

Комитет образования и науки Курской области
Решения заданий для муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников по
химии в 2017/2018 учебном году

10 класс

Задание 10-1. (8 баллов)

Вычислите относительную плотность по азоту смеси газов, состоящей из бутана и углекислого газа, если в этой смеси на три атома углерода приходится один атом кислорода.

Решение.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
1. Пусть смесь содержит один моль атомов кислорода $n(\text{O}) = 1$ моль, тогда $n(\text{C}) = 3$ моль.	1
2. Вычислим количество вещества углекислого газа и количество вещества углерода в углекислом газе: $n(\text{CO}_2) = n(\text{O}) / 2 = 1 \text{ моль} / 2 = 0,5 \text{ моль}$ $n_1(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = 0,5 \text{ моль}$	2
3. Вычислим количество вещества углерода в бутане и количество вещества бутана: $n_2(\text{C}) = 3 \text{ моль} - 0,5 \text{ моль} = 2,5 \text{ моль}$ $n(\text{C}_4\text{H}_{10}) = n_2(\text{C}) / 4 = 2,5 \text{ моль} / 4 = 0,625 \text{ моль}$	2
4. Вычислим среднюю молярную массу смеси бутана и углекислого газа: $M(\text{ср.}) = \frac{0,625 \text{ моль} \times 58 \text{ г/моль} + 0,5 \text{ моль} \times 44 \text{ г/моль}}{(0,625 + 0,5) \text{ моль}} = 51,78 \text{ г/моль}$	2
5. Вычислим относительную плотность смеси газов по азоту: $D_{\text{N}_2}(\text{смеси газов}) = 51,78 / 28 = 1,85$ Ответ: 1,85	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
Максимальный балл	8

Задание 10-2. (18 баллов)

Рассмотрите цепочку превращений:

1. $\text{A} = \text{B} + \text{B}$
2. $\text{B} + \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} = \text{Г}$
3. $\text{Г} + \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} = \text{Д} + \text{A}$
4. $\text{Б} + \text{TiCl}_4 = \text{A} + \text{E}$
5. $\text{Б} + \text{C}_4\text{H}_8\text{Cl}_2 = \text{A} + \text{Ж}$
6. $\text{Б} + \text{N}_2\text{O}_4 = \text{И} + \text{NO}$

Расшифруйте вещества **A – И**, если известно, что вещество **A** придает горький вкус морской воде, **Б**, **В** и **Е** являются простыми веществами, реакции 1 и 4 проходят при высокой температуре, реакция 1 идет под действием электрического тока, реакцию 2 проводят в диэтиловом эфире.

- 1) Напишите уравнения реакций 1 – 6.
- 2) Что может представлять собой вещество **Ж** и назовите его.

Решение.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
1. Горький вкус морской воде придают соединения магния. Поскольку при электролизе расплава вещества A получают два простых вещества, то очевидно, что это галогенид магния, а именно его хлорид, как это следует из реакции 4. При взаимодействии с хлорэтаном идет реакция присоединения. Поскольку галогены с предельными углеводородами	8

<p>могут вступать в реакции замещения, то Б – это магний. Поскольку в реакции образуется только одно вещество, то вещество Г – продукт присоединения магния, магний-органическое вещество, реактив Гриньяра.</p> <p>А – $MgCl_2$ Б – Mg В – Cl_2 Г – C_2H_5MgCl Д – C_4H_{10} Е – Ti Ж – C_4H_8 И – $Mg(NO_3)_2$</p>	
<p>2. $MgCl_2 = Mg + Cl_2$ $Mg + C_2H_5Cl = C_2H_5MgCl$ $C_2H_5MgCl + C_2H_5Cl = C_4H_{10} + MgCl_2$ $2Mg + TiCl_2 = 2 MgCl_2 + Ti$ $C_4H_8Cl_2 + Mg = C_4H_8 + MgCl_2$ $Mg + 2N_2O_4 = Mg(NO_3)_2 + 2NO$</p>	6
<p>3. В зависимости от взаимного расположения атомов хлора в молекуле $C_4H_8Cl_2$ могут получаться различные продукты. В случае, если атомы хлора расположены у одного атома углерода, может в заметных количествах образовываться октен. Если атомы хлора расположены у двух соседних атомов углерода, получают непредельные углеводороды $CH_2=CH-CH_2-CH_3$ (бутен-1) или $CH_3-CH=CH-CH_3$ (бутен-2). Когда атомы хлора находятся через два атома углерода, могут получаться циклические углеводороды (циклобутан) в незначительных количествах.</p>	4
Все элементы ответа записаны неверно	0
Максимальный балл	18

Задание 10-3. (24 балла)

Электролизу подвергли 5,1%-ный раствор нитрата серебра массой 1000 г. При этом на катоде выделилось 10,8 г вещества. Затем в электролизер добавили 500 г 13,5%-ного раствора хлорида меди (II) и раствор снова подвергли электролизу до выделения на аноде 8,96 л (н.у.) газа. Каковы массовые доли веществ в конечном растворе?

