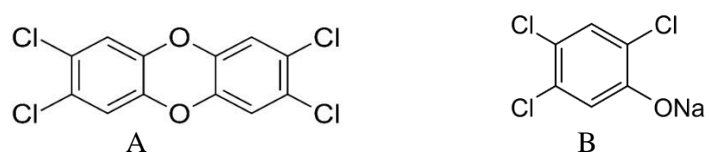
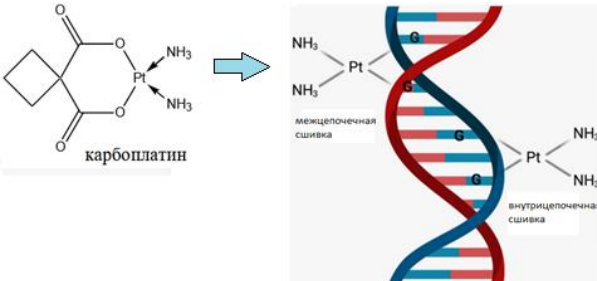


Всероссийская Сеченовская олимпиада школьников по химии 2023-2024.

Заключительный этап.

10 класс

Матрица

| ЗАДАНИЕ 1.1 | 6 баллов | | |
|--|----------|---|-------|
| <p>Диоксины – это глобальные экотоксиканты, обладающие мощным мутагенным, иммунодепрессантным, канцерогенным, тератогенным и эмбриотоксическим действием. Они слабо расщепляются и накапливаются как в организме человека, так и в биосфере планеты, включая воздух, воду, пищу. Диоксины образуются в качестве побочного продукта при производстве гербицидов хлорфенольного ряда.</p> | | | |
| <p>Американской армией во время войны во Вьетнаме с 1961 по 1971 годы в рамках программы по уничтожению растительности «Ranch Hand» в качестве дефолианта применялся Agent Orange — смесь 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты (2,4-Д) и 2,4,5-трихлорфеноксиуксусной кислоты (2,4,5-Т), содержащая примеси полихлорбензодиоксинов. В результате из-за воздействия диоксинов пострадало значительное число мирных вьетнамцев, многие на всю жизнь остались инвалидами в результате контакта с Agent Orange. Во Вьетнаме насчитывается более 4,8 миллионов жертв варварского распыления дефолиантов. Действия американских войск привели к практически полному уничтожению мангровых лесов (500 тыс.га), поражению 60%(около 1 млн га) джунглей и 30% равнинных лесов. В пораженных американской военщиной районах из 150 видов птиц осталось 18, произошло почти полное уничтожение земноводных и насекомых. В состав диоксиновых реагентов входят (А) 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-<i>para</i>-диоксин и (В) 2,4,5-трихлорфенолят натрия. Рассчитайте массу атомарного хлора, содержащегося в 100 г реагента, если молярное соотношение компонентов в смеси А:В равно 10:1.</p> | | | |
| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | | | Баллы |
|  | | 3 | |
| $\nu(\text{Cl}) = 4 \cdot 10 + 3 = 43$ $m(\text{Cl}) = 35,5 \cdot 43 = 1526,5$ $m(\text{смеси } \text{C}_{12}\text{H}_4\text{Cl}_4\text{O}_2 \text{ и } \text{C}_6\text{H}_2\text{Cl}_3\text{ONa}) = 10 \cdot 322 + 219,5 = 3439,5$ $\omega(\text{Cl в смеси}) = 1526,5/3439,5 = 0,4438$ $m(\text{Cl}) = 0,4438 \cdot 100 = 44,38 \text{ г}$ | | 3 | |
| Максимальный балл | | | 6 |
| ЗАДАНИЕ 2.1 | 6 баллов | | |
|  | | <p>Комплексные соединения платины широко применяются в качестве химиопрепаратов в терапии онкологических заболеваний благодаря выраженному цитотоксическому действию. Первым из таких препаратов был <i>цис</i>-диамминдихлороплатина(II) (цисплатин), цитотоксическая активность которого была открыта в 1965 году Барнеттом Розенбергом. Механизм цитотоксичности заключается в</p> | |
| повреждении ДНК путём образования связей между атомом Pt и двумя основаниями ДНК | | | |

(преимущественно гуаниновыми), в результате чего в ДНК образуются внутри- и межнитевые сшивки, что препятствует нормальному протеканию процессов репликации и трансляции, приводит к задержке клеточного цикла и апоптозу. Одним из таких препаратов является Карбоплатин.


Концентрат для приготовления раствора (ампула объемом 5 мл) содержит 10 мг карбоплатина в 1 мл раствора. Его разбавляют 0,9%-ным раствором хлорида натрия (физ. раствор) с получением раствора для внутривенного введения с концентрацией 0,5 мг/мл. Определите объем добавленного физ. раствора. Период полувыведения препарата карбоплатин из организма человека составляет 16 часов. Рассчитайте, какая часть (в %) введенного препарата останется в организме через 28 часов после внутривенного введения (считать, что период полувыведения не зависит от концентрации).

| | |
|--|-------|
| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
| <p>Масса вещества в концентрате: $m = 10\text{мг/мл} \cdot 5\text{мл} = 50\text{ мг}$</p> <p>Объем полученного раствора: $V = 50/0,5 = 100\text{мл}$</p> <p>$V(\text{физ.р-ра}) = 100 - 5 = 95\text{мл}$</p> <p>Через 16ч – 50% => через 32ч – 25%;</p> <p>через $(16+32)/2 = 24\text{ч}$ останется $(50+25)/2 = 37,5\%$</p> <p>через $(24+32)/2 = 28\text{ч}$ останется $(37,5+25)/2 = 31,25\%$</p> <p>или: $C_0/C_t = \exp(28 \cdot \ln 2 / 16) = e^{1,21} = 3,32$</p> <p>$C_t = 100/3,32 = 30,12\%$</p> | 3 |
| Максимальный балл | 6 |

ЗАДАНИЕ 3.1

6 баллов

Геометрические изомеры могут значительно отличаться по свойствам и биологической активности. В таблице приведены некоторые свойства изомерных соединений:

| | Цис-изомер | Транс-изомер |  <p>Дымянка лекарственная (<i>Fumaria officinalis</i>)</p> |
|--------------------------------|----------------------------------|---|---|
| Температура плавления | 130°C | 288°C | |
| Растворимость в воде при 25 °С | 78,8 г/л | 6,3 г/л | |
| Распространенность в природе | В природе не встречается; ядовит | В грибах, лишайниках, животных и растительных клетках; участвует в обмене веществ (цикл Кребса) | |

Смесь двух геометрических изомеров содержит 55,17% кислорода по массе. При сгорании этой смеси образовались оксид углерода (IV) и вода в молярном соотношении 2:1. Исходная смесь изомеров массой 2,32 г может максимально прореагировать с 20 мл 2М раствора гидроксида калия или со 160 г 2%-ного раствора брома. При нагревании смеси до 100°C ее масса уменьшилась на 0,2 г. Определите массовую долю каждого изомера в исходной смеси.

| | |
|---|-------|
| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|---|-------|

| | |
|---|---|
| <p>Поскольку $v(\text{CO}_2) = 2v(\text{H}_2\text{O})$, то $v(\text{C}) = v(\text{H})$ и молекулярная формула $\text{C}_n\text{H}_n\text{O}_m$</p> $16m = 0,5517(13n+16m)$ $13n+16m = 29m$ <p>$n = m \Rightarrow \text{C}_n\text{H}_n\text{O}_n$ по условию возможно $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$</p> $v(\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4) = 2,32/116 = 0,02 \text{ моль}$ $v(\text{KOH}) = 2 \text{ моль/л} \cdot 0,02 \text{ л} = 0,04 \text{ моль}; v(\text{Br}_2) = 160 \cdot 0,02/160 = 0,02 \text{ моль}$ <p>Структурные формулы изомеров:</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>Разлагается только малеиновая кислота:</p> <div style="text-align: center;"> </div> $v(\text{H}_2\text{O}) = 0,2/18 = 0,011 \text{ моль}$ $\omega(\text{цис-}\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4) = 0,011/0,02 = 0,55 (55\%)$ $\omega(\text{транс-}\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4) = 0,009/0,02 = 0,45 (45\%)$ | 2 |
| | 2 |
| $v(\text{H}_2\text{O}) = 0,2/18 = 0,011 \text{ моль}$ $\omega(\text{цис-}\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4) = 0,011/0,02 = 0,55 (55\%)$ $\omega(\text{транс-}\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4) = 0,009/0,02 = 0,45 (45\%)$ | 2 |
| Максимальный балл | 6 |

| | |
|--|-----------------|
| ЗАДАНИЕ 4.1 | 8 баллов |
| <p>Галоформная реакция является одной из старейших известных органических реакций. Ее впервые осуществил французский химик Жорж-Симон Серулла в 1822 году. В результате взаимодействия йода и этанола в присутствии щелочи было получено вещество, названное тогда «гидроидид углерода». Оно обладает антисептическими свойствами; выделяющийся из препарата йод оказывает антимикробное, рассасывающее и противовоспалительное действие, способствует очищению раневой поверхности и усиливает грануляцию.</p> <p>К раствору кетона X в диоксане добавили раствор гидроксида натрия и избыток йода, при этом образовалось 19,7 г желтого осадка, в котором массовая доля йода составляет 96,7%, а массовая доля углерода 3,05%, и соль карбоновой кислоты массой 4,8 г. Такую же массу кетона X восстановили амальгамированным цинком в присутствии соляной кислоты и получили 2,61 г углеводорода Y. Определите выход реакции восстановления и массу йода, необходимую для окисления кетона X. Напишите уравнения реакций.</p> | |
| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
| $\text{C}:\text{H}:\text{I} = 3,05/12:0,25/1:96,7/127 = 1:1:3 \Rightarrow \text{CHI}_3$ | 2 |
| $\text{R-C(O)-CH}_3 + 4\text{NaOH} + 3\text{I}_2 \rightarrow \text{RCOONa} + \text{CHI}_3 + 3\text{NaI} + 3\text{H}_2\text{O}$ $v(\text{CHI}_3) = 19,7/394 = 0,05 \text{ моль} \Rightarrow v(\text{RCOONa}) = 0,05 \text{ моль}$ $M(\text{RCOONa}) = 4,8/0,05 = 96 \text{ г/моль} \quad M(\text{R}) = 29 (\text{C}_2\text{H}_5) \Rightarrow \text{кетон} - \text{бутанон}$ $v(\text{C}_4\text{H}_8\text{O}) = 0,05 \text{ моль}$ | 2 |
| $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C(O)-CH}_3 + 2\text{Zn} + 4\text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3 + 2\text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $v(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 2,61/58 = 0,045 \text{ моль}$ $\eta = 0,045/0,05 = 0,9 (90\%)$ $m(\text{I}_2) = 3 \cdot 0,05 \cdot 254 = 38,1 \text{ г}$ | 2 |
| | 2 |

