

VI олимпиада по химии «Юные таланты»

I этап

Итоговый тур.

Методические рекомендации по оцениванию заданий.

Приведено по одному из возможных вариантов решений заданий. Допускаются другие варианты, не искажающие смысла задачи. Можно оценивать задания баллами, округленными до десятых (предложенную разбалловку делить на части).

Методическая комиссия будет благодарна за вопросы, замечания и предложения по оцениванию заданий. Просим направлять их нам по e-mail или контактными телефонами.

Задания для 9 класса

Каждое из заданий оценивается в 10 баллов.

Задача № 9-1

Количество газа $n=11,2/22,4=0,5$ моль. Число молекул $N=0,5 \times 6,02 \times 10^{23}$

Число электронов в одной молекуле $7,224 \cdot 10^{24} / (0,5 \times 6,02 \times 10^{23}) = 24$.

Газ не одноатомный, т.к. элемент №24 – хром.

Газ не может быть двухатомным, так как тогда в каждом атоме должно быть $24/2=12$ протонов, что соответствует магнию.

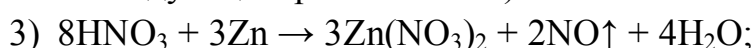
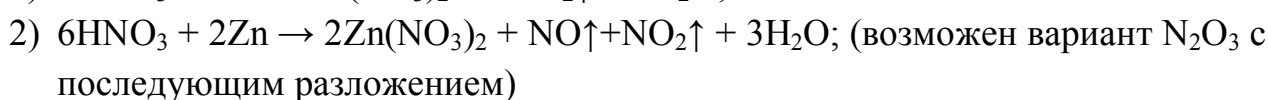
В предположении, что газ трехатомный, число протонов в каждом атоме $24/3=8$, т.е. образован элементом №8 – О. Следовательно газ – O₃, озон.

Допускаются иные варианты решения, приводящие к такому же результату.

Разбалловка

Расчет количества газа и числа электронов в одной молекуле	2 б.
<u>Обоснованный</u> вывод, что искомый элемент – кислород, а газ – O ₃	5 б.
Название газа	1 б.
Уравнение образования озона из кислорода	1 б.
Указание условий (электрический разряд)	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача № 9-2



- 4) $10\text{HNO}_3 + 4\text{Zn} \rightarrow 4\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2\text{O}\uparrow + 5\text{H}_2\text{O}$;
 5) $12\text{HNO}_3 + 5\text{Zn} \rightarrow 5\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2\uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$;
 6) $8\text{HNO}_3 + 3\text{Zn} \rightarrow 3\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_3(\text{OH})\text{NO}_3$ (нитрат гидроксиламиния) + $2\text{H}_2\text{O}$;
 7) $18\text{HNO}_3 + 7\text{Zn} \rightarrow 7\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2\text{H}_6(\text{NO}_3)_2$ (нитрат гидразиния) + $6\text{H}_2\text{O}$;
 8) $10\text{HNO}_3 + 4\text{Zn} \rightarrow 4\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$.

Разбалловка

Уравнения 1), 2), 3), 4), 5), 8)	6*1 б. = 6 б.
Уравнения 6), 7)	2*2 б. = 4 б.
ИТОГО	10 б.

Задача № 9-3

- (1) $\text{MnSO}_4 + 2\text{KOH} = \text{Mn}(\text{OH})_2\downarrow + \text{K}_2\text{SO}_4$
 (2) $2\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Mn}(\text{OH})_4$
 (3) $\text{Mn}(\text{OH})_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Mn}(\text{SO}_4)_2 + 4\text{H}_2\text{O}$
 (4) $\text{Mn}(\text{SO}_4)_2 + 2\text{KI} = \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{I}_2$
 (5) $\text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 2\text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$

Зная среднюю молярную массу воздуха, мы можем определить объем воздуха, который растворится при 30 °С:

$$pV = nRT, \text{ откуда } V = \frac{nRT}{pM} = \frac{0,0226 * 8,314 * 303}{101325 * 29} = 1,94 * 10^{-5} \text{ м}^3$$

Соответственно в 1 литре воды растворяется 19,4 мл воздуха. Найдем объем растворенного кислорода: $V(\text{O}_2) = 19,4 * 0,2 = 3,88$ мл.