Решение.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>1. Составим уравнение электролиза раствора нитрата серебра: $4AgNO_3 + 2H_2O = 4Ag + O_2\uparrow + 4HNO_3$</p>	1
<p>2. Рассчитаем количество вещества $AgNO_3$ в исходном растворе (n_0), подвергшегося электролизу (n_1) и оставшегося в растворе (n_2): $n_0(AgNO_3) = \frac{1000 \cdot 0,051}{170} = 0,3$ моль $n_1(AgNO_3) = n(Ag) = \frac{10,8}{108} = 0,1$ моль $n_2(AgNO_3) = 0,3 - 0,1 = 0,2$ моль</p>	3
<p>3. Оставшийся $AgNO_3$ реагирует с добавленным хлоридом меди (II): $2AgNO_3 + CuCl_2 = 2AgCl\downarrow + Cu(NO_3)_2$</p>	1
<p>4. Рассчитаем количество вещества $CuCl_2$, которое было добавлено к раствору $AgNO_3$ (n_0), прореагировало с $AgNO_3$ (n_1), осталось в растворе после реакции (n_2): $n_0(CuCl_2) = \frac{500 \cdot 0,135}{135} = 0,5$ моль $n_1(CuCl_2) = 0,5n(AgNO_3) = 0,5 \cdot 0,2 = 0,1$ моль $n_2(CuCl_2) = 0,5 - 0,1 = 0,4$ моль</p>	3

5. Составим уравнение электролиза раствора CuCl_2 : $\text{CuCl}_2 = \text{Cu} + \text{Cl}_2\uparrow$	1
6. Предположим, что при электролизе разложился весь оставшийся хлорид меди (II), т.е 0,4 моль. При этом образуется 0,4 моль хлора. Определим объем газа: $V(\text{Cl}_2) = 0,4 \cdot 22,4 = 8,96$ моль Это соответствует условию задачи, следовательно другие электролитические процессы (электролиз $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, воды) не происходили.	3
7. Определяем количество вещества и массы веществ, находящихся в растворе после второго электролиза: $n(\text{HNO}_3) = n_1(\text{AgNO}_3) = 0,1$ моль $m(\text{HNO}_3) = 0,1 \cdot 63 = 6,3$ г $n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,5n_2(\text{AgNO}_3) = 0,1$ моль $m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,1 \cdot 188 = 18,8$ г	4
8. Рассчитываем массу раствора и массовые доли веществ в нем: $m(\text{раствора}) = m(\text{раствора AgNO}_3) + m(\text{раствора CuCl}_2) - m(\text{Ag}) - m(\text{Cu}) - m(\text{Cl}_2) - m(\text{AgCl}) - m(\text{O}_2)$ $m(\text{Ag}) = 0,1 \cdot 108 = 10,8$ г $m(\text{O}_2) = 0,025 \cdot 32 = 0,8$ г $m(\text{Cu}) = 0,4 \cdot 64 = 25,6$ г $m(\text{Cl}_2) = 0,4 \cdot 71 = 28,4$ г $m(\text{AgCl}) = 0,2 \cdot 143,5 = 28,7$ г $m(\text{раствора}) = 1000 + 500 - 10,8 - 0,8 - 25,6 - 28,4 - 28,7 = 1405,7$ г $\omega(\text{HNO}_3) = \frac{6,3 \cdot 100\%}{1405,7} = 0,45\%$ $\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = \frac{18,8 \cdot 100\%}{1405,7} = 1,34\%$ Ответ: $\omega(\text{HNO}_3) = 0,45\%$; $\omega(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 1,34\%$	8
Все элементы ответа записаны неверно	0
Максимальный балл	24

Задание 10-4. (9 баллов)

Смесь оксидов одного и того же металла М обработали избытком разбавленной серной кислоты. При этом образовался раствор голубого цвета и осадок красного цвета массой 0,318 г. Осадок отделили, раствор нейтрализовали, нагрели до 60°C и подействовали на него избытком раствора гидрокарбоната натрия, в результате чего выпал осадок светло-зеленого цвета, а также выделился газ объемом 1,01 л (н.у.). В последнем осадке массовые доли элементов составляют С – 5,43%, О – 36,2%, Н – 0,914%, остальное – металл М.

