

Внимание! Задачи могут быть решены разными способами. Не следует снижать оценку, если задачи решены оригинальным способом.

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
по химии
2015-2016 учебный год
11 класс**

Максимальный балл - 55

Задача 1. «Ты это можешь» (максимум 10 баллов)

Распределение баллов: всего 10 баллов, за каждый верный ответ по одному баллу.

Вопрос	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ответ	4)	2)	3)	4)	3)	4)	2)	2)	3)	2)

Задача 2. «Все огни-огонь» (максимум 10 баллов)

Произведен расчет, установлен металл и формула соли: Ca и CaHPO₄. Для этого требовалось перебрать три варианта: средний фосфат, гидрофосфат и дигидрофосфат. Далее проверить согласованность полученной молярной массы и степени окисления металла со значениями молярных масс элементов в Периодической системе. Составлены общие формулы трех солей.



Для каждой соли составлено математическое уравнение для массовой доли безводной соли:

$$0,2941 = \frac{M(\text{Me}) \times 3}{M(\text{Me}) \times 3 + 95 \times X}$$

$$0,2941 = \frac{M(\text{Me}) \times 2}{M(\text{Me}) \times 2 + 96 \times X}$$

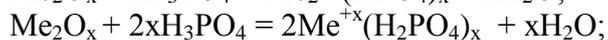
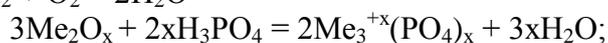
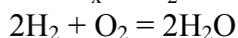
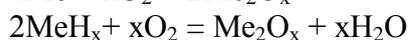
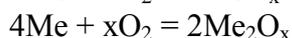
$$0,2941 = \frac{M(\text{Me})}{M(\text{Me}) + 97 \times X}$$

Где: M(Me) – молярная масса металла, X – степень окисления металла.

Для каждого уравнения, подбирая значения X, которые могут быть только действительными числами не более 4, и, вычисляя молярную массу металла, сопоставляем ее со значениями молярных масс элементов в Периодической системе с учетом возможности проявления ими соответствующей степени окисления. Однозначный результат дает второе уравнение: при X = 2 M(Me) = 40 г/моль. Очень хорошо согласуется кальций, который и по химическим свойствам, описанным в задаче, вполне подходит. Вещество «D» - CaHPO₄

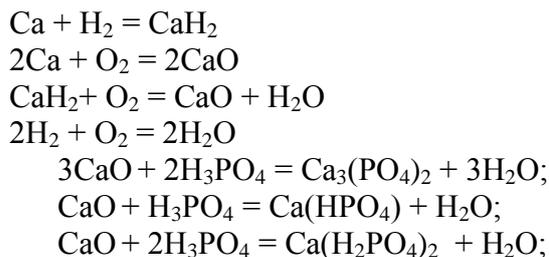
На роль веществ В и С могут претендовать несколько пар, но указание на то, что продукт взаимодействия газа В с газом С является одним из компонентов желудочного сока и слюны не оставляет других вариантов, кроме водорода и кислорода. Соответственно, компонент слюны и желудочного сока – это вода.

Уравнения реакций без установления металла:



Уравнения реакций с кальцием:

Внимание! Задачи могут быть решены разными способами. Не следует снижать оценку, если задачи решены оригинальным способом.



Критерии оценивания:

За установление каждого из веществ «В» или «С»	1 балл
За запись уравнения реакций с веществами «В» и «С», как в общем виде (где металл записан, как Me), так и с Ca – по одному баллу за каждое уравнение.	по 1 баллу за каждое уравнение
Составлено уравнение реакции оксида металла с ортофосфорной кислотой с учетом возможности образования кислых солей – один балл.	за уравнения максимум 5 баллов
Выявлен металл и формула соли (вещество D - CaHPO ₄)	3 балла
Итого (максимум):	10 баллов

Задача 3. «Костер» (максимум 10 баллов)

1. В третьем эксперименте получилась максимальная масса осадка, следовательно, он наиболее точно характеризует содержание CO₂. В первом эксперименте было сделано две ошибки: взято недостаточное количество известковой воды и воздух пропускаться через раствор очень быстро и через небольшой слой, что не позволило раствору поглотить достаточное количество углекислого газа даже для связывания всего Ca(OH)₂.