Теперь найдем массу кислорода, соответствующую этому объему:

$$m(\text{O}_2) = \frac{pVM}{RT} = \frac{101325 * 3,88 * 10^{-6} * 32}{8,314 * 303} = 0,00499 \text{ г}$$

Таким образом, растворимость кислорода составляет 4,99 мг/л (для удобства в дальнейших расчетах примем эту величину за 5 мг/л)

Соответственно в 250 мл воды содержится $5/4 = 1,25$ мг кислорода.

$$n(\text{O}_2) = 1,25 * 10^{-3} / 32 = 4 * 10^{-5} \text{ моль}$$

Согласно уравнению реакции (2): $n[\text{Mn}(\text{OH})_4] = 2 * n(\text{O}_2) = 8 * 10^{-5}$ моль

Согласно уравнениям (3) и (4): $n(\text{KI}) = 2 * n[\text{Mn}(\text{SO}_4)_2] = 2 * n[\text{Mn}(\text{OH})_4] = 1,6 * 10^{-4}$ моль

$$m(\text{KI}) = 1,6 * 10^{-4} * 166 = 0,027 \text{ г}$$

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{KI}) / w(\text{KI}) = 0,027 / 0,15 = 0,18 \text{ г}$$

Для полного восстановления Mn (IV) требуется 0,18 г раствора KI. Плотность раствора KI больше плотности воды, следовательно, объем занимаемый 0,18 г раствора будет меньше 0,18 мл. При проведении анализа всегда необходим некий избыток реагента, поэтому если взять 0,2 мл раствора KI, то его масса будет больше 0,2 грамм.

Для определения кислорода в представленном образце потребуется 0,2 мл 15% раствора KI

Разбалловка

Написание уравнений реакций	5*0,5 б.=2,5 б.
Определение растворимости кислорода в воде при 30°C	4 б.
Нахождение массы раствора KI	3 б.
Объяснение перехода от массы раствора к объему	0,5 б.
ИТОГО	10 б.

Задача № 9-4

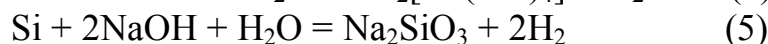
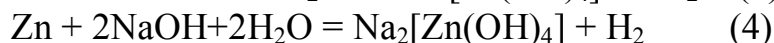
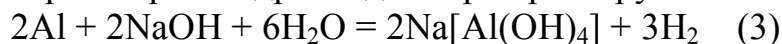
Из компонентов сплава с соляной кислотой реагируют алюминий и цинк:



Количество водорода, выделившегося при обработке 1 г сплава равно:

$$n_1(\text{H}_2) = V(\text{H}_2)/V_m = 0,843/22,4 = 0,0376 \text{ моль.}$$

С раствором гидроксида натрия реагируют алюминий, цинк и кремний:



Полученное при этом количество водорода в расчете на 1 г сплава составляет:

$$n_2(\text{H}_2) = 2 \cdot 0,517/22,4 = 0,0462 \text{ моль.}$$

Стехиометрические количества водорода, получаемые при химическом растворении алюминия в кислоте и щелочи, одинаковы. Равны также количества водорода, получаемые при реакции цинка с кислотой и щелочью. Следовательно, количество водорода, выделяющееся при взаимодействии кремния со щелочью, находим из разности:

$$\Delta n(\text{H}_2) = 0,0462 - 0,0376 = 0,0086 \text{ моль.}$$

Согласно уравнению взаимодействия кремния с гидроксидом натрия это количество водорода соответствует количеству кремния, равному:

$$n(\text{Si}) = 0,0086/2 = 0,0043 \text{ моль.}$$

Отсюда вычисляем массу и массовую долю кремния в сплаве:

$$m(\text{Si}) = n(\text{Si}) \cdot M(\text{Si}) = 0,0043 \cdot 28 = 0,1204 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Si}) = m(\text{Si}) \cdot 100 / m(\text{сплава}) = 0,1204 \cdot 100 / 1 = 12,04 \%$$

Нерастворимый остаток после обработки сплава кислотой содержит кремний и медь. Масса кремния в образце известна, следовательно, содержание меди в сплаве равно:

$$m(\text{Si} + \text{Cu}) = 0,17 \text{ г}; m(\text{Cu}) = 0,17 - 0,1204 = 0,0496 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Cu}) = m(\text{Cu}) \cdot 100 / m(\text{сплава}) = 0,0496 \cdot 100 / 1 = 4,96 \%$$

Разность масс образца сплава и остатка при обработке кислотой равна массе прореагировавших алюминия и цинка:

$$m(\text{Al} + \text{Zn}) = 1 - 0,17 = 0,83 \text{ г.}$$

Обозначим массу алюминия через X г, тогда масса цинка будет равна (0,83 - X) г. Исходя из стехиометрии уравнений реакций взаимодействия алюминия и цинка с