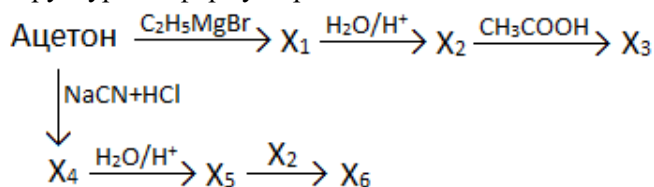
| | | |
|---|------------------|--|
| Максимальный балл | | 8 |
| ЗАДАНИЕ 5.1 | 10 баллов | |
| <p>Константа растворимости – это константа равновесия процесса диссоциации малорастворимого электролита в насыщенном растворе. Она равна произведению равновесных молярных концентраций образующихся при диссоциации ионов с учетом (в степенях) стехиометрических коэффициентов. Водородный показатель рН – это отрицательный десятичный логарифм равновесной молярной концентрации ионов водорода в растворе.</p> <p>Гидроксид кальция используется в медицине как вяжущее средство. Используется в стоматологии, например, препарат Calciyl (гидроксид кальция в растворе Рингера). Константа растворимости гидроксида кальция при 25⁰С равна 6,2·10⁻⁶. Определите, в каком минимальном объеме воды можно растворить гидроксид кальция массой 2 г; рассчитайте рН насыщенного раствора (изменением объема при растворении вещества пренебречь).</p> | | |
| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | | Баллы |
| $\text{Ca(OH)}_2 \leftrightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^-$ $K_s = c(\text{Ca}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^-)$ <p>Пусть в насыщенном растворе $c(\text{Ca}^{2+}) = x$, тогда $c(\text{OH}^-) = 2x$</p> $x \cdot (2x)^2 = 6,2 \cdot 10^{-6}$ $4x^3 = 6,2 \cdot 10^{-6}$ $x = \sqrt[3]{\frac{6,2 \cdot 10^{-6}}{4}} = 1,157 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л}$ $m(\text{Ca(OH)}_2) = 1,157 \cdot 10^{-2} \cdot 74 = 0,856 \text{ г} - \text{ в } 1 \text{ л воды}$ $V = 2 \cdot 1 / 0,856 = 2,34 \text{ л}$ $\text{pOH} = -\lg c(\text{OH}^-) = -\lg(1,157 \cdot 10^{-2} \cdot 2) = 1,64$ $\text{pH} = 14 - 1,64 = 12,36$ | | <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> |
| Максимальный балл | | 10 |
| ЗАДАНИЕ 6.1 | 10 баллов | |
| <p>Элемент X, широко используемый в составе конструкционных материалов в ортопедической стоматологии, образует соль NaXO₂, в которой массовая доля элемента X составляет 51,75%. При взаимодействии простого вещества X с горячей разбавленной серной кислотой образуется соль, которую выделили из раствора в виде кристаллогидрата А розового цвета. В веществе (А) масса атомов кислорода в 12,57 раз больше, чем масса атомов водорода. При нагревании навески вещества(А) до 600⁰С образуется твердый остаток амфотерного вещества (В) темно-зеленого цвета и смесь газов объемом 4,4 л (при температуре 25⁰С и нормальном атмосферном давлении). При кипячении вещества В с концентрированным раствором гидроксида натрия образуется синий осадок комплексной соли С. Рассчитайте массу взятого кристаллогидрата А и массу полученного осадка С. Напишите уравнения реакций.</p> | | |
| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | | Баллы |
| <p>Пусть $A_r(X) = x$</p> $x = 0,5175(x+55) \Rightarrow x = 59 \text{ (Co)}$ $\text{Co} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CoSO}_4 + \text{H}_2 \text{ кристаллогидрат } \text{CoSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ | | 2 |



| | |
|---|---|
| $16(4+n) = 12,57 \cdot 2n$ | |
| $9,14n = 64$ | 2 |
| $n = 7$ | 2 |
| $2\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{CoO} + 2\text{SO}_2 + \text{O}_2 + 14\text{H}_2\text{O}$ | |
| $v(\text{газов}) = 101,3 \cdot 4,4 / 8,31 \cdot 298 = 0,18 \text{ моль}$ | |
| $v(\text{CoO}) = v(\text{SO}_2) = 0,18 \cdot 2/3 = 0,12 \text{ моль}$ | 2 |
| $\text{CoO} + 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2[\text{Co}(\text{OH})_4] \downarrow$ | |
| $m(\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 0,12 \cdot 281 = 33,72 \text{ г}$ | |
| $m(\text{Na}_2[\text{Co}(\text{OH})_4]) = 0,12 \cdot 173 = 20,76 \text{ г}$ | 2 |
| Максимальный балл | |

ЗАДАНИЕ 7.1
12 баллов

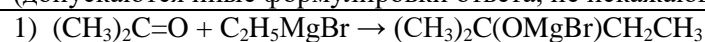
Напишите уравнения реакций, соответствующих схеме превращений, с использованием структурных формул органических веществ:



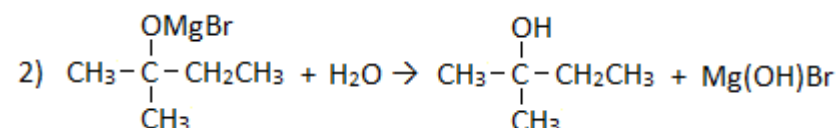
Содержание верного ответа и указания по оцениванию

(допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)

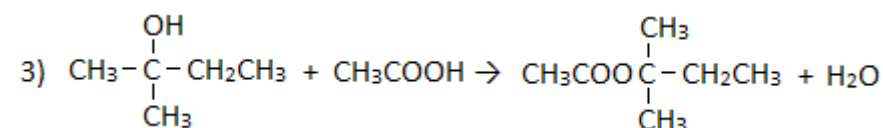
Баллы



2



2

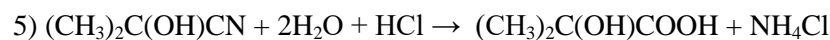


2

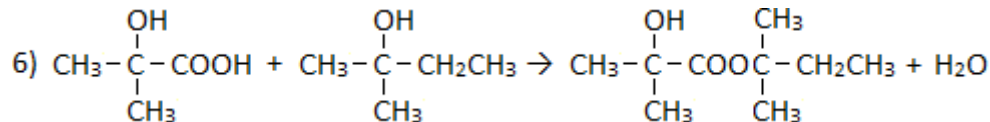
2



2



2




Максимальный балл

12

ЗАДАНИЕ 8.1
12 баллов

Бинарные соединения фтора с азотом (фториды азота) – тяжелые негорючие газы, применяемые в микроэлектронике. Это токсичные химические вещества, которые раздражают кожу, глаза и легкие, а также являются нейротоксинами, вызывающими метгемоглобинемию.

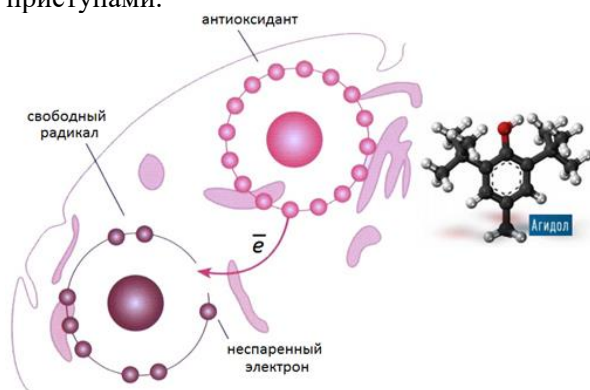
Смешали аммиак и фтор. Средняя молярная масса газовой смеси составляет 26 г/моль. Смесь нагрели в атмосфере азота до 130⁰С. В результате реакции образовалась соль и газ с плотностью 3,168 г/л (н.у.). Газ собрали и пропустили через раскаленную измельченную медную стружку. В результате реакции получили соль и газ, плотность которого в 1,466 раз больше, чем у исходного газа при тех же условиях. Обе полученные в результате реакций соли смешали. Рассчитайте массовые доли этих солей в образовавшейся смеси.

