
Уравнения реакций .....	1 б. × 2 = 2 б.
4. Указание на цинк .....	1 б.
5. Углерод, чугун, легирование .....	1 б. × 3 = 3 б.
6. Амальгамы .....	1 б.
Всего .....	20 б.

**Задание 2.** (автор В.А. Емельянов).

11. Масса смеси составит  $3,5 \cdot 10^6 \cdot 0,584 = 2044000$  г или 2044 кг. Пропана в смеси  $0,58 \cdot 2044 = 1185,5$  кг или  $1185,5/44 = 26,94$  кмоль. Бутана в смеси  $0,42 \cdot 2044 = 858,5$  кг или  $858,5/58 = 14,80$  кмоль. Мольное отношение пропан/бутан составляет 1,82, общее количество молекул в цистерне газовева ( $26,94 + 14,80$ )  $\cdot 10^3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 2,51 \cdot 10^{28}$ , атомов  $(26,94 \cdot 11 + 14,80 \cdot 14) \cdot 10^3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 3,03 \cdot 10^{29}$  шт. Объем газовой смеси при н.у. равен  $(26,94 + 14,80) \cdot 10^3 \cdot 22,4 = 935 \cdot 10^3$  л или  $935 \text{ м}^3$ , что в  $935/3,5 = 267$  раз больше объема жидкости.



13. При сгорании всей смеси, содержащейся в газовева, выделится  $26,94 \cdot 10^3 \cdot 2043,8 + 14,80 \cdot 10^3 \cdot 2656,8 = (55060 + 39321) \cdot 10^3$  кДж =  $94,4 \cdot 10^6$  кДж тепла.

14. Масса бензина (октана)  $3,5 \cdot 10^6 \cdot 0,703 = 2460500$  г или 2460,5 кг. Его количество  $2460,5/114 = 21,58$  кмоль, количество атомов  $26 \cdot 21,58 \cdot 10^3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 3,38 \cdot 10^{29}$  шт. Теплота сгорания:  $\text{C}_8\text{H}_{18} + 12,5\text{O}_2 = 8\text{CO}_2 + 9\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$  ( $\Delta_r Q^0 = 8 \cdot 393,5 + 9 \cdot 241,8 - 249,9 = 5074,3$  кДж/моль). Количество тепла, которое выделится при сгорании всего бензина  $21,58 \cdot 10^3 \cdot 5074,3 = 109,5 \cdot 10^6$  кДж. Получается, что приобретать пропан-бутановую смесь выгоднее в  $94,4 \cdot 10^6 / 109,5 \cdot 10^6 = 1,44$  раза.

15. H<sub>3</sub>C-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub> (пропан), H<sub>3</sub>C-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub> (н-бутан), CH(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub> (изобутан), (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>C-C(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub> (2,2,3,3-тетраметилбутан).

**Система оценивания:**

1. Мольное отношение компонентов смеси .....	2 б.
Количество молекул и атомов в газовева .....	1 б. × 2 = 2 б.
Расчет объема смеси при н.у. ....	1 б.
2. Уравнения реакций и тепловые эффекты .....	1 б. × (2+2) = 4 б.
3. Расчет количества тепла при сгорании всей смеси .....	2 б.
4. Количество атомов в бензовове .....	1 б.
Уравнение реакции горения октана, теплота сгорания, общее кол-во тепла ..	1 б. × 3 = 3 б.

Отношение стоимости топлива .....	1 б.
5. Структурные формулы .....	1 б. × 4 = 4 б.
Всего .....	20 б.

**Задание 3. (автор К.А. Коваленко).**

Задача решается путём заполнения таблицы в ходе логических рассуждений. Логика примерно следующая (в скобках — соответствующие пункты условия задачи, жирным выделены характеристики, заносимые по итогам рассуждений в таблицу):

1. По условию, в **первом** стаканчике содержится соль **натрия** (I). Из (XI) следует, что во **втором** стаканчике находится **зелёный** раствор и из (XII), что его концентрация **0,001 М**. Какого цвета раствор в первом стаканчике? Он не может быть ни фиолетовым, ни голубым, так как эти растворы располагаются рядом (III), да и в растворе голубого цвета содержится соль меди (II). Тогда в **первом** стаканчике раствор **жёлто-коричневого** цвета, причем его объём **100 мл** (VI). Какой же анион в первом растворе жёлто-коричневого цвета объёмом 100 мл? Это не сульфат, потому что сульфат в одном стаканчике с хромом (IV). И не перманганат, потому что перманганат окрашивает раствор в фиолетовый цвет (XIII). И не **хлорид**, который располагается в **третьем** стаканчике (VIII). Следовательно, в **первом** стаканчике — **триодид**.