кислотой, выразим количества вещества водорода, соответствующие израсходованным металлам:

$$n(\text{H}_2) = 3X/(2 \cdot M(\text{Al})) = 3X/(2 \cdot 27) = 3X/54 \text{ моль};$$

$$n(\text{H}_2) = (0,83 - X)/M(\text{Zn}) = (0,83 - X)/65,4 \text{ моль}.$$

Суммарное количество водорода, полученное при взаимодействии сплава с кислотой, равно:

$$3X/54 + (0,83 - X)/65,5 = 0,0376 \rightarrow X = 0,6186 \text{ г}.$$

Таким образом, в 1 г сплава содержится:

$$m(\text{Al}) = 0,6186 \text{ г}; m(\text{Zn}) = 0,2114 \text{ г}.$$

Массовые доли алюминия и цинка в сплаве составляют:

$$\omega(\text{Al}) = 0,6186 \cdot 100/1 = 61,86\%.$$

$$\omega(\text{Zn}) = 0,2114 \cdot 100/1 = 21,14\%.$$

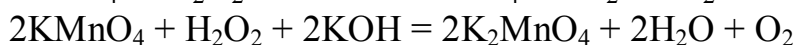
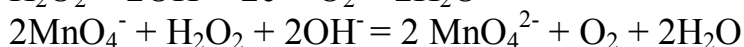
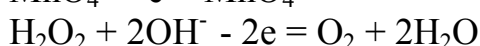
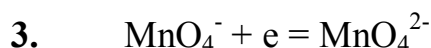
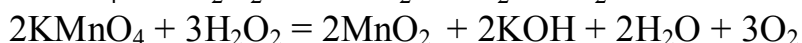
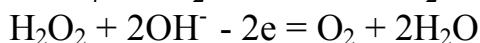
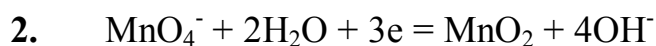
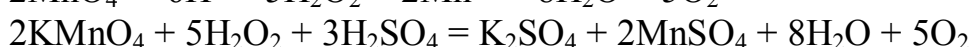
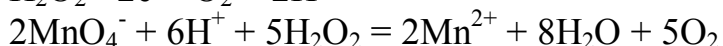
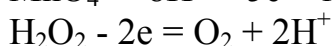
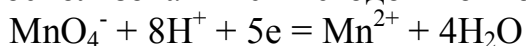
Ответ: $\omega(\text{Al}) = 61,86\%$, $\omega(\text{Si}) = 12,04\%$, $\omega(\text{Cu}) = 4,96\%$, $\omega(\text{Zn}) = 21,14\%$.

Разбалловка:

Уравнения реакций 1 – 5 по 1 баллу	5 · 1 = 5 баллов
Массовые проценты компонентов сплава по 1 баллу	4 · 1 = 4 балла
Расчет количества водорода, выделяющегося при взаимодействии кремния со щелочью	1 балл
Итого	10 баллов

Задача № 9-5

1. Несмотря на наличие материального баланса во всех трех уравнениях, правильно описывает реакцию только уравнение в). Правильный вариант в) можно получить, воспользовавшись методом ионно-электронного баланса.



За уравнивание реакций методом электронного баланса баллы рекомендуется не снижать.

Разбалловка

Уравнивание реакции 1 и вывод о правильном уравнении	2 б.
Определение продуктов реакций 2 и 3	2*2 б.=4 б.
Уравнивание реакций 2 и 3	2*1.5 б.=3 б.
Указаны любые побочные процессы, например разложение H ₂ O ₂	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задания для 10 класса

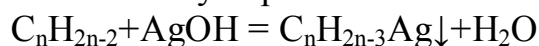
Каждое из заданий оценивается в 10 баллов.

Задача № 10-1

Пусть x – количество алкена в смеси (моль), y – количество алкина в смеси (моль)

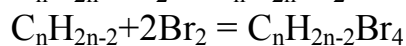
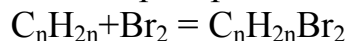
Тогда: $x/14n+y/(14n-2)=15,5$, где n – число атомов углерода в молекуле углеводородов.

Образование осадка с аммиачным раствором серебра характерно для алкинов с тройной связью у первого атома:



$$n(C_nH_{2n-2}) = n(C_nH_{2n-3}Ag) \text{ или } y = \frac{16,1}{14n+105}$$

Рассмотрим реакции с бромом:

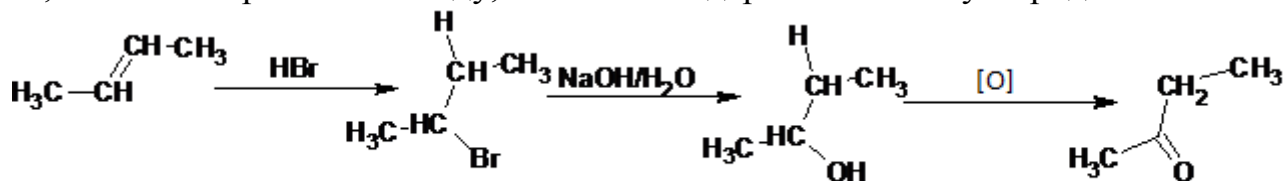


$$n(Br_2) = n(C_nH_{2n}) + 2n(C_nH_{2n-2}) \text{ или } x + 2y = 60,85/160 = 0,38$$

получаем систему из трех уравнений:

$$\begin{cases} 14nx + (14n-2)y = 15,5 \\ x + 2y = 0,38 \end{cases} \quad y = \frac{16,1}{14n + 105}$$

Если проследить превращения, использованные для определения строения алкена, то можно прийти к выводу, что алкен содержит 4 атома углерода:



Таким образом алкен – это бутен-1 или бутен-2

Перепишем систему уравнений с учетом $n=4$:

$$\begin{cases} 56x + 54y = 15,5 \\ y = 0,1 \end{cases}$$

$$x+2y = 0,38$$

Решая полученную систему находим: $y = 0,1$; $x = 0,18$

Находим массу компонентов: $m(\text{C}_4\text{H}_8)=0,18*56=10,1 \text{ г}$

$$m(\text{C}_4\text{H}_6)=0,1*54=5,4 \text{ г}$$

Находим массовые доли: $w(\text{C}_4\text{H}_8)=10,1/15,5=0,6516 (65,16\%)$

$$w(\text{C}_4\text{H}_6)=5,4/15,5=0,3484 (34,84\%).$$

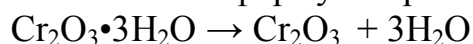
Осталось определить строение алкина: так как алкин реагирует с аммиачным раствором серебра, следовательно тройная связь находится у первого атома углерода. Соответственно существует единственный вариант данного алкина – бутин-1: $\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

Разбалловка

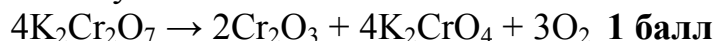
Определение количества атомов в молекуле алкена и алкина	2 б.
Определение массовой доли алкена и алкина	4 б.
Установление строения алкена	2 б.
Установление строения алкина	2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача № 10-2

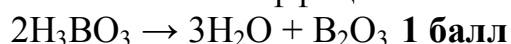
1. Написание формулы тригидрата и уравнения дегидратации - **1 балл**



2. Получение пигмента 1:



Расстановка коэффициентов методом электронного баланса – **1 балл**



При выщелачивании в воде растворится хромат калия. Оксид бора останется, он и есть «дополнительное» вещество - **1 балл**.

Подтвержденный расчетом по уравнениям ответ 7,5% оксида бора при заданном соотношении - **2 балла**.

(Если учащийся указывает, что точный расчет невозможен из-за некоторой растворимости B_2O_3 , добавлять те же баллы, что и за расчет.)

3. Получение пигмента 2:



Расстановка коэффициентов методом электронного баланса – **1 балл**

4. **По 0,5 балла** – за каждый полный ответ о других минеральных красках.

Задача № 10-3

При решении задачи следует воспользоваться формулой $\rho = \frac{1.66 \cdot M \cdot Z}{V}$, где ρ – плотность кристаллического вещества, г/см³; M – молярная масса вещества, г/моль; Z – число формульных единиц (или число «квазимолекул»), содержащихся в одной элементарной ячейке; V – объем элементарной ячейки, Å³. Данное соотношение легко получить из следующих соображений. Рассмотрим кристалл некоторого вещества с молярной массой M г/моль и плотностью ρ г/см³. Объем одного моля вещества равен M/ρ см³, а объем одной формульной единицы равен $\frac{M}{\rho \cdot N_A}$ см³. Учитывая, что в одной элементарной ячейке содержится Z формульных единиц вещества, объем элементарной ячейки составит $V = \frac{M \cdot Z}{\rho \cdot N_A}$ см³. Принимая во внимание значение постоянной Авогадро и соотношение между сантиметром и ангстремом (1 см = 10⁸ Å), получим окончательное выражение $\rho = \frac{1.66 \cdot M \cdot Z}{V}$. Следует помнить, что в последней формуле объем элементарной ячейки выражен в кубических ангстремах, а плотность вещества – в г/см³.

Число формульных единиц (или число атомов натрия), принадлежащих одной ячейке, определяем исходя из того, что атом, находящийся в вершине ячейки принадлежит ей на 1/8 (т.к. является общим для 8 ячеек), а атом, лежащий внутри ячейки – на 1. $Z = 8 \cdot 1/8 + 1 = 2$. Объем элементарной ячейки равен $V = \frac{1.66 \cdot M \cdot Z}{\rho} = \frac{1.66 \cdot 22.99 \cdot 2}{0.968} = 78.85$ Å³. Параметр a элементарной ячейки $a = \sqrt[3]{V} = 4.288$ Å.

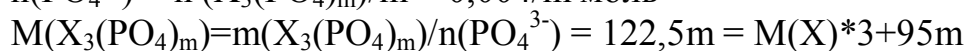
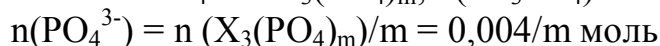
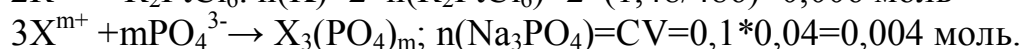
Кратчайшее расстояние $r(\text{Na-Na})$ равно половине телесной диагонали ячейки $\frac{a\sqrt{3}}{2}$. Атомный радиус – половина кратчайшего межатомного расстояния в структуре простого вещества, $R(\text{Na}) = \frac{a\sqrt{3}}{4} = 1.857$ Å.