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | | Баллы |
|---|------------------|--|
| Пусть $v(\text{NH}_3) = x$; $v(\text{F}_2) = y$ $17x + 38y = 26(x + y)$ $9x = 12y$ $y = 0,75x$ $v(\text{NH}_3) : v(\text{F}_2) = 4:3$ $M(\text{NF}_n) = 3,168 \cdot 22,4 = 71 \text{ г/моль}$ $14 + 19n = 71$ $n = 3 \Rightarrow \text{NF}_3$ $4\text{NH}_3 + 3\text{F}_2 \rightarrow \text{NF}_3 + 3\text{NH}_4\text{F}$ $v(\text{NF}_3) = x/4 = 0,25x \quad v(\text{NH}_4\text{F}) = 0,75x$ Т.к. медь – восстановитель, можно получить газ 2: NF_2 ($M = 52\text{г/моль}$) или NF ($M = 33\text{г/моль}$) $M(\text{газа } 2) = 1,466 \cdot 71 = 104\text{г/моль} \Rightarrow \text{димер } \text{N}_2\text{F}_4$ $2\text{NF}_3 + \text{Cu} \rightarrow \text{N}_2\text{F}_4 + \text{CuF}_2$ $v(\text{CuF}_2) = 0,25x/2 = 0,125x$ $m(\text{CuF}_2) = 102 \cdot 0,125x = 12,75x$ $m(\text{NH}_4\text{F}) = 37 \cdot 0,75x = 27,75x$ $m(\text{смеси}) = 40,5x$ $\omega(\text{NH}_4\text{F}) = 27,75x/40,5x = 0,685$ (68,5%) $\omega(\text{CuF}_2) = 12,75x/40,5x = 0,315$ (31,5%) | | 2 2 2 2 2 2 |
| Максимальный балл | | 12 |
| ЗАДАНИЕ 9.1 | 12 баллов | |
| <p>Бинарные соединения калия и натрия с кислородом используются для регенерации выдыхаемой газовой смеси в системах жизнеобеспечения, в кислородных масках при оксигенотерапии (метод лечения гипоксемии и тканевой гипоксии с применением кислорода), а также, в изолирующих противогазах.</p>  <p>При сгорании калия образовалась смесь кристаллических веществ X (желтого цвета) и Y (белого цвета) в молярном соотношении 12:1. Средняя молярная масса полученной смеси равна 74 г/моль. Смесь обработали холодной разбавленной соляной кислотой и получили газ</p> <p>A. Определите массу взятого для горения калия и объем (при н.у.) газа A, если известно, что образовавшегося в результате реакций пероксида водорода достаточно, чтобы окислить 2,51 г сульфида свинца (II). Напишите уравнения всех реакций.</p> | | |
| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | | Баллы |

| | |
|--|------------------|
| Из всех бинарных соединений калия с кислородом (K_2O , K_2O_2 , KO_2 , KO_3) в смеси преобладает надпероксид, т.к. $M(KO_2) = 71 \text{ г/моль} < 74 \text{ г/моль}$. | 2 |
| Пусть $M(Y) = M$, тогда: $\frac{12 \cdot 71 + M}{13} = 74$ $852 + M = 962$ $M = 110 (K_2O_2)$ $v(KO_2) = 12x ; v(K_2O_2) = x$ $14K + 13O_2 \rightarrow 12KO_2 + K_2O_2$ $2KO_2 + 2HCl \rightarrow O_2 + 2KCl + H_2O_2$ $K_2O_2 + 2HCl \rightarrow 2KCl + H_2O_2$ $v(H_2O_2) = 6x + x = 7x$ $4H_2O_2 + PbS \rightarrow 4H_2O + PbSO_4$ $v(PbS) = 2,51/239 = 0,0105 \text{ моль}$ $v(H_2O_2) = 4 \cdot 0,0105 = 0,042 \text{ моль}$ $7x = 0,042$ $x = 0,006$ $v(K) = 14x = 14 \cdot 0,006 = 0,084 \text{ моль}$ $m(K) = 39 \cdot 0,084 = 3,28 \text{ г}$ $v(O_2) = 6x = 6 \cdot 0,006 = 0,036 \text{ моль}$ $V(O_2) = 22,4 \cdot 0,036 = 0,81 \text{ л}$ | 2 2 2 2 |
| Максимальный балл | 12 |

ЗАДАНИЕ 10.1
18 баллов

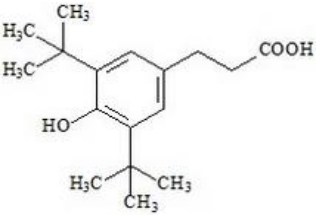
Пространственно экранированные фенолы являются эффективными антиоксидантами. В ряду замещённых фенолов значительное распространение приобрели 2,6-ди-*трет*-бутилфенолы, они хорошо изучены и обладают заметным антиоксидантным потенциалом. Наиболее известными являются: 3,5-ди-*трет*-бутил-4-гидрокситолуол (ионол, агидол, препарат Дибулин), дибунол, – ранозаживляющие средства при ожогах I-II степени, лучевых и трофических язвах. Фрагмент 2,6-ди-*трет*-бутилфенола применяется и в других лекарственных средствах. Препарат Дибуфелон (фенозановая кислота) зарегистрирован в РФ (РУ № ЛП-005332) и применяется в качестве компонента комбинированной терапии у пациентов с парциальными эпилептическими приступами.



Напишите структурную формулу Фенозановой кислоты (3-(3,5-ди-*трет*-бутил-4-гидроксифенил)пропановая кислота). Осуществите синтез фенозановой кислоты из фенола в три стадии, напишите уравнения реакций:

- 1) алкилирование фенола изобутиленом в присутствии кислотного катализатора;
- 2) алкилирование продукта акрилонитрилом (винилцианидом);
- 3) кислотный гидролиз полученного соединения.

Для количественного определения фенозановой кислоты в лекарственной субстанции используется метод кислотно-основного титрования. Навеску субстанции массой 0,995 г растворяют в мерной колбе объемом 50 мл в 96%-ном этиловом спирте и объем раствора доводят до метки спиртом. Из полученного раствора отбирают пробу для титрования объемом 10,0 мл, добавляют индикатор – фенолфталеин и титруют 0,1М раствором гидроксида натрия до розового окрашивания (кислота титруется как одноосновная!). На титрование было израсходовано 6,80 мл раствора титранта. Определите массовую долю фенозановой кислоты в лекарственной субстанции.

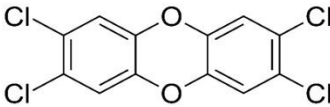
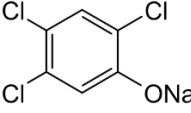
| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|--|---|
| <p>Структурная формула фенозановой кислоты:</p>  <p>Уравнения реакций:</p> $\text{HO-C}_6\text{H}_5 + 2\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)_2 \rightarrow \text{HO-C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2$ $\text{HO-C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2 + \text{CH}_2=\text{CH-CN} \rightarrow \text{HO-C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CN}$ $\text{HO-C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CN} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{HCl} \rightarrow \text{HO-C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH} + \text{NH}_4\text{Cl}$ <p>Количественное определение:</p> $\text{HO-C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{HO-C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COONa} + \text{H}_2\text{O}$ <p> $v(\text{NaOH}) = 0,1 \cdot 6,8 = 0,68$ ммоль – в 10 мл раствора $v(\text{NaOH}) = 0,68 \cdot 5 = 3,4$ ммоль – в 50 мл раствора $v(\text{C}_{17}\text{H}_{26}\text{O}_3) = 3,4$ ммоль $m(\text{C}_{17}\text{H}_{26}\text{O}_3) = 3,4 \cdot 278 = 945,2$ мг $\omega(\text{C}_{17}\text{H}_{26}\text{O}_3) = 945,2/995 = 0,95$ (95%) </p> | <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>8</p> |
| Максимальный балл | 18 |

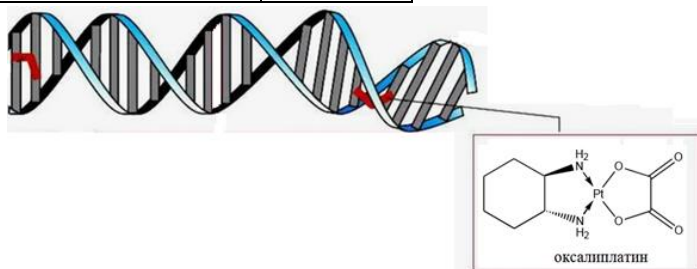
Всероссийская Сеченовская олимпиада школьников по химии 2023-2024.

Заключительный этап.

10 класс

Матрица

| ЗАДАНИЕ 1.2 | 6 баллов |
|---|----------|
| <p>Диоксины – это глобальные экотоксиканты, обладающие мощным мутагенным, иммунодепрессантным, канцерогенным, тератогенным и эмбриотоксическим действием. Они слабо расщепляются и накапливаются как в организме человека, так и в биосфере планеты, включая воздух, воду, пищу. Диоксины образуются в качестве побочного продукта при производстве гербицидов хлорфенольного ряда.</p> <p>Американской армией во время войны во Вьетнаме с 1961 по 1971 годы в рамках программы по уничтожению растительности «Ranch Hand» в качестве дефолианта применялся Agent Orange — смесь 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты (2,4-Д) и 2,4,5-трихлорфеноксиуксусной кислоты (2,4,5-Т), содержащая примеси полихлорбензодиоксинов. В результате из-за воздействия диоксинов пострадало значительное число мирных вьетнамцев, многие на всю жизнь остались инвалидами в результате контакта с Agent Orange. Во Вьетнаме насчитывается более 4,8 миллионов жертв варварского распыления дефолиантов. Действия американских войск привели к практически полному уничтожению мангровых лесов (500 тыс.га), поражению 60%(около 1 млн га) джунглей и 30% равнинных лесов. В пораженных американской военщиной районах из 150 видов птиц осталось 18, произошло почти полное уничтожение земноводных и насекомых.</p> <p>В состав диоксиновых реагентов входят (А) 2,3,7,8-тетрахлордибензо-<i>para</i>-диоксин и (В) 2,4,5-трихлорфенолят натрия. Рассчитайте массу атомарного хлора, содержащегося в 50 г реагента, если молярное соотношение компонентов в смеси А:В равно 5:1.</p> | |
| <p>Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</p> | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>А</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>В</p> </div> </div> | 3 |
| <p> $\nu(\text{Cl}) = 4 \cdot 5 + 3 = 23$ $m(\text{Cl}) = 35,5 \cdot 23 = 816,5 \text{ г}$ $m(\text{смеси } \text{C}_{12}\text{H}_4\text{Cl}_4\text{O}_2 \text{ и } \text{C}_6\text{H}_2\text{Cl}_3\text{ONa}) = 5 \cdot 322 + 219,5 = 1829,5 \text{ г}$ $\omega(\text{Cl в смеси}) = 816,5/1829,5 = 0,4463$ $m(\text{Cl}) = 0,4463 \cdot 50 = 22,32 \text{ г}$ </p> | 3 |
| <p>Максимальный балл</p> | 6 |

ЗАДАНИЕ 2.2
6 баллов


Комплексные соединения платины широко применяются в качестве химиопрепаратов в терапии онкологических заболеваний благодаря выраженному цитотоксическому действию. Первым из таких препаратов был *цис*-диамминдихлороплатина(II) (цисплатин), цитотоксическая активность которого была открыта в


1965 году Барнеттом Розенбергом. Механизм цитотоксичности заключается в повреждении ДНК путём образования связей между атомом Pt и двумя основаниями ДНК (преимущественно гуаниновыми), в результате чего в ДНК образуются внутри- и межнитевые сшивки, что препятствует нормальному протеканию процессов репликации и трансляции, приводит к задержке клеточного цикла и апоптозу. Одним из таких препаратов является Оксалиплатин.