1. Назовите оксиды металла, использованные в эксперименте, укажите их формулы.
2. Установите эмпирическую формулу светло-зеленого осадка, напишите его молекулярную формулу, назовите его. Назовите природный минерал аналогичного состава.
3. Запишите уравнения реакций, описанных в задаче.

Решение.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
1. По цвету раствора, образовавшегося при растворении оксидов в серной кислоте, можно сделать вывод о том, что неизвестный металл М – медь, и для эксперимента была взята смесь ее оксидов: оксид меди (I) CuO и оксид меди (II) Cu_2O .	2
2. Массовая доля меди в светло-зеленом осадке составляет: $\omega(\text{Cu}) = 100 - \omega(\text{C}) - \omega(\text{O}) - \omega(\text{H}) = 100 - 5,43 - 36,2 - 0,914 = 57,46\%$. Тогда соотношение между элементами в осадке $\text{Cu}_a\text{C}_b\text{O}_c\text{H}_d$ равно: $a : b : c : d = (57,46/64) : (5,43/12) : (36,2/16) : (0,914/1) =$	4

$= 0,9 : 0,45 : 2,26 : 0,9 = 2 : 1 : 5 : 2.$ Эмпирическая формула осадка – $\text{Cu}_2\text{CO}_3\text{H}_2$. Отсюда можно предположить молекулярную формулу осадка $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ – дигидроксид-карбонат димеди (ее также можно записать как $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ или $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$). Такому составу соответствует минерал малахит.	
3. Уравнения реакций: $\text{CuO} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O},$ $\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{разб.}) = \text{CuSO}_4 + \text{Cu}\downarrow + \text{H}_2\text{O},$ $2\text{CuSO}_4 + 4\text{NaHCO}_3 = \text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{Na}_2\text{SO}_4 + 3\text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}.$	3
Все элементы ответа записаны неверно	0
Максимальный балл	9

Задание 10-5. (7 баллов)

При сжигании 3,28 г смеси этана, этена и этина образовалось 5,376 л углекислого газа (н.у.). Определите массу полученной при этом воды.

Решение.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
1. Рассчитываем количество вещества углекислого газа и углерода: $n(\text{CO}_2) = 5,376/22,4 = 0,24$ моль $n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = 0,24$ моль	2
2. Определяем массы углерода и водорода в смеси: $m(\text{C}) = 0,24 \cdot 12 = 2,88$ г $m(\text{H}) = 3,28 - 2,88 = 0,4$ г	2
3. Находим количество вещества водорода в смеси и массу воды: $n(\text{H}) = 0,4/1 = 0,4$ моль $n(\text{H}_2\text{O}) = 0,5n(\text{H}) = 0,2$ моль $m(\text{H}_2\text{O}) = 0,2 \cdot 18 = 3,6$ г Ответ: 3,6 г.	3
Все элементы ответа записаны неверно	0
Максимальный балл	7

Задание 10-6. (8 баллов)

При сгорании 6 г этана выделилось 312 кДж. При сгорании 34,4 г смеси пентана и гептана выделилось 1680 кДж. Каково молярное соотношение пентана и гептана в смеси, если известно, что в гомологическом ряду алканов энтальпия сгорания увеличивается на 660 кДж на каждый моль CH_2 – групп?

Решение.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
1. Определяем энтальпию сгорания этана по термохимическому уравнению: $\text{C}_2\text{H}_6(\text{г}) + 7/2\text{O}_2(\text{г}) = 2\text{CO}_2(\text{г}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{ж}) + Q$ При сгорании 6 г этана выделяется 312 кДж, следовательно, при сгорании 30 г этана выделится 1560 кДж.	2
2. Рассчитываем энтальпию сгорания пентана и гептана, учитывая, что на один моль CH_2 – групп энтальпия сгорания увеличивается на 660 кДж: $\Delta H_{\text{сгор}}^0(\text{C}_5\text{H}_{12}) = 1560 + 660 \cdot 3 = 3540$ кДж/моль $\Delta H_{\text{сгор}}^0(\text{C}_7\text{H}_{16}) = 1560 + 660 \cdot 5 = 4860$ кДж/моль	2
3. Найдем количество вещества каждого газа в смеси. Пусть $n(\text{C}_5\text{H}_{12}) = x$ моль, а $n(\text{C}_7\text{H}_{16}) = y$ моль, тогда составим систему уравнений:	3