Разбалловка

Определение Z	2 б.
Вывод формулы	4 б.
Расчет атомного радиуса	4 б.
ИТОГО	10 б.

Задача № 10-4

Начнем с определения соотношения $K:X$



Откуда: $27,5m = 3M(X)$ или $M(X) = 9,167m$, где m – заряд катиона

При $m=1$, $M(X)=9,167$ это бериллий, но одновалентным катионом он быть не может

При $m=2$, $M(X)=18,33$, такого элемента нет

При $m=3$, $M(X)=27,5$, это алюминий.

Следовательно искомый металл – алюминий, соль $Al(OH)_3$

$n(Al)=n(PO_4^{3-})=0,004$ моль

$n(K):n(Al)=0,006*2:0,004=3:1$ (количество калия увеличили в два раза, так как объем использованного раствора в два раза меньше чем для определения алюминия).

Единственным соединением калия в котором растворяется гидроксид алюминия является КОН. Проверим предположение.

При взаимодействии хлорида алюминия с раствором КОН происходит образование комплексных гидроксокомплексов алюминия: $K_x[Al(OH)_y]$.

Соотношение $K:Al = 1:3$ говорит о том, что комплексный анион $[Al(OH)_y]^{x-}$ имеет заряд минус 3. Исходя из этого, приходим к конечной формуле комплекса:

$K_3[Al(OH)_6]$ – гексагидроксоалюминат калия

Помимо данного комплексного соединения в растворе могут находиться и другие комплексы алюминия: $K[Al(OH)_4]$ или $K[Al(OH)_4(H_2O)_2]$

Разбалловка

Определение количества калия	2 б.
Определение неизвестного металла	3 б.
Определение количества алюминия	2 б.
Определение состава соединения и его названия	2 б.
Написание других возможных комплексных соединений	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача № 10-5

- (1) $NaHCO_3 + SO_2 = NaHSO_3 + CO_2 \uparrow$
- (2) $NaHSO_3 = H_2O + Na_2S_2O_5$ (при нагревании)
- (3) $2AgNO_3 + Na_2S_2O_5 = Ag_2S_2O_5 \downarrow + 2NaNO_3$
- (4) $2Na_2S_2O_5 + O_2 = 2Na_2SO_4 + 2SO_2 \uparrow$
- (5) $2Na_2S_2O_5 = Na_2SO_3 + SO_2 \uparrow$ (при нагревании)
- (6) $2Na_2S_2O_5 + S = 2Na_2S_2O_3 + SO_2 \uparrow$

Соль называется – пиросульфит натрия. Ее название происходит от способа получения. Пирос – огонь, дословно можно перевести как нагретый или прокаленный сульфит.

Другими примерами подобных солей являются:

- Пиросульфат калия: $K_2S_2O_7$
- Пирофосфат натрия: $Na_4P_2O_7$

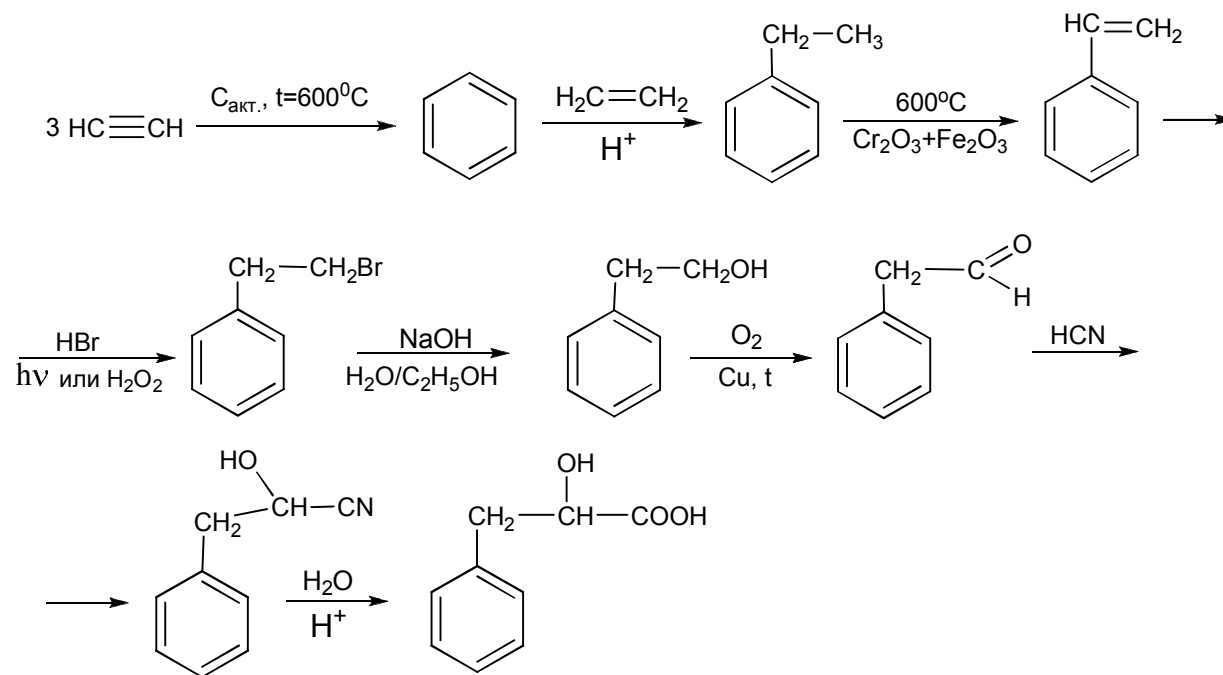
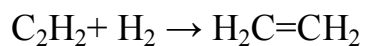
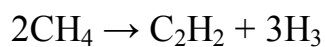
Разбалловка