Во втором эксперименте была сделана одна ошибка – оказалось недостаточное количество известковой воды, что привело к образованию растворимой кислой соли.

Критерии оценивания:

За обоснованное выявление наиболее верного эксперимента (№ 3) и указание ошибок по одному из оставшихся экспериментов (№1 или №2)	1 балл
За обоснованное выявление наиболее верного эксперимента (№ 3) и указание всех ошибок по двум другим экспериментам (№1 и №2)	2 балла
ИЛИ: Предложен эксперимент: взять большее количество (без указания насколько большее) известковой воды и в случае такой же массы осадка считать результат третьего эксперимента верным	1 балл
ИЛИ: Предложено взять более чем 2,34 литра известковой воды, чтобы связать в осадок максимально возможное количество CO ₂ (в предположении, что весь кислород природного воздуха (20,95%) переходит в CO ₂ в легкие человека)	2 балла

2. Произведен расчет:

$$M(\text{CaCO}_3) \rightarrow n(\text{CaCO}_3) = n(\text{CO}_2)_{\text{при избытке щелочи}} = 0,01 \text{ моль}$$

$$n_{\text{общее газов в 5 годах воздуха}} = 5,000/22,4 = 0,223 \text{ моль}$$

$$\chi(\text{CO}_2) = (0,01/0,223) \times 100\% = 4,48\% \text{ (при расчете на н. у.)}$$

$$n_{\text{общее газов в 5 литрах воздуха}} = \frac{PV}{RT} = \frac{110000 \times 0,005}{8,31 \times 303} = 0,218 \text{ моль}$$

$$\chi(\text{CO}_2) = (0,01/0,218) \times 100\% = 4,59\% \text{ (при расчете на реальные условия)}$$

Критерии оценивания:

Расчет при нормальных условиях	1 балл
Расчет при реальных условиях	2 балла

Внимание! Задачи могут быть решены разными способами. Не следует снижать оценку, если задачи решены оригинальным способом.

3. Кислород содержится. Остальные газы не участвуют в газообмене в легких.
 $n(\text{CO}_2)$ образовалось вместо кислорода = $n(\text{O}_2)$ расходовалось
 Следовательно, мольное содержание азота и аргона остается неизменным: 78,09% и 0,93%.

Содержание CO_2 мы определили в предыдущем действии 4,48% (4,59% в случае расчета при реальных условиях).

Содержание кислорода определяем по остаточному принципу:

$$100\% - 78,09\% - 0,93\% - 4,48\% = 16,5\% \text{ (при расчете на н.у.)}$$

$$100\% - 78,09\% - 0,93\% - 4,59\% = 16,39\% \text{ (в случае расчета при реальных условиях).}$$

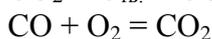
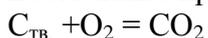
Изменением содержания водяных паров в данном расчете пренебрегаем.

Критерии оценивания:

За верный расчет	1 балл
------------------	--------

4. Увеличение скорости реакции окисления при раздувании уголька свидетельствует о том, что лимитирующей стадией процесса является подвод кислорода к поверхности уголька или отвод продуктов сгорания. Раздуванием мы ускоряем процесс газообмена около поверхности уголька, что увеличивает скорость всего процесса в целом. Кроме того, при интенсивном раздувании содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе меньше, чем получилось при расчете, т.к. воздух задерживается в легких меньшее время.