Концентрат для приготовления раствора (флакон объемом 20 мл) содержит 5 мг оксалиплатина в 1 мл раствора. Его разбавляют 5%-ным раствором декстрозы с получением раствора для внутривенного введения с концентрацией 0,25 мг/мл. Определите объем добавленного раствора декстрозы. Период полувыведения препарата оксалиплатин из организма человека составляет 280 часов. Рассчитайте, какая часть (в %) введенного препарата останется в организме через 350 часов после внутривенного введения (считать, что период полувыведения не зависит от концентрации).

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|--|-------|
| Масса вещества в концентрате: $m = 5\text{мг/мл} \cdot 20\text{мл} = 100\text{мг}$ Объем полученного раствора: $V = 100/0,25 = 400\text{мл}$ $V(\text{р-ра декстрозы}) = 400 - 20 = 380\text{мл}$ Через 280ч – 50% => через 560ч – 25%; через $(280+560)/2 = 420\text{ч}$ останется $(50+25)/2 = 37,5\%$ через $(280+420)/2 = 350\text{ч}$ останется $(50 + 37,5)/2 = 43,75\%$ или: $C_0/C_t = \exp(350 \cdot \ln 2/280) = e^{0,87} = 2,36$ $C_t = 100/2,36 = 42,4\%$ | 3 |
| Максимальный балл | 3 |
| | 6 |


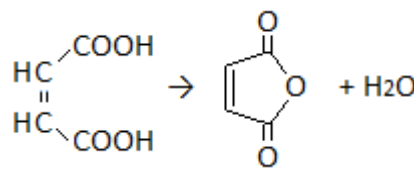
ЗАДАНИЕ 3.2
6 баллов

Геометрические изомеры могут значительно отличаться по свойствам и биологической активности. В таблице приведены некоторые свойства изомерных соединений:

| | Цис-изомер | Транс-изомер |  Дымянка лекарственная (<i>Fumaria officinalis</i>) |
|--------------------------------|----------------------------------|---|---|
| Температура плавления | 130°C | 288°C | |
| Растворимость в воде при 25 °С | 78,8 г/л | 6,3 г/л | |
| Распространенность в природе | В природе не встречается; ядовит | В грибах, лишайниках, животных и растительных клетках; участвует в обмене веществ (цикл Кребса) | |

Смесь двух геометрических изомеров содержит 55,17% кислорода по массе. При сгорании этой смеси образовалась вода и оксид углерода (IV) в молярном соотношении 1:2. Исходная смесь изомеров массой 87 г может максимально прореагировать с 600 мл 2,5М раствора гидроксида калия или с 243 г 25%-ного раствора бромоводородной кислоты. При нагревании смеси до 100°C

ее масса уменьшилась на 8,1 г. Определите массовую долю каждого изомера в исходной смеси.

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|--|----------------------------|
| <p>Поскольку $\nu(\text{CO}_2) = 2\nu(\text{H}_2\text{O})$, то $\nu(\text{C}) = \nu(\text{H})$ и молекулярная формула $\text{C}_n\text{H}_n\text{O}_m$</p> $16m = 0,5517(13n+16m)$ $13n+16m = 29m$ <p>$n = m \Rightarrow \text{C}_n\text{H}_n\text{O}_n$ по условию возможно $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$</p> $\nu(\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4) = 87/116 = 0,75 \text{ моль}$ $\nu(\text{KOH}) = 2,5 \cdot 0,6 = 1,5 \text{ моль}; \nu(\text{HBr}) = 243 \cdot 0,25/81 = 0,75 \text{ моль}$ <p>Структурные формулы изомеров:</p>  <p>Разлагается только малеиновая кислота:</p>  $\nu(\text{H}_2\text{O}) = 8,1/18 = 0,45 \text{ моль}$ $\omega(\text{цис-}\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4) = 0,45/0,75 = 0,6 (60\%)$ $\omega(\text{транс-}\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4) = 0,3/0,75 = 0,4 (40\%)$ | <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> |
| Максимальный балл | 6 |

ЗАДАНИЕ 4.2

8 баллов

Галоформная реакция является одной из старейших известных органических реакций. Ее впервые осуществил французский химик Жорж-Симон Серулла в 1822 году. В результате взаимодействия йода и этанола в присутствии щелочи было получено вещество, названное тогда «гидроидом углерода». Оно обладает антисептическими свойствами, выделяющийся из препарата йод оказывает антимикробное, рассасывающее и противовоспалительное действие, способствует очищению раневой поверхности и усиливает грануляцию.

К раствору кетона X в диоксане добавили раствор гидроксида натрия и избыток раствора йода, при этом образовалось 17,73 г желтого осадка, в котором массовая доля йода составляет 96,7%, а массовая доля водорода 0,25%, и соль карбоновой кислоты массой 6,48 г. Такую же массу кетона X восстановили амальгамированным цинком в присутствии соляной кислоты и получили 4,24 г углеводорода Y. Определите выход реакции восстановления и массу йода, необходимую для окисления кетона X. Напишите уравнения реакций.

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|---|-------|
|---|-------|

| | |
|--|---|
| $C:H:I = 3,05/12:0,25/1:96,7/127 = 1:1:3 \Rightarrow CHI_3$ $R-C(O)-CH_3 + 4NaOH + 3I_2 \rightarrow RCOONa + CHI_3 + 3NaI + 3H_2O$ $v(CHI_3) = 17,73/394 = 0,045 \text{ моль} \Rightarrow v(RCOONa) = 0,045 \text{ моль}$ $M(RCOONa) = 6,48/0,045 = 144 \text{ г/моль} \quad M(R) = 77 (C_6H_5) \Rightarrow \text{кетон} - \text{ацетофенон}$ $v(C_8H_8O) = 0,045 \text{ моль}$ $C_6H_5-C(O)-CH_3 + 2Zn + 4HCl \rightarrow C_6H_5-CH_2-CH_3 + 2ZnCl_2 + H_2O$ $v(C_8H_{10}) = 4,24/106 = 0,04 \text{ моль}$ $\eta = 0,04/0,045 = 0,889 (88,9\%)$ $m(I_2) = 3 \cdot 0,045 \cdot 254 = 34,3 \text{ г}$ | 2 2 2 |
| Максимальный балл | 8 |


ЗАДАНИЕ 5.2**10 баллов**

Константа растворимости – это константа равновесия процесса диссоциации малорастворимого электролита в насыщенном растворе. Она равна произведению равновесных молярных концентраций образующихся при диссоциации ионов с учетом (в степенях) стехиометрических коэффициентов. Водородный показатель рН – это отрицательный десятичный логарифм равновесной молярной концентрации ионов водорода в растворе.

Гидроксид магния используется в медицине как антацидное и слабительное средство. Нейтрализует свободную хлороводородную кислоту в желудке, снижает пептическую активность желудочного сока.

Константа растворимости гидроксида магния при $25^{\circ}C$ равна $6,8 \cdot 10^{-12}$. Определите, в каком минимальном объеме воды можно растворить гидроксид магния массой 10 мг; рассчитайте рН насыщенного раствора (изменением объема при растворении вещества пренебречь).

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|--|---|
| $Mg(OH)_2 \leftrightarrow Mg^{2+} + 2OH^-$ $K_s = c(Mg^{2+}) \cdot c^2(OH^-)$ Пусть в насыщенном растворе $c(Mg^{2+}) = x$, тогда $c(OH^-) = 2x$ $x \cdot (2x)^2 = 6,8 \cdot 10^{-12}$ $4x^3 = 6,8 \cdot 10^{-12}$ $x = \sqrt[3]{\frac{6,8 \cdot 10^{-12}}{4}} = 1,193 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$ $m(Mg(OH)_2) = 1,193 \cdot 10^{-4} \cdot 58 = 69,2 \cdot 10^{-4} \text{ г} = 6,92 \text{ мг} - \text{в } 1 \text{ л воды}$ $V = 10 \cdot 1/6,92 = 1,445 \text{ л}$ $pOH = -\lg c(OH^-) = -\lg(1,193 \cdot 10^{-4} \cdot 2) = 3,62$ $pH = 14 - 3,62 = 10,38$ | 2 2 2 2 2 |
| Максимальный балл | 10 |