Из (IX) следует, что объём **второго** раствора **150 мл**. Какой же катион содержится во втором, зелёном, растворе объёмом 150 мл с концентрацией 0,001 М? Это не натрий - он в первом растворе (I). Не медь - она в растворе голубого цвета. Не калий — объём раствора, содержащего калий, 160 мл (VII). Значит во **втором** растворе соль хрома или более точно **сульфат хрома(III)**  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  (IV).

Фиолетовый раствор не может быть третьим, поскольку в нём содержится перманганат, а не хлорид (XIII). Следовательно, **четвёртый** раствор **фиолетовый**, и содержит **перманганат** (XIII). Тогда в **третьем** стаканчике раствор **голубого** цвета, содержащий **медь** (II).

Соль **калия** объёмом **160 мл** (VII) тогда в **четвёртом** стаканчике, а в **третьем** — раствор объёмом **250 мл** с концентрацией **0,004 М** (X).

По условию (V) раствор с концентрацией 0,03 М находится либо в первом, либо в третьем стаканчике, но мы уже определили, что в третьем стаканчике раствор с концентрацией 0,004 М. Значит концентрация раствора в **первом** стаканчике **0,03 М**.

Итак, раствор с неизвестной концентрацией находится в **четвёртом** стаканчике!

Используя свои химические знания, можно было разгадать эту головоломку быстрее. В первую очередь, здесь помогли бы знания цветов растворов:  $\text{NaI}_3$  — жёлто-коричневый,  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  — зелёный,  $\text{CuCl}_2$  — голубой (для меди известен также хлорид  $\text{CuCl}$ , однако он белого цвета и нерастворим в воде),  $\text{KMnO}_4$  — фиолетовый (разбавленные растворы имеют красный или розовый цвет).

2. Дима к раствору перманганата калия прилил раствор триодида натрия:



Поскольку в результате реакции раствор стал бесцветным, значит, перманганат калия и триодид натрия содержались в стехиометрических количествах. Тогда  $C(\text{KMnO}_4) = 0,03 \text{ М} \cdot 0,1 \text{ л} / 3 \cdot 16 / 0,16 \text{ л} = 0,1 \text{ М}$ . То есть, раствор перманганата калия в четвёртом стаканчике самый концентрированный!

Расчёт можно уточнить по массе выпавшего в осадок диоксида марганца. Его количество  $1,391 \text{ г} / 87 \text{ г/моль} = 0,016 \text{ моль}$ . Ровно столько же перманганата калия содержалось в исходном растворе. Тогда его концентрация  $C(\text{KMnO}_4) = 0,016 \text{ моль} / 0,16 \text{ л} = 0,1 \text{ М}$ .

3. Зная молярные концентрации и формулы солей, вычислим их массовые концентрации:  $\omega\% = 100 \cdot m_{\text{в-ва}} / m_{\text{р-ра}}$ ,  $m_{\text{р-ра}} = V_{\text{р-ра(л)}} \cdot 1000\rho$ ,  $m_{\text{в-ва}} = \nu \cdot M$ ,  $\nu = C \cdot V_{\text{р-ра(л)}}$ , откуда  $\omega = C \cdot M / 10\rho$ . Для удобства ответы на п.п. 1-3 сведём в общую таблицу.

Стаканчик	1	2	3	4
Катион	$\text{Na}^+$	$\text{Cr}^{3+}$	$\text{Cu}^{2+}$	$\text{K}^+$
Анион	$\text{I}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Cl}^-$	$\text{MnO}_4^-$
Цвет	Жёлто-коричневый	Зелёный	Голубой	Фиолетовый
Объём	100 мл	150 мл	250 мл	160 мл
Концентрация	0,03 М	0,001 М	0,004 М	0,1 М
Формула соли	$\text{NaI}_3$	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{CuCl}_2$	$\text{KMnO}_4$
$M$ , г/моль	403,7	392,2	134,5	158,0

$\omega, \%$	1,211	0,039	0,054	1,58
--------------	-------	-------	-------	------

4. Если бы Дима смешивал желто-коричневый раствор с голубым, то он наблюдал бы образование осадка смеси  $I_2$  (буро-черный) +  $CuI$  (белый). Последний может быть замечен, только если добавлять голубой раствор к желто-коричневому:  $2CuCl_2 + 4NaI_3 \rightarrow 2CuI \downarrow + 5I_2 \downarrow + 4NaCl$ .

При добавлении фиолетового раствора к зеленому будет наблюдаться переход от зеленого цвета к оранжевому:  $6KMnO_4 + 5Cr_2(SO_4)_3 + 11H_2O \rightarrow 6MnSO_4 + 3K_2Cr_2O_7 + 2H_2Cr_2O_7 + 9H_2SO_4$ . Если добавлять зеленый раствор к фиолетовому, то на фоне образующегося оранжевого раствора возможно образование бурого осадка:  $2KMnO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 3H_2O \rightarrow 2MnO_2 \downarrow + K_2Cr_2O_7 + 3H_2SO_4$ .