Возможные процессы:



Критерии оценивания:

За верное обоснование	2 балла
За процессы	1 балл
Итого (максимум):	10 баллов

Задача 4. «Жидкий «газ» (максимум 10 баллов)

1. Определяем массу смеси. $m = V_{\text{жидкости}} \times \rho = 0,3897 \times 564,6 = 220,0 \text{ г.}$

Суммарное количество вещества газов $n_{\text{суммарное}} = V/V_m = 90,94/22,4 = 4,060 \text{ моль.}$

Пусть в смеси находится «а» моль пропана, тогда изобутана в ней (4,060 – а) моль. Составляем математическое уравнение:

$$42 \times a + (4,060 - a) \times 58 = 220.$$

$$a = 0,9675 \text{ моль}$$

$$n_{\text{пропана}} = 0,9675 \text{ моль } m_{\text{пропана}} = 40,64 \text{ г; } n_{\text{изобутана}} = 3,093 \text{ моль; } m_{\text{изобутана}} = 179,39 \text{ г.}$$

$$\chi_{\text{пропана}} = 23,83\%; \omega_{\text{пропана}} = 18,47\%; \chi_{\text{изобутана}} = 76,17\%. \omega_{\text{изобутана}} = 81,53\%;$$

Объем баллона не имеет значения, т.к. заполняется не полностью из-за значительного коэффициента расширения жидкости и для предотвращения неверного использования.

Критерии оценивания:

Расчет «а» моль пропана	1 балла
Расчет доли пропана и изобутана	2 балла

2. Рассчитаны удельные теплоты сгорания пропана и изобутана с использованием теплот их образования:

$$Q_{\text{сгорания пропана}} = 3 \times 393,5 + 4 \times 241,8 - 1 \times 103,9 = 2044 \text{ кДж/моль}$$

$$Q_{\text{сгорания изобутана}} = 4 \times 393,5 + 5 \times 241,8 - 1 \times 131,6 = 2651 \text{ кДж/моль}$$

Определено количество полученного тепла при полном сгорании всего топлива:

$$Q_{\text{общее}} = 2044 \times 0,9675 + 2651 \times 3,093 = 10177 \text{ кДж}$$

Определено количество тепла, расходованного на повышение температуры воды:

$$Q_{\text{на нагрев}} = 10177 \times 0,35 = 35,62 \text{ кДж}$$

Внимание! Задачи могут быть решены разными способами. Не следует снижать оценку, если задачи решены оригинальным способом.

Определена $\Delta T_{\text{воды}}$ и конечная температура воды:

$$\Delta T_{\text{воды}} = 3562 / (4,1 \times 20) = 43,44^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{воды конечная}} = 43,44^{\circ} + 10^{\circ} = 53,44^{\circ}\text{C}$$

Критерии оценивания:

Расчет общей теплоты образования	1 балл
Расчет $T(\text{воды конечная})$	2 балла

3. Теплота сгорания 1 моль изобутана больше теплоты сгорания 1 моль бутана на 6,9 кДж. Находим массу и количество вещества одного литра C_4H_{10} .

$$m(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 580 \text{ г}; n(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 10 \text{ моль}$$

Находим, насколько теплота сгорания 10 моль бутана больше теплоты сгорания 10 моль изобутана:

$$\Delta Q = 6,9 \text{ кДж} \times 10 = 69 \text{ кДж}$$

Критерии оценивания:

За расчет	1 балл
-----------	--------

Чистый пропан имеет слишком высокое давление паров при температурах окружающей человека среды. Судя по графику, уже при 15 градусах давление его паров составляет порядка 7 атмосфер. Его использование приведет к необходимости значительного увеличения толщины стенок баллона и, соответственно, его массы, а также повысит опасность использования. Пентан имеет давление насыщенных паров, при разумных температурах использования, ниже атмосферного и практически будет выходить из баллона крайне медленно (внутри баллона не будет превышения давления над давлением атмосферным). У бутана достаточное давление паров для использования при положительных температурах. Но если учесть, что при использовании баллона бутан испаряется, а испарение - эндотермический процесс, причем со значительной затратой энергии, баллон будет сильно охлаждаться. Даже при положительных температурах окружающей среды баллон (и сжиженный бутан в нем) будут иметь температуру ниже 0°C , что приведет к снижению давления ниже атмосферного (согласно графику). Это приведет к значительному снижению потока газа из баллона и сделает его использование неэффективным.