| ЗАДАНИЕ 6.2 | 10 баллов | | |
|--|-----------|---|--|
| <p>Элемент X, широко используемый в составе конструкционных материалов в ортопедической стоматологии, образует соль $[X(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$, в которой массовая доля элемента X составляет 22,06%. При взаимодействии простого вещества X с горячей разбавленной соляной кислотой образуется соль, которую выделили из раствора в виде кристаллогидрата А розового цвета. В веществе (А) масса соли в 1,203 раз больше, чем масса воды. Кристаллогидрат (А) смешали с твердым хлоридом аммония и концентрированным раствором аммиака и получили (в присутствии кислорода) осадок соли $[X(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$. Рассчитайте массу полученного осадка и объем (при температуре 25⁰С и нормальном атмосферном давлении) вступившего в реакцию кислорода, если масса взятого кристаллогидрата А составляет 14,3 г. Напишите уравнения реакций.</p> | |  | |
| <p>Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</p> <p>Пусть $A_r(\text{X}) = x$</p> $x = 0,2206(x+208,5) \Rightarrow x = 59 (\text{Co})$ <p>$\text{Co} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CoCl}_2 + \text{H}_2$ кристаллогидрат $\text{CoCl}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$</p> $130 = 1,203 \cdot 18n$ $21,654n = 130$ $n = 6$ $4\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + 4\text{NH}_4\text{Cl} + 20\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow 4[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3\downarrow + 26\text{H}_2\text{O}$ <p>$v(\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 14,3/238 = 0,06$ моль</p> <p>$m([\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3) = 0,06 \cdot 267,5 = 16,05\text{г}$</p> <p>$v(\text{O}_2) = 0,06/4 = 0,015$ моль</p> <p>$v(\text{O}_2) = 0,015 \cdot 8,31 \cdot 298/ 101,3 = 0,367$ л (367 мл)</p> | | <p>Баллы</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> | |
| Максимальный балл | | 10 | |
| ЗАДАНИЕ 7.2 | 12 баллов | | |
| <p>Напишите уравнения реакций, соответствующих схеме превращений, с использованием структурных формул органических веществ:</p> <p>Бромэтан $\xrightarrow{\text{NaCN}}$ X₁ $\xrightarrow{\text{H}_2\text{O}_2}$ X₂ $\xrightarrow{\text{H}_2\text{O}/\text{H}^+}$ X₃</p> <p style="margin-left: 40px;"> Mg(эфир)</p> <p style="margin-left: 40px;">↓</p> <p style="margin-left: 40px;">X₄ $\xrightarrow{\text{CO}_2}$ X₅ $\xrightarrow{\text{H}_2\text{O}/\text{H}^+}$ X₃</p> | | | |
| <p>Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</p> <p>1) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br} + \text{NaCN} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN} + \text{NaBr}$</p> <p>2) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN} + 2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{C(O)NH}_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$</p> <p>3) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C(O)NH}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + \text{NH}_4\text{Cl}$</p> <p>4) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br} + \text{Mg} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{MgBr}$</p> <p>5) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{MgBr} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOMgBr}$</p> <p>6) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOMgBr} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + \text{Mg(OH)Br}$</p> | | <p>Баллы</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> | |
| Максимальный балл | | 12 | |

| | |
|--------------------|------------------|
| ЗАДАНИЕ 8.2 | 12 баллов |
|--------------------|------------------|

Бинарные соединения фтора с азотом (фториды азота) – тяжелые негорючие газы, применяемые в микроэлектронике. Это токсичные химические вещества, которые раздражают кожу, глаза и легкие, а также являются нейротоксинами, вызывающими метгемоглобинемию.

Смешали аммиак и фтор. Относительная плотность полученной газовой смеси по гелию составляет 6,5. Смесь нагрели в атмосфере азота до 140⁰С. В результате реакции образовалась соль и газ с плотностью 3,168 г/л (н.у.). Газ собрали и пропустили через раскаленную измельченную медную стружку. В результате реакции получили соль и газ с плотностью при н.у. 4,643 г/л. Обе полученные в результате реакций соли смешали. Рассчитайте массовые доли этих солей в образовавшейся смеси.

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|---|-------|
| $M(\text{смеси NH}_3 \text{ и F}_2) = 6,5 \cdot 4 = 26 \text{ г/моль}$ | |
| Пусть $v(\text{NH}_3) = x$; $v(\text{F}_2) = y$ | |
| $17x + 38y = 26(x + y)$ | |
| $9x = 12y$ | |
| $y = 0,75x$ | |
| $v(\text{NH}_3) : v(\text{F}_2) = 4:3$ | 2 |
| $M(\text{NF}_n) = 3,168 \cdot 22,4 = 71 \text{ г/моль}$ | |
| $14 + 19n = 71$ | |
| $n = 3 \Rightarrow \text{NF}_3$ | 2 |
| $4\text{NH}_3 + 3\text{F}_2 \rightarrow \text{NF}_3 + 3\text{NH}_4\text{F}$ | 2 |
| $v(\text{NF}_3) = x/4 = 0,25x \quad v(\text{NH}_4\text{F}) = 0,75x$ | |
| Т.к. медь – восстановитель, можно получить газ 2: NF_2 ($M = 52 \text{ г/моль}$) или NF ($M = 33 \text{ г/моль}$) | |
| $M(\text{газа 2}) = 4,643 \cdot 22,4 = 104 \text{ г/моль} \Rightarrow \text{димер N}_2\text{F}_4$ | 2 |
| $2\text{NF}_3 + \text{Cu} \rightarrow \text{N}_2\text{F}_4 + \text{CuF}_2$ | |
| $v(\text{CuF}_2) = 0,25x/2 = 0,125x$ | |
| $m(\text{CuF}_2) = 102 \cdot 0,125x = 12,75x$ | |
| $m(\text{NH}_4\text{F}) = 37 \cdot 0,75x = 27,75x$ | |
| $m(\text{смеси}) = 40,5x$ | |
| $\omega(\text{NH}_4\text{F}) = 27,75x/40,5x = 0,685$ (68,5%) | 2 |
| $\omega(\text{CuF}_2) = 12,75x/40,5x = 0,315$ (31,5%) | 2 |
| Максимальный балл | 12 |

| | |
|--------------------|------------------|
| ЗАДАНИЕ 9.2 | 12 баллов |
|--------------------|------------------|



Бинарные соединения калия и натрия с кислородом используются для регенерации выдыхаемой газовой смеси в системах жизнеобеспечения, в кислородных масках при оксигенотерапии (метод лечения гипоксемии и тканевой гипоксии с применением кислорода), а также, в изолирующих противогазах.

При сгорании калия массой 46,8 г образовалась смесь кристаллических веществ X (желтого цвета) и Y (белого цвета) в

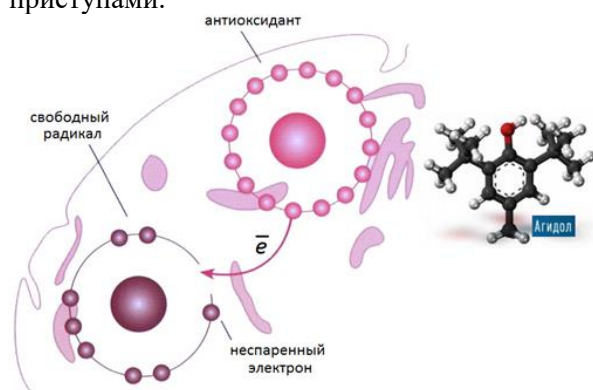
молярном соотношении 10:1. В полученной смеси масса атомов калия в 1,33 раза больше, чем масса атомов кислорода. При взаимодействии вещества Y с озоном образуется соединение Z – оранжево-красные кристаллы. Вещество Z реагирует с разбавленной горячей соляной кислотой с образованием двух газов – газа A и кислорода. Вещество X реагирует с разбавленной холодной соляной кислотой с образованием кислорода. Напишите уравнения всех реакций. Определите общий объем (н.у.) угарного газа, который может вступить в реакцию с газом A и полученным кислородом.

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|--|-------|
| $v(K) = 46,8/39 = 1,2$ моль $v(O) = 46,8/(1,33 \cdot 16) = 2,2$ моль $\Rightarrow v(O_2) = 2,2/2 = 1,1$ моль $v(K): v(O_2) = 1,2:1,1 = 12:11$ $12K + 11O_2 \rightarrow 10KO_2 + K_2O_2$ | 2 |
| Количество вещества X $v(KO_2) = 1,2 \cdot 10/12 = 1$ моль Количество вещества Y $v(K_2O_2) = 1,2 \cdot 1/12 = 0,1$ моль $3K_2O_2 + 4O_3 \rightarrow 6KO_3$ | 2 |
| $v(KO_3) = 2 \cdot 0,1 = 0,2$ моль $2KO_3 + 4HCl \rightarrow Cl_2 + 2O_2 + 2KCl + 2H_2O$ $2KO_2 + 2HCl \rightarrow O_2 + 2KCl + H_2O_2$ | 2 |
| $v(Cl_2) = 0,2/2 = 0,1$ моль $v(O_2) = 0,2 + 0,5 = 0,7$ моль $CO + Cl_2 \rightarrow COCl_2$ $2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$ | 2 |
| $v(CO) = 0,1 + 0,7 \cdot 2 = 1,5$ моль $V(CO) = 1,5 \cdot 22,4 = 33,6$ л | 2 |
| Максимальный балл | 12 |

ЗАДАНИЕ 10.2

18 баллов

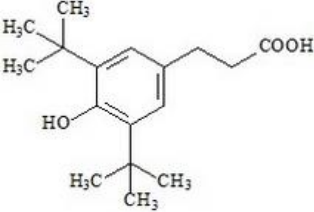
Пространственно экранированные фенолы являются эффективными антиоксидантами. В ряду замещённых фенолов значительное распространение приобрели 2,6-ди-*трет*-бутилфенолы, они хорошо изучены и обладают заметным антиоксидантным потенциалом. Наиболее известными являются: 3,5-ди-*трет*-бутил-4-гидрокситолуол (ионол, агидол, препарат Дибулин), дибунол, – ранозаживляющие средства при ожогах I-II степени, лучевых и трофических язвах. Фрагмент 2,6-ди-*трет*-бутилфенола применяется и в других лекарственных средствах. Препарат Дибуфелон (фенозановая кислота) зарегистрирован в РФ (РУ № ЛП-005332) и применяется в качестве компонента комбинированной терапии у пациентов с парциальными эпилептическими приступами.



Напишите структурную формулу Фенозановой кислоты (3-(3,5-ди-*трет*-бутил-4-гидроксифенил)пропановая кислота). Осуществите синтез фенозановой кислоты из фенола в три стадии, напишите уравнения реакций:

- 1) алкилирование фенола изобутиленом в присутствии кислотного катализатора;
- 2) алкилирование продукта акрилонитрилом (винилцианидом);
- 3) кислотный гидролиз полученного соединения.