Написание уравнений реакций	6*1 б.=6 б.
Название соли X	1 б.
Объяснение происхождения названия	1 б.
Примеры подобных солей	2 б.
ИТОГО	10 б.

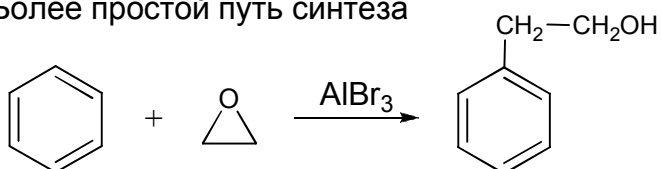
Задания для 11 класса

Каждое из заданий оценивается в 10 баллов.

Задача № 11-1



Более простой путь синтеза

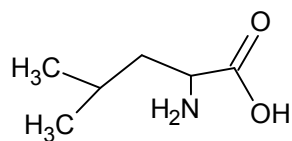


Разбалловка

Написание уравнений с указанием реагентов и условий	1 б.*10 = 10 б.
ИТОГО	10 б.

Возможны другие варианты решения задачи не противоречащие условию.

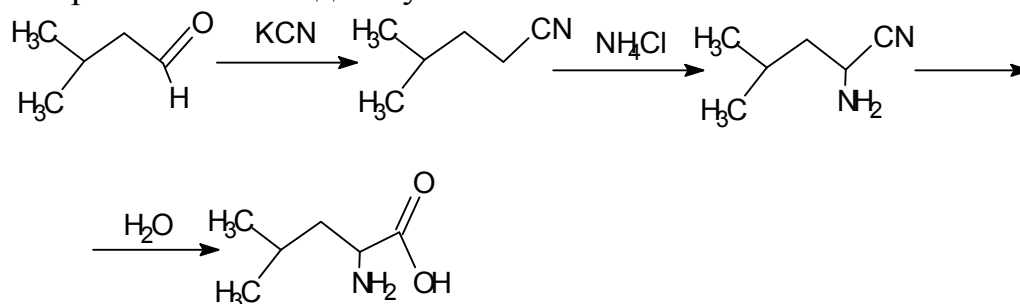
Задача № 11-2



Лейцин (4-метил-2-аминопентановая кислота)

Класс: аминокислоты.

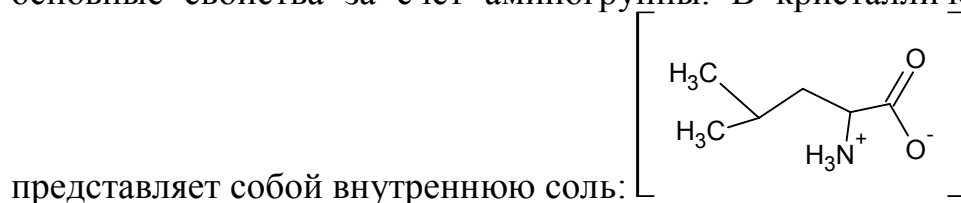
Современный метод получения:



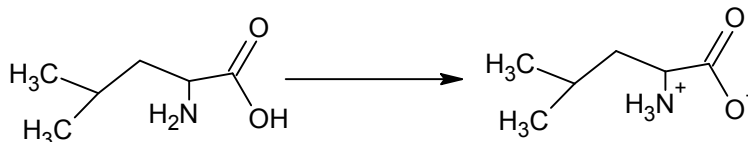
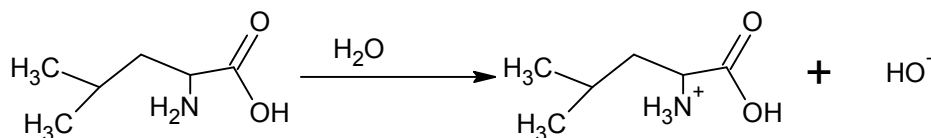
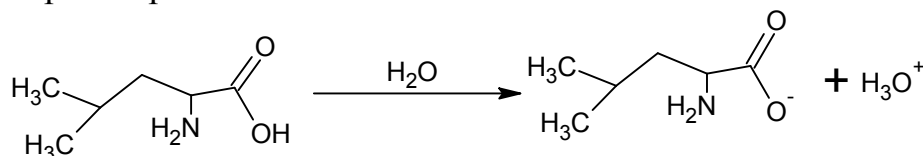
«Окись сыра» полученная способом 1 является левовращающей, т. е. это L-лейцин. Аминокислоты, встречающиеся в природе, всегда относятся к L-ряду.