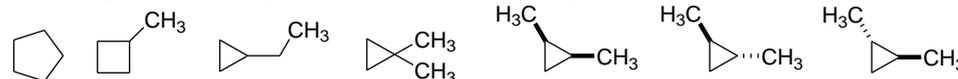
$72x + 100y = 34,4$ $3540x + 4860y = 1680$ $x = 0,2$ моль, $y = 0,2$ моль	
4. Находим молярное соотношение газов в смеси: $n(C_5H_{12}) : n(C_7H_{16}) = 0,2 : 0,2 = 1 : 1$ Ответ: 1 : 1	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
Максимальный балл	8

Задание 10-7. (15 баллов)

Некоторое количество смеси изомерных углеводородов А и В поместили в вакуумированный автоклав объемом 10 л, после чего под давлением добавили 10-кратное (по молям) количество кислорода. Реакционную смесь нагрели до 350 °С. При этом давление в автоклаве оказалось равным 568,48 кПа. Через автоклав пропустили электрическую искру. После того, как углеводороды полностью сгорели, снова измерили давление при той же температуре. Оно оказалось равным 647,14 кПа. Полученную газовую смесь пропустили через раствор известковой воды; образовалось 50,0 г осадка.

1. Определите молекулярную формулу углеводородов А и В. Ответ подтвердите расчетами.
2. Укажите число возможных изомерных углеводородов, отвечающих данной формуле и не обесцвечивающих водный раствор перманганата калия.

Решение.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
1. Определим количество вещества в автоклаве до реакции, используя уравнение Менделеева–Клапейрона, $pV = nRT$. $569,48 \cdot 10 = n \cdot 8,31 \cdot 623$. Отсюда $n = 1,1$ моль, в том числе 1 моль O_2 и 0,1 моля смеси углеводородов. После реакции в автоклаве находилось 1,25 моля смеси газов (при 350 °С). Уравнение горения углеводородов в общем виде: $4C_xH_y + (4x + y)O_2 = 4xCO_2 + 2yH_2O$ То есть после реакции в смеси будет 0,1 x моля CO_2 , 0,05 y моля H_2O и $\{1 - (0,1x + 0,025y)\}$ моля O_2 , т. е. $1 + 0,25y = 1,25$. Следовательно, $y = 10$. При пропускании смеси образовавшихся газов через известковую воду выпадает осадок $CaCO_3$. $M_{CaCO_3} = 100$. Следовательно, количество осадка (а значит, и количество CO_2) равно 0,5 моля. Тогда $x = 5$. Молекулярная формула изомерных углеводородов А и В – C_5H_{10} .	8 <i>(по 2 баллу за расчеты количества молей до и после реакции, по 2 балла за определение x и y).</i>
2. Соединения, имеющие формулу C_5H_{10} и не обесцвечивающие раствор перманганата калия – циклоалканы. Существует 7 изомерных углеводородов, содержащих 5 атомов углерода и один цикл:  Последние две структуры являются зеркальными изомерами (энантиомерами).	7 <i>По 1 баллу за каждый изомер</i>
Максимальный балл	15

Литература:

1. Литвинова Т.Н. Химия для поступающих в вузы/Т.Н.Литвинова и др.- М.:ООО «Изд-во Оникс»:ООО «Изд-во «Мир и образование», 2009.-832с.
2. Свитанько И. В., Кисин В. В., Чуранов С. С. Стандартные алгоритмы решения нестандартных химических задач. – М., Химический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, 2012. - 253с.
3. Олимпиадные задания по химии/ Сост.: Глазкова О.В., Лазарева О.П.; МО РМ, МРИО.- Саранск, 2005. – 43 с.
4. Химия: сборник олимпиадных задач. Школьный, муниципальный, региональный этапы. 9-11 классы: учебно-методическое пособие/ Под ред. В.Н. Доронькина.-Изд. 4-е.- Ростов н/Д: Легион, 2013.-280 с.
5. Всероссийская олимпиада школьников по химии [Электронный ресурс]
http://vos.olimpiada.ru/upload/files/Arhive_tasks/2011-2012/region_tasks/new-cut/chem/tasks-chem-10-teor-2011-2.pdf