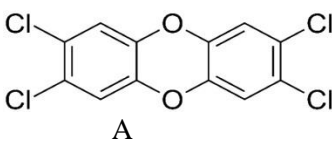
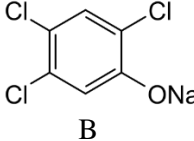
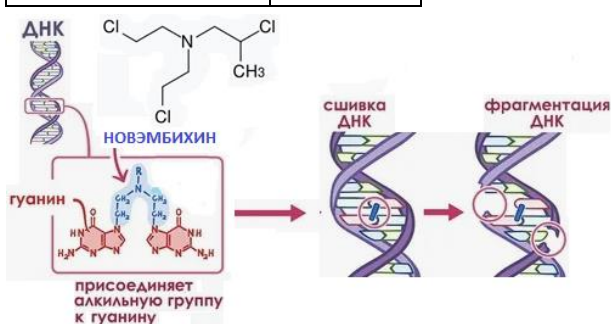
Для количественного определения фенозановой кислоты в лекарственной субстанции используется метод кислотно-основного титрования. Навеску субстанции массой 1,990г растворяют в мерной колбе объемом 100 мл в 96%-ном этиловом спирте и объем раствора доводят до метки спиртом. Из полученного раствора отбирают пробу для титрования объемом 10,0 мл, добавляют индикатор – фенолфталеин и титруют 0,1М раствором гидроксида натрия до розового окрашивания (кислота титруется как одноосновная!). На титрование было израсходовано 6,45 мл раствора титранта. Определите массовую долю фенозановой кислоты в лекарственной субстанции.

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|---|--|
| <p>Структурная формула фенозановой кислоты:</p>  <p>Уравнения реакций:</p> $\text{HO-C}_6\text{H}_5 + 2\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)_2 \rightarrow \text{HO-C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2$ $\text{HO-C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2 + \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CN} \rightarrow \text{HO-C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CN}$ $\text{HO-C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CN} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{HCl} \rightarrow \text{HO-C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH} + \text{NH}_4\text{Cl}$ <p>Количественное определение:</p> $\text{HO-C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{HO-C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$ <p>$v(\text{NaOH}) = 0,1 \cdot 6,45 = 0,645$ ммоль – в 10 мл раствора</p> <p>$v(\text{NaOH}) = 0,645 \cdot 10 = 6,45$ ммоль – в 100 мл раствора</p> <p>$v(\text{C}_{17}\text{H}_{26}\text{O}_3) = 6,45$ ммоль</p> <p>$m(\text{C}_{17}\text{H}_{26}\text{O}_3) = 6,45 \cdot 278 = 1793$ мг = 1,793 г</p> <p>$\omega(\text{C}_{17}\text{H}_{26}\text{O}_3) = 1,793/1,990 = 0,901$ (90,1%)</p> | <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>4</p> <p>4</p> |
| Максимальный балл | 18 |

Заключительный этап.

10 класс

Матрица

| ЗАДАНИЕ 1.3 | 6 баллов | | |
|---|----------|---|-------|
| <p>Диоксины – это глобальные экотоксиканты, обладающие мощным мутагенным, иммунодепрессантным, канцерогенным, тератогенным и эмбриотоксическим действием. Они слабо расщепляются и накапливаются как в организме человека, так и в биосфере планеты, включая воздух, воду, пищу. Диоксины образуются в качестве побочного продукта при производстве гербицидов хлорфенольного ряда.</p> <p>Американской армией во время войны во Вьетнаме с 1961 по 1971 годы в рамках программы по уничтожению растительности «Ranch Hand» в качестве дефолианта применялся Agent Orange — смесь 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты (2,4-Д) и 2,4,5-трихлорфеноксиуксусной кислоты (2,4,5-Т), содержащая примеси полихлорбензодиоксинов. В результате из-за воздействия диоксинов пострадало значительное число мирных вьетнамцев, многие на всю жизнь остались инвалидами в результате контакта с Agent Orange. Во Вьетнаме насчитывается более 4,8 миллионов жертв варварского распыления дефолиантов. Действия американских войск привели к практически полному уничтожению мангровых лесов (500 тыс.га), поражению 60%(около 1 млн га) джунглей и 30% равнинных лесов. В пораженных американской военной районами из 150 видов птиц осталось 18, произошло почти полное уничтожение земноводных и насекомых.</p> <p>В состав диоксиновых реагентов входят (А) 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-<i>para</i>-диоксин и (В) 2,4,5-трихлорфенолят натрия. Рассчитайте массу атомарного углерода, содержащегося в 10 г реагента, если молярное соотношение компонентов в смеси А:В равно 3:2.</p> | | | |
| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | | | Баллы |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>А</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>В</p> </div> </div> | | | 3 |
| $v(C) = 12 \cdot 3 + 6 \cdot 2 = 48$ $m(C) = 12 \cdot 48 = 576 \text{ г}$ $m(\text{смеси } C_{12}H_4Cl_4O_2 \text{ и } C_6H_2Cl_3ONa) = 3 \cdot 322 + 2 \cdot 219,5 = 1405 \text{ г}$ $\omega(C \text{ в смеси}) = 576/1405 = 0,41$ $m(C) = 0,41 \cdot 10 = 4,1 \text{ г}$ | | | 3 |
| Максимальный балл | | | 6 |
| ЗАДАНИЕ 2.3 | 6 баллов | | |
|  <p>ДНК</p> <p>НОВЭМБИХИН</p> <p>гуанин</p> <p>присоединяет алкильную группу к гуанину</p> <p>сшивка ДНК</p> <p>фрагментация ДНК</p> | | <p>Цитостатические препараты алкилирующего действия широко применяются в качестве химиопрепаратов в терапии онкологических заболеваний. Механизм цитотоксичности заключается в повреждении ДНК путём образования связей между алкильными группами и гуаниновыми основаниями ДНК, в результате чего в ДНК образуются внутри- и межнитевые сшивки, что препятствует</p> | |


нормальному протеканию процессов репликации, приводит к задержке клеточного цикла и апоптозу. Одним из таких препаратов является Новэмбихин.
Ампула содержит 10 мг новэмбихина. В ампулу вливают шприцем 10 мл стерильного 0,9%-ного раствора хлорида натрия (физ. раствор). Из этого раствора в шприц емкостью 20 мл отбирают 6 мл полученного раствора, доводят объем жидкости в шприце до 20 мл физраствором и медленно вводят в вену. Определите концентрацию (в мг/мл) полученного раствора для внутривенного введения. Период полувыведения препарата новэмбихин из организма человека составляет 40 часов. Рассчитайте, какая часть (в %) введенного препарата останется в организме через 70 часов после внутривенного введения (считать, что период полувыведения не зависит от концентрации).

| | |
|--|--------------------------------|
| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
| Масса вещества в концентрате: $m = 10\text{мг} \cdot 6\text{мл} / 10\text{ мл} = 6\text{ мг}$ Концентрация в полученном растворе = $6/20 = 0,3\text{ мг/мл}$ Через 40ч – 50% => через 80ч – 25%; через $(40+80)/2 = 60\text{ч}$ останется $(50+25)/2 = 37,5\%$ через $(60+80)/2 = 70\text{ч}$ останется $(37,5+25)/2 = 31,25\%$ <i>или:</i> $C_0/C_t = \exp(70 \cdot \ln 2 / 40) = e^{1,21} = 3,32$ $C_t = 100/3,32 = 30,12\%$ | 3 3 |
| Максимальный балл | 6 |

ЗАДАНИЕ 3.3

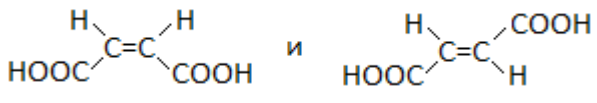
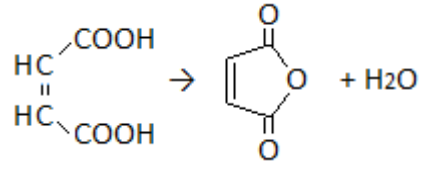
6 баллов

Геометрические изомеры могут значительно отличаться по свойствам и биологической активности. В таблице приведены некоторые свойства изомерных соединений:

| | Цис-изомер | Транс-изомер |  Дымянка лекарственная (<i>Fumaria officinalis</i>) |
|--------------------------------|----------------------------------|---|---|
| Температура плавления | 130°C | 288°C | |
| Растворимость в воде при 25 °C | 78,8 г/л | 6,3 г/л | |
| Распространенность в природе | В природе не встречается; ядовит | В грибах, лишайниках, животных и растительных клетках; участвует в обмене веществ (цикл Кребса) | |

Смесь двух геометрических изомеров содержит 41,38% по массе углерода. При сгорании этой смеси образовалась только вода и оксид углерода (IV). Масса образовавшегося оксида углерода (IV) в 4,889 раз больше, чем масса воды. Исходная смесь изомеров массой 4,64 г может максимально прореагировать со 100 мл 0,8М раствора гидроксида натрия или со 160 г 4%-ного раствора брома. При нагревании смеси до 100°C ее масса уменьшилась до 4,1 г. Определите массовую долю каждого изомера в исходной смеси.

| | |
|---|-------|
| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
| Пусть $v(\text{CO}_2) = x$ моль; $v(\text{H}_2\text{O}) = y$ моль, тогда $44x = 4,889 \cdot 18y$ $x = 2y$ Поскольку $v(\text{CO}_2) = 2v(\text{H}_2\text{O})$, то $v(\text{C}) = v(\text{H})$ и молекулярная формула $\text{C}_n\text{H}_n\text{O}_m$ $16n = 0,4138(13n + 16m)$ $13n + 16m = 29n$ | |

| | |
|--|---|
| $n = m \Rightarrow C_nH_nO_n$ по условию возможно $C_4H_4O_4$ $v(C_4H_4O_4) = 4,64/116 = 0,04$ моль $v(NaOH) = 0,1 \cdot 0,8 = 0,08$ моль; $v(Br_2) = 160 \cdot 0,04/160 = 0,04$ моль Структурные формулы изомеров: | 2 |
|  | 2 |
| Разлагается только малеиновая кислота: | |
|  | |
| $v(H_2O) = (4,64 - 4,1)/18 = 0,03$ моль $\omega(\text{цис-}C_4H_4O_4) = 0,03/0,04 = 0,75$ (75%) $\omega(\text{транс-}C_4H_4O_4) = 0,01/0,04 = 0,25$ (25%) | 2 |
| Максимальный балл | 6 |

ЗАДАНИЕ 4.3
8 баллов

Галоформная реакция является одной из старейших известных органических реакций. Ее впервые осуществил французский химик Жорж-Симон Серулла в 1822 году. В результате взаимодействия йода и этанола в присутствии щелочи было получено вещество, названное тогда «гидроидом углерода». Оно обладает антисептическими свойствами, выделяющийся из препарата йод оказывает антимикробное, рассасывающее и противовоспалительное действие, способствует очищению раневой поверхности и усиливает грануляцию.