«Окись сыра» полученная способом 2 является рацемической смесью L- и R-изомеров.

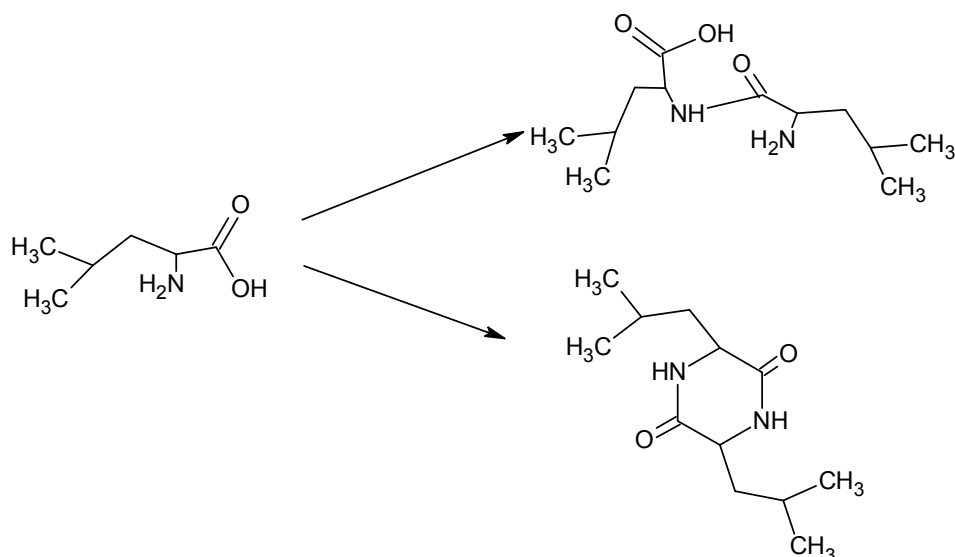
Лейцин проявляет кислотные свойства за счет карбонильной группы и основные свойства за счёт аминогруппы. В кристаллическом состоянии лейцин



В растворе:



При нагревании α-аминокислот происходит их дегидратация:



Разбалловка.

Формула и название	16.
Класс соединения	16.
Современный способ получения	26.
Указание на рацемат и L-изомер	16.
Водные равновесия	1x3=36.
Дегидратация кислоты	1x2=26.
ИТОГО	106.

Задача №11-3

Начнем с определения соотношения К:Х

$$2\text{K}^+ \rightarrow \text{K}_2\text{PtCl}_6. \quad n(\text{K})=2 \cdot n(\text{K}_2\text{PtCl}_6)=2 \cdot (1,48/486)=0,006 \text{ моль}$$

$$3\text{X}^{m+} + m\text{PO}_4^{3-} \rightarrow \text{X}_3(\text{PO}_4)_m; \quad n(\text{Na}_3\text{PO}_4)=\text{CV}=0,1 \cdot 0,04=0,004 \text{ моль.}$$

$$n(\text{PO}_4^{3-}) = n(\text{X}_3(\text{PO}_4)_m)/m = 0,004/m \text{ моль}$$

$$M(\text{X}_3(\text{PO}_4)_m) = m(\text{X}_3(\text{PO}_4)_m)/n(\text{PO}_4^{3-}) = 122,5m = M(\text{X}) \cdot 3 + 95m$$

$$\text{Откуда: } 27,5m = 3M(\text{X}) \text{ или } M(\text{X}) = 9,167m, \text{ где } m - \text{ заряд катиона}$$

При $m=1$, $M(\text{X})=9,167$ это бериллий, но одновалентным катионом он быть не может

При $m=2$, $M(\text{X})=18,33$, такого элемента нет

При $m=3$, $M(\text{X})=27,5$, это алюминий.

Следовательно искомый металл – алюминий, соль $\text{Al}(\text{OH})_3$

$$n(\text{Al})=n(\text{PO}_4^{3-})=0,004 \text{ моль}$$

$n(\text{K}):n(\text{Al})=0,006 \cdot 2 : 0,004 = 3:1$ (количество калия увеличили в два раза, так как объем использованного раствора в два раза меньше чем для определения алюминия).

Единственным соединением калия в котором растворяется гидроксид алюминия является КОН. Проверим предположение.

При взаимодействии хлорида алюминия с раствором КОН происходит образование комплексных гидроксокомплексов алюминия: $\text{K}_x[\text{Al}(\text{OH})_y]$.