Система оценивания:

1. Заполнение таблицы с верным отношением .....	0,5 б. $\times$ 20 = 10 б. .
2. Уравнение реакции .....	1 б.
Определение концентрации $KMnO_4$ .....	1 б.
3. Расчет массовых концентраций .....	1 б. $\times$ 4 = 4 б.
4. Уравнения реакций (при любом порядке сливания) .....	1 б. $\times$ 2 = 2 б.
Описание наблюдений .....	1 б. $\times$ 2 = 2 б.
Всего .....	20 б.

#### Задание 4. (авторы М.С. Панов, В.А. Емельянов).

1. Посчитаем состав вещества А (N – число атомов хлора, M – молярная масса катиона)

N \ M	1	2	3	4	5	6
M, г\моль	18.04 ( $NH_4^+$ )?	36.08 ?	54.12 ( $Mn^{+3}$ )?	72.15 ( $Ge^{+4}$ )?	90.19 ?	108.23 ?

По условию, **хлорид А** – белый порошок, поэтому коричневый  $MnCl_3$  и жидкий  $GeCl_4$  здесь не подходят. Остается лишь один вариант –  $NH_4Cl$  – хлорид аммония. Это и есть **хлорид А**.

2. При нагревании  $NH_4Cl$  разлагается с образованием смеси аммиака и хлороводорода:



3. При понижении температуры аммиак и хлороводород должны вновь взаимодействовать с образованием хлорида аммония:  $NH_3 + HCl = NH_4Cl$ . На мокрой индикаторной бумаге, температура которой, очевидно, ниже  $100\text{ }^\circ C$ , хлорид аммония должен показать кислую реакцию за счет частичного гидролиза по катиону:  $NH_4Cl + H_2O \rightleftharpoons NH_3(\text{водн}) + H_3O^+ + Cl^-$ . ЮХ удивился, потому что вместо красного увидел сине-зеленый цвет. По-видимому, аммиак, как заметно более легкий газ, имеет большую скорость диффузии и быстрее поднимается вверх. Если в первое время подносить бумажку недостаточно глубоко, то мы её окунем в газовую смесь с повышенным содержанием аммиака, что, собственно и проделал ЮХ. Водный раствор аммиака имеет заметно щелочную реакцию, что и привело к окрашиванию бумаги в соответствующий цвет:  $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$ . Но потом, когда пробирка полностью заполняется продуктами разложения, мы видим уже вполне ожидаемый результат – на мокрой бумажке образуется раствор хлорида аммония со слабокислой реакцией.

4.  $NH_4Cl + H_2SO_4 = NH_4HSO_4 + HCl \uparrow$ ; в реакции с азотной кислотой уже при комнатной температуре идет окисление хлорид-иона:  $3NH_4Cl + 4HNO_3 = 2H_2O + 3NH_4NO_3 + NOCl \uparrow + Cl_2 \uparrow$ , а при нагревании – разложение нитрата аммония:  $NH_4NO_3 = 2H_2O + N_2O \uparrow$  или суммарно:  $3NH_4Cl + 4HNO_3 = 8H_2O + 3N_2O \uparrow + NOCl \uparrow + Cl_2 \uparrow$ ;  $NH_4Cl + NaOH = NaCl + NH_3 \uparrow + H_2O$ ;  $2NH_4Cl + Mg = MgCl_2 + 2NH_3 \uparrow + H_2 \uparrow$ ;  $2NH_4Cl + ZnO = ZnCl_2 + 2NH_3 \uparrow + H_2O$ ;  $2NH_4Cl + 4CuO = 3Cu + CuCl_2 + 4H_2O + N_2 \uparrow$ ;  $2NH_4Cl + CaCO_3 = CaCl_2 + 2NH_3 \uparrow + H_2O + CO_2 \uparrow$ ;  $NH_4Cl + NaNO_2 = NaCl + 2H_2O + N_2 \uparrow$ .

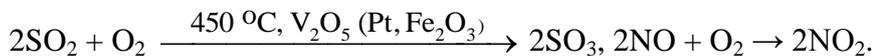
Система оценивания:

1. Формула, расчет, название .....	1 б. $\times$ 3 = 3 б.
2. Уравнение реакции, 2 названия продуктов .....	1 б. $\times$ 3 = 3 б.
3. Уравнения реакций .....	1 б. $\times$ 3 = 3 б.
Красный цвет, объяснение результатов 1 и 2 .....	1 б. $\times$ 3 = 3 б.
4. Уравнения реакций .....	1 б. $\times$ 8 = 8 б.