К раствору кетона X в диоксане добавили раствор гидроксида натрия и избыток раствора йода, при этом образовалось 35,5 г желтого осадка, в котором массовая доля йода составляет 96,7%, а массовая доля углерода 3,05%, и соль карбоновой кислоты массой 7,38 г. Такая же масса кетона X реагирует с гидразином (NH_2-NH_2), продукт реакции восстановили твердым гидроксидом калия при нагревании в присутствии катализатора и получили 2,77 г углеводорода Y (один из продуктов реакции – азот). Определите выход реакции восстановления и массу йода, необходимую для окисления кетона X. Напишите уравнения реакций.

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|--|-------|
| $C:H:I = 3,05/12:0,25/1:96,7/127 = 1:1:3 \Rightarrow CHI_3$ | 2 |
| $R-C(O)-CH_3 + 4NaOH + 3I_2 \rightarrow RCOONa + CHI_3 + 3NaI + 3H_2O$ $v(CHI_3) = 35,5/394 = 0,09$ моль $\Rightarrow v(RCOONa) = 0,09$ моль $M(RCOONa) = 7,38/0,09 = 82$ г/моль $M(R) = 15$ (CH_3) \Rightarrow кетон – ацетон $v(C_3H_6O) = 0,09$ моль | 2 |
| $CH_3-C(O)-CH_3 + NH_2-NH_2 \rightarrow CH_3-CH_2-CH_3 + N_2 + H_2O$ $v(C_3H_8) = 2,77/44 = 0,063$ моль $\eta = 0,063/0,09 = 0,7$ (70%) $m(I_2) = 3 \cdot 0,09 \cdot 254 = 68,58$ г | 2 |
| Максимальный балл | 8 |

ЗАДАНИЕ 5.3
10 баллов

Константа растворимости – это константа равновесия процесса диссоциации малорастворимого

электролита в насыщенном растворе. Она равна произведению равновесных молярных концентраций образующихся при диссоциации ионов с учетом (в степенях) стехиометрических коэффициентов. Водородный показатель рН – это отрицательный десятичный логарифм равновесной молярной концентрации ионов водорода в растворе.

Гидроксид магния используется в медицине как антацидное и слабительное средство. Нейтрализует свободную хлороводородную кислоту в желудке, снижает пептическую активность желудочного сока.

Растворимость гидроксида магния при 25⁰С составляет 0,7 мг в 100 г воды. Определите константу растворимости гидроксида магния; рассчитайте рН насыщенного раствора (изменением объема при растворении вещества пренебречь).

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|---|-------|
| $Mg(OH)_2 \leftrightarrow Mg^{2+} + 2OH^-$ | 2 |
| $v(Mg(OH)_2) = 0,7 \cdot 10^{-3} / 58 = 1,21 \cdot 10^{-5}$ моль | |
| $c(Mg(OH)_2) = 1,21 \cdot 10^{-5} / 0,1 = 1,21 \cdot 10^{-4}$ моль/л | 2 |
| $K_s = c(Mg^{2+}) \cdot c^2(OH^-)$ | 2 |
| $K_s = 1,21 \cdot 10^{-4} \cdot (2 \cdot 1,21 \cdot 10^{-4})^2 = 7,09 \cdot 10^{-12}$ | 2 |
| $pOH = -lgc(OH^-) = -lg(2 \cdot 1,21 \cdot 10^{-4}) = 3,62$ | |
| $pH = 14 - 3,62 = 10,38$ | 2 |
| Максимальный балл | 10 |

ЗАДАНИЕ 6.3

10 баллов

Элемент X, широко используемый в составе конструкционных материалов в ортопедической стоматологии, образует соединение $[X(NH_3)_6](OH)_2$, в которой массовая доля элемента X составляет 30,15%. При взаимодействии простого вещества X с разбавленной азотной кислотой образуется соль светло-зеленого цвета, которую выделили из раствора в виде кристаллогидрата А



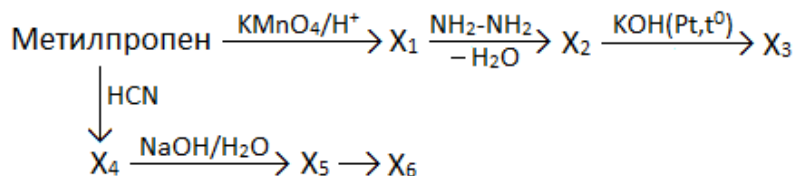
синего цвета. В веществе (А) масса атомов кислорода в 16 раз больше, чем масса атомов водорода. Кристаллогидрат (А) прокалили при 350⁰С до постоянной массы, при этом образовалась смесь газов объемом 9,13 л (при температуре 20⁰С и давлении 100кПа). Твердый остаток после прокаливания растворили в концентрированном растворе аммиака с образованием комплексного гидроксида $[X(NH_3)_6](OH)_2$. Рассчитайте массу взятого кристаллогидрата А. Напишите уравнения реакций.

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|---|-------|
| Пусть $A_r(X) = x$ | |
| $x = 0,3015(x+136) \Rightarrow x = 58,7$ (Ni) | 2 |
| $3Ni + 8HNO_3 \rightarrow 3Ni(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$ кристаллогидрат $Ni(NO_3)_2 \cdot nH_2O$ | |
| $16(6+n) = 16 \cdot 2n$ | |
| $16n = 96$ | |
| $n = 6$ | 2 |
| $2Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O \rightarrow 2NiO + 4NO_2 + O_2 + 12H_2O$ | |
| $NiO + 6NH_3 + H_2O \rightarrow [Ni(NH_3)_6](OH)_2$ | 2 |
| $v(\text{газов}) = 100 \cdot 9,13 / 8,31 \cdot 293 = 0,375$ моль | 2 |

| | |
|---|----|
| $v(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 0,375 \cdot 2/5 = 0,15$ моль | |
| $m(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 0,15 \cdot 290,7 = 43,6$ г | 2 |
| Максимальный балл | 10 |

ЗАДАНИЕ 7.3
12 баллов

Напишите уравнения реакций, соответствующих схеме превращений, с использованием структурных формул органических веществ. Соединения X_3 и X_6 – углеводороды, гомологи:



| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|--|-------|
| 1) $5(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CH}_2 + 8\text{KMnO}_4 + 12\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{O} + 5\text{CO}_2 + 8\text{MnSO}_4 + 4\text{K}_2\text{SO}_4 + 17\text{H}_2\text{O}$ | 2 |
| 2) $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{O} + \text{NH}_2\text{-NH}_2 \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{N-NH}_2 + \text{H}_2\text{O}$ | 2 |
| 3) $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{N-NH}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3 + \text{N}_2$ | 2 |
| 4) $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CH}_2 + \text{HCN} \rightarrow (\text{CH}_3)_3\text{C-CN}$ | 2 |
| 5) $(\text{CH}_3)_3\text{C-CN} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{CH}_3)_3\text{C-COONa} + \text{NH}_3$ | 2 |
| 6) $(\text{CH}_3)_3\text{C-COONa} + \text{NaOH} \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{CH-CH}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ | |
| Максимальный балл | 12 |

ЗАДАНИЕ 8.3
12 баллов

Бинарные соединения фтора с азотом (фториды азота) – тяжелые негорючие газы, применяемые в микроэлектронике. Это токсичные химические вещества, которые раздражают кожу, глаза и легкие, а также являются нейротоксинами, вызывающими метгемоглобинемию.

Смешали аммиак и фтор. Относительная плотность полученной газовой смеси по водороду равна 13. Смесь нагрели в атмосфере азота до 135°C . В результате реакции образовалась соль и газ с плотностью 3,168 г/л (н.у.). Газ собрали и пропустили через горячий концентрированный раствор гидроксида натрия, при этом произошел полный гидролиз. При выпаривании воды получили смесь двух солей. Рассчитайте массовые доли солей в образовавшейся смеси.

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|---|-------|
| $M(\text{смеси NH}_3 \text{ и F}_2) = 13 \cdot 2 = 26$ г/моль Пусть $v(\text{NH}_3) = x$; $v(\text{F}_2) = y$ $17x + 38y = 26(x + y)$ $9x = 12y$ $y = 0,75x$ $v(\text{NH}_3) : v(\text{F}_2) = 4:3$ $M(\text{NF}_n) = 3,168 \cdot 22,4 = 71$ г/моль $14 + 19n = 71$ | 2 |

| | |
|--|----|
| $n = 3 \Rightarrow \text{NF}_3$ | 2 |
| $4\text{NH}_3 + 3\text{F}_2 \rightarrow \text{NF}_3 + 3\text{NH}_4\text{F}$ | 2 |
| $v(\text{NF}_3) = z$ | |
| $\text{NF}_3 + 4\text{NaOH} \rightarrow \text{NaNO}_2 + 3\text{NaF} + 2\text{H}_2\text{O}$ | 2 |
| $v(\text{NaNO}_2) = z$ | |
| $m(\text{NaNO}_2) = 69z$ | |
| $v(\text{NaF}) = 3z$ | |
| $m(\text{NaF}) = 42 \cdot 3z = 126z$ | |
| $m(\text{смеси}) = 195z$ | |
| $\omega(\text{NaNO}_2) = 69z/195z = 0,354 (35,4\%)$ | 2 |
| $\omega(\text{NaF}) = 126z/195z = 0,646 (64,6\%)$ | 2 |
| Максимальный балл | 12 |

ЗАДАНИЕ 9.3
12 баллов


Бинарные соединения калия и натрия с кислородом используются для регенерации выдыхаемой газовой смеси в системах жизнеобеспечения, в кислородных масках при оксигенотерапии (метод лечения гипоксемии и тканевой гипоксии с применением кислорода), а также, в изолирующих противогазах.