Соотношение $K:Al = 1:3$ говорит о том, что комплексный анион $[Al(OH)_y]^{x-}$ имеет заряд минус 3. Исходя из этого, приходим к конечной формуле комплекса:

$K_3[Al(OH)_6]$ – гексагидроксоалюминат калия

Помимо данного комплексного соединения в растворе могут находиться и другие комплексы алюминия: $K[Al(OH)_4]$ или $K[Al(OH)_4(H_2O)_2]$

Разбалловка

Определение количества калия	2 б.
Определение неизвестного металла	3 б.
Определение количества алюминия	2 б.
Определение состава соединения и его названия	2 б.
Написание других возможных комплексных соединений	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача № 11-4

В ОЦК ячейке содержится $n = 2$ атома (атом, находящийся в вершине ячейки принадлежит ей на $1/8$, а атом, лежащий внутри ячейки – на 1). Кратчайшее межатомное расстояние соответствует половине телесной диагонали куба с ребром a , радиус атома (R) - половина кратчайшего расстояния, т.е. $a = \frac{4R}{\sqrt{3}}$. Объем

элементарной ячейки $V = a^3 = \frac{64R^3}{3\sqrt{3}}$. Объем атомов $V_A = n \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{8}{3} \pi R^3$. Коэффициент упаковки $K = \frac{V_A}{V} = 0.68$.

В ГЦК ячейке содержится $n = 4$ атома (атом, находящийся в вершине ячейки принадлежит ей на $1/8$, а атом, лежащий на грани – на $1/2$, $n = (1/8) \cdot 8 + (1/2) \cdot 6 = 4$). Кратчайшее межатомное расстояние соответствует половине диагонали грани куба с ребром a , радиус атома (R) - половина кратчайшего расстояния, т.е. $a = \frac{4R}{\sqrt{2}}$. Объем

элементарной ячейки $V = a^3 = \frac{64R^3}{2\sqrt{2}}$. Объем атомов $V_A = n \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{16}{3} \pi R^3$. Коэффициент упаковки $K = \frac{V_A}{V} = 0.74$.

Повышение давления должно приводить к росту коэффициента упаковки, т.е. фазовому переходу ОЦК→ГЦК (на самом деле это часто не выполняется).

Разбалловка

Определение числа атомов в ячейках	2*1 б. = 2 б.
Расчет коэффициентов упаковки	2*3 б. = 6 б.
Вывод о переходе ОЦК→ГЦК	2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №11-5

1) Реакции, протекающие на электродах



2) Используя законы Фарадея, а также, учитывая длительность периодов с определёнными значениями тока, вычислим количества Sc и Cl₂, образовавшихся за 2 часа 47 мин (или 10020 с):

$$n(\text{Sc}) = (I_1 \cdot \tau_1)/(n_e F) + (I_2 \cdot \tau_2)/(n_e F) + (I_3 \cdot \tau_3)/(n_e F) = (12 \cdot 6000)/(3 \cdot 96485) + (10 \cdot 3600)/(3 \cdot 96485) + (3 \cdot 420)/(3 \cdot 96485) = 0,2487 + 0,1244 + 0,00435 = \mathbf{0,37745 \text{ моль.}}$$

$$n(\text{Cl}_2) = (I_1 \cdot \tau_1)/(n_e F) + (I_2 \cdot \tau_2)/(n_e F) + (I_3 \cdot \tau_3)/(n_e F) = (12 \cdot 6000)/(2 \cdot 96485) + (10 \cdot 3600)/(2 \cdot 96485) + (3 \cdot 420)/(2 \cdot 96485) = 0,373 + 0,1866 + 0,00653 = \mathbf{0,5661 \text{ моль.}}$$

3) Массы продуктов составят

$$m(\text{Sc}) = n(\text{Sc}) \cdot M(\text{Sc}) = 0,37745 \cdot 44,956 = \mathbf{16,9686 \text{ г.}}$$

$$m(\text{Cl}_2) = n(\text{Cl}_2) \cdot M(\text{Cl}_2) = 0,5661 \cdot 71 = \mathbf{40,1931 \text{ г.}}$$

4) Массовые доли продуктов

$$\omega(\text{Sc}) = m(\text{Sc}) \cdot 100\% / (m(\text{Sc}) + m(\text{Cl}_2)) = 16,9686 \cdot 100 / 57,1617 = \mathbf{29,6852 \%}.$$

$$\omega(\text{Cl}_2) = m(\text{Cl}_2) \cdot 100\% / (m(\text{Sc}) + m(\text{Cl}_2)) = 40,1931 \cdot 100 / 57,1617 = \mathbf{70,3147 \%}.$$

Разбалловка

Запись уравнений реакций, протекающих на электроде и суммарного процесса	2 б.
Расчёт количеств	4 б.
Расчёт масс продуктов	2 б.
Расчёт массовых долей продуктов	2 б.
ИТОГО	10 б.