**Задание 5.** (авторы Д.Г. Трофимов, В.А. Емельянов).

1. В задаче много выходов на элементы **X** и **Y**, но самый надежный – внимательно посмотреть на п.3. Если одно и то же вещество образуется при взаимодействии одного оксида с серной кислотой, а другого – с азотной, логично предположить, что **A** и **B** – оксиды **азота** и **серы**. Поскольку они могут еще реагировать с кислородом, это **NO** и **SO<sub>2</sub>**, а вещества **B** и **Г** – **NO<sub>2</sub>** и **SO<sub>3</sub>**, плотность паров по водороду которых как раз 46/2 и 80/2. В принципе эти цифры можно было использовать, чтобы выйти вообще на элементы **X** и **Y**, но это потребовало бы куда более серьезных усилий. Уравнения реакций оксидов с кислородом:



В промышленности монооксид азота получают каталитическим окислением аммиака на платино-родиевом катализаторе:  $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow{800\text{ }^\circ\text{C, Pt/Rh}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ . В лаборатории его можно получить действием избытка разбавленного раствора азотной кислоты на металлическую медь, либо взаимодействием подкисленного раствора нитрита с такими восстановителями, как иодид-ион или соли железа(II):  $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 = 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ . Диоксид серы в промышленности получают сжиганием серы в кислороде, либо обжигом сульфидных минералов:  $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$ , а в лаборатории – взаимодействием разбавленных кислот с сульфитом натрия, либо концентрированной серной кислоты с той же медью:  $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) = \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ .

2. Поскольку две молекулы каждого из оксидов реагируют с одной молекулой кислорода, требующийся объём кислорода не зависит от состава смеси. Для реакции с 1 л любой смеси оксидов **A** и **B** его потребуется  $\frac{1}{2} = 0,5$  л. Теперь вычислим объёмный состав смеси **NO** и **SO<sub>2</sub>**, в которой  $\omega(\text{N}) = \omega(\text{S})$ .  $\omega(\text{N}_{\text{в смеси}}) = \frac{\varphi \cdot A_r(\text{N})}{\varphi \cdot M_r(\text{NO}) + (1-\varphi) \cdot M_r(\text{SO}_2)} = \omega(\text{S}_{\text{в смеси}}) = \frac{(1-\varphi) \cdot A_r(\text{S})}{\varphi \cdot M_r(\text{NO}) + (1-\varphi) \cdot M_r(\text{SO}_2)}$ . Знаменатели дробей равны, приравняем числители:  $14\varphi = 32 \cdot (1-\varphi)$ , откуда  $\varphi = \varphi(\text{NO}) = 0.696 = 69,6\%$ ,  $\varphi(\text{SO}_2) = 1-\varphi = 30,4\%$ .

3. Понятно, что осадок – сульфат бария. Его получается  $4,67/233,4 = 0,02$  моль. При нагревании раствора происходит окислительно-восстановительное превращение, в ходе которого выделяется **NO** – оксид **A**. Заметим, что вещество **Б** можно получить восстановлением азотной кислоты и окислением **NO**, поэтому степень окисления азота в нём может быть равна +3, либо +4. Молярная масса **Б** в расчете на атом серы составит  $2,54/0,02 = 127$ . За вычетом предполагаемого сульфат-иона (96) остается 31, что соответствует остатку  $(\text{NOH})^{2+}$ , в котором степень окисления азота как раз +3. Таким образом, соединение **Б** – **NOHSO<sub>4</sub>** - гидросульфат нитрозония, или нитрозилсерная кислота – промежуточный продукт нитрозного способа получения серной кислоты. Уравнения реакций ее образования:  $\text{SO}_2 + \text{HNO}_3 = \text{NOHSO}_4$ ,  $4\text{NO} + \text{O}_2 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 = 4\text{NOHSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ . При ее гидролизе образуется неустойчивая азотистая кислота **HNO<sub>2</sub>** (**Б**), водные растворы которой имеют голубоватый оттенок:  $\text{NOHSO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$ . При нагревании азотистая кислота диспропорционирует:  $3\text{HNO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 + 2\text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ , причем по объему выделившегося газа мы можем проверить правильность наших выводов.  $v(\text{HNO}_2) = \frac{3}{2}v(\text{NO}) = \frac{3}{2} \cdot \frac{0,299\text{ л}}{22,4\text{ л/моль}} = 0,02$  моль, что совпадает с количеством полученного сульфата бария:  $\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 + 2\text{HCl}$ .

Система оценивания:

1. Элементы <b>X</b> и <b>Y</b> , вещества <b>A-Г</b> .....	0,5 б. × 6 = 3 б.
Уравнения реакций.....	1 б. × 2 = 2 б.
Способы получения.....	1 б. × 4 = 4 б.
2. Объем кислорода и объёмный состав.....	2 б. × 2 = 4 б.
3. Вещества <b>Б</b> и <b>Б</b> .....	1 б. × 2 = 2 б.
Уравнения реакций.....	1 б. × 5 = 5 б.
Всего .....	20 б.