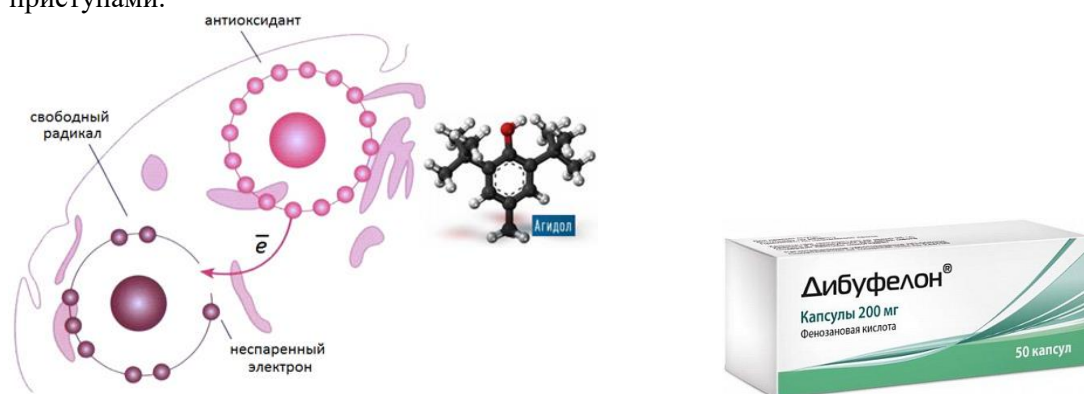
При сгорании калия массой 62,4 г образовалась смесь кристаллических веществ X (желтого цвета) и Y (белого цвета). Вещество Y реагирует с разбавленной горячей серной кислотой с образованием простого газообразного вещества А. Вещество X реагирует с безводной серной кислотой с образованием простого газообразного вещества В. Молярное соотношение полученных газов А и В равно 1:8. Напишите уравнения всех реакций. Определите объем газа А (при н.у.), который образуется при взаимодействии смеси веществ X и Y с углекислым газом.

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|--|-------|
| $v(\text{K}) = 62,4/39 = 1,6$ моль | |
| Вещество X – KO_2 ; вещество Y – K_2O_2 | 2 |
| $2\text{KO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$ | |
| $2\text{K}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ | 2 |
| Пусть $v(\text{O}_2) = x$, тогда $v(\text{O}_3) = 8x$ (по условию) | |
| $v(\text{KO}_2) = 2 \cdot 8x = 16x$ $v(\text{K}_2\text{O}_2) = 2x$ | |
| $v(\text{K}) = 16x + 4x = 20x$ | |
| $20x = 1,6$ | |
| $x = 0,08$ | |
| $10\text{K} + 9\text{O}_2 \rightarrow 8\text{KO}_2 + \text{K}_2\text{O}_2$ | 2 |
| Количество вещества X $v(\text{KO}_2) = 16 \cdot 0,08 = 1,28$ моль; | |
| Количество вещества Y $v(\text{K}_2\text{O}_2) = 2 \cdot 0,08 = 0,16$ моль | 2 |
| $4\text{KO}_2 + 2\text{CO}_2 \rightarrow 2\text{K}_2\text{CO}_3 + 3\text{O}_2$ | |
| $2\text{K}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 \rightarrow 2\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$ | 2 |

| | |
|---|----|
| $v(\text{O}_2) = 1,28 \cdot 3/4 + 0,16/2 = 1,04$ моль | |
| $V(\text{O}_2) = 1,04 \cdot 22,4 = 23,3$ | 2 |
| Максимальный балл | 12 |

ЗАДАНИЕ 10.3
18 баллов

Пространственно экранированные фенолы являются эффективными антиоксидантами. В ряду замещённых фенолов значительное распространение приобрели 2,6-ди-*трет*-бутилфенолы, они хорошо изучены и обладают заметным антиоксидантным потенциалом. Наиболее известными являются: 3,5-ди-*трет*-бутил-4-гидрокситолуол (ионол, агидол, препарат Дибутин), дибунол, – ранозаживляющие средства при ожогах I-II степени, лучевых и трофических язвах. Фрагмент 2,6-ди-*трет*-бутилфенола применяется и в других лекарственных средствах. Препарат Дибуфелон (фенозановая кислота) зарегистрирован в РФ (РУ № ЛП-005332) и применяется в качестве компонента комбинированной терапии у пациентов с парциальными эпилептическими приступами.



Напишите структурную формулу Фенозановой кислоты (3-(3,5-ди-*трет*-бутил-4-гидроксифенил)пропановая кислота). Осуществите синтез фенозановой кислоты из 4-гидроксibenзальдегида в три стадии, напишите уравнения реакций:

- 1) алкилирование 4-гидроксibenзальдегида изобутиленом в присутствии кислотного катализатора;
- 2) конденсация продукта с малоновой (пропандиовой) кислотой в присутствии органического основания – пиридина до прекращения выделения углекислого газа;
- 3) гидрирование полученной кислоты натрийборгидридом или водородом в присутствии никелевого катализатора.

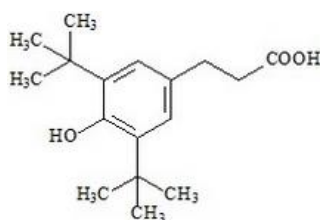
Для количественного определения фенозановой кислоты в лекарственной субстанции используется метод кислотно-основного титрования. Навеску субстанции массой 0,580 г растворяют в мерной колбе объемом 50 мл в 96%-ном этиловом спирте и объем раствора доводят до метки спиртом. Из полученного раствора отбирают пробу для титрования объемом 5,0 мл, добавляют индикатор – фенолфталеин и титруют 0,1М раствором гидроксида натрия до розового окрашивания (кислота титруется как одноосновная!). На титрование было израсходовано 2,0 мл раствора титранта. Определите массовую долю фенозановой кислоты в лекарственной субстанции.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)

Баллы

Структурная формула фенозановой кислоты:

2



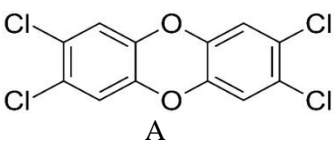
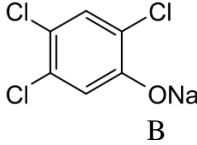
Уравнения реакций:

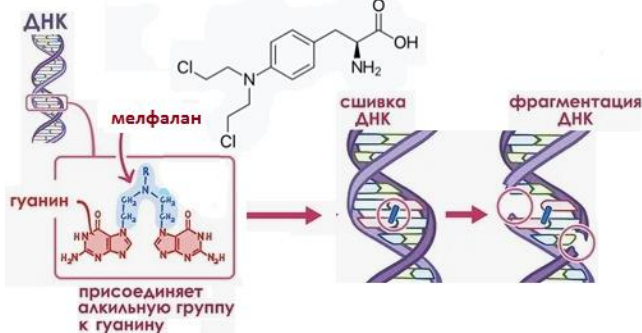
| | |
|--|----|
| $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CHO} + 2\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)_2 \rightarrow \text{HO}-\text{C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2-\text{CHO}$ | 2 |
| $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2-\text{CHO} + \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COOH} \rightarrow \text{HO}-\text{C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ | 2 |
| $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH} + \text{H}_2 \rightarrow \text{HO}-\text{C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ | 2 |
| <p>Количественное определение:</p> $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{HO}-\text{C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$ | 4 |
| $v(\text{NaOH}) = 0,1 \cdot 2 = 0,2 \text{ ммоль} - \text{ в } 5 \text{ мл раствора}$ | 4 |
| $v(\text{NaOH}) = 0,2 \cdot 10 = 2 \text{ ммоль} - \text{ в } 50 \text{ мл раствора}$ | |
| $v(\text{C}_{17}\text{H}_{26}\text{O}_3) = 2 \text{ ммоль}$ | |
| $m(\text{C}_{17}\text{H}_{26}\text{O}_3) = 2 \cdot 278 = 556 \text{ мг}$ | |
| $\omega(\text{C}_{17}\text{H}_{26}\text{O}_3) = 556/580 = 0,959 (95,9\%)$ | |
| Максимальный балл | 18 |

Заключительный этап.

10 класс

Матрица

| ЗАДАНИЕ 1.4 | 6 баллов |
|---|----------|
| <p>Диоксины – это глобальные экотоксиканты, обладающие мощным мутагенным, иммунодепрессантным, канцерогенным, тератогенным и эмбриотоксическим действием. Они слабо расщепляются и накапливаются как в организме человека, так и в биосфере планеты, включая воздух, воду, пищу. Диоксины образуются в качестве побочного продукта при производстве гербицидов хлорфенольного ряда.</p> <p>Американской армией во время войны во Вьетнаме с 1961 по 1971 годы в рамках программы по уничтожению растительности «Ranch Hand» в качестве дефолианта применялся Agent Orange — смесь 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты (2,4-Д) и 2,4,5-трихлорфеноксиуксусной кислоты (2,4,5-Т), содержащая примеси полихлорбензодиоксинов. В результате из-за воздействия диоксинов пострадало значительное число мирных вьетнамцев, многие на всю жизнь остались инвалидами в результате контакта с Agent Orange. Во Вьетнаме насчитывается более 4,8 миллионов жертв варварского распыления дефолиантов. Действия американских войск привели к практически полному уничтожению мангровых лесов (500 тыс.га), поражению 60%(около 1 млн га) джунглей и 30% равнинных лесов. В пораженных американской военщиной районах из 150 видов птиц осталось 18, произошло почти полное уничтожение земноводных и насекомых.</p> <p>В состав диоксиновых реагентов входят (А) 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-<i>para</i>-диоксин и (В) 2,4,5-трихлорфенолят натрия. Рассчитайте, во сколько раз масса атомарного хлора больше массы атомарного натрия в образце массой 100 г, если молярное соотношение компонентов в смеси А:В равно 10:1.</p> | |
| <p>Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</p> | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>А</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>В</p> </div> </div> | |
| $v(\text{Cl}) = 4 \cdot 10 + 3 = 43$ $m(\text{Cl}) = 35,5 \cdot 43 = 1526,5 \text{ г}$ $v(\text{Na}) = 1$ $m(\text{Na}) = 23 \text{ г}$ $m(\text{Cl})/m