Критерии оценивания:

Обоснование по пропану и пентану	1 балл
Обоснование по бутану	2 балла
Итого (максимум):	10 баллов

Задача 5. «Экспериментус» (15 БАЛЛОВ)

(ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЗАДАЧА)

Балл учителя в кабинете	Балл за верную последовательность действий ученика при работе с экспериментальной задачей	2 балла
	Балл за технику безопасности при выполнении всех экспериментов	2 балл
	Балл на чистоту на рабочем столе после проведения экспериментов	1 балл
Опыт 1	Реакция выражается следующим уравнением: $2\text{KMnO}_4 + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 10\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$ в ионной форме $2\text{MnO}_4^- + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 6\text{H}^+ = 2\text{Mn}^{2+} + 10\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$.	2 балла
	Описание происходящих явлений: реакция протекает очень медленно. По мере увеличения концентрации ионов Mn^{2+} увеличивается скорость их взаимодействия с ионами MnO_4^- с образованием Mn^{3+} :	4 балла

Внимание! Задачи могут быть решены разными способами. Не следует снижать оценку, если задачи решены оригинальным способом.

	$\text{MnO}_4^- + 4 \text{Mn}^{2+} + 8 \text{H}^+ = 5 \text{Mn}^{3+} + 4 \text{H}_2\text{O}.$ <p>Затем ионы Mn^{3+} быстро взаимодействуют с щавелевой кислотой:</p> $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2 \text{Mn}^{3+} = 2 \text{Mn}^{2+} + 2\text{CO}_2 + 2 \text{H}^+.$ <p>При этом ион Mn^{3+} вновь переходит в ион Mn^{2+}, поэтому, если в реакционную смесь сразу добавить ионы Mn^{2+}, скорость реакции резко увеличивается. Таким образом реакция перманганата калия с щавелевой кислотой является автокаталитической.</p>	
Опыт 2	<p>Уравнения реакций здесь могут быть записаны в сокращенном ионном виде. Принимаются уравнения реакций в молекулярном, сокращенном и в полном ионном виде :</p> <p>При добавлении первых капель NaOH и раствора NH₃ в обоих случаях выпадает осадок:</p> <p>С гидроксидом натрия:</p> $\text{Al}^{3+} + 3(\text{OH})^- = \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow$ <p>С раствором аммиака:</p> $\text{Al}^{3+} + 3\text{NH}_4(\text{OH})^- = \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3(\text{NH}_4)^+$ <p>или возможна запись: $\text{Al}^{3+} + 3\text{NH}_3 \times \text{H}_2\text{O} = \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3(\text{NH}_4)^+$</p> <p>При добавлении избытка NaOH и раствора NH₃ наблюдаются различия. Гидроксид натрия растворяет образовавшийся осадок, а раствор аммиака – нет (возможна запись любого из трех уравнений):</p> $\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3(\text{OH})^- + 2\text{H}_2\text{O} = [\text{Al}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_2]^-$ <p>(в избытке разбавленного гидроксида натрия) или</p> $\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3(\text{OH})^- = [\text{Al}(\text{OH})_6]^{3-}$ <p>в избытке концентрированного гидроксида натрия) или</p> $\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3(\text{OH})^- = [\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ <p>(школьная запись реакции не отражает действительность)</p>	2 балла
Опыт 3	<p>Запись уравнения реакции в любом виде (молекулярном, ионном, сокращенном ионном):</p> $2\text{Fe}^{3+} + 6\text{Cl}^- + 6\text{Na}^+ + 3(\text{CO}_3)^{2-} + 3\text{HNO}_3 = 6\text{Na}^+ + 6\text{Cl}^- + 2\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{CO}_2\uparrow$ <p>Описание происходящего</p>	2 балла
Итого (максимум):		15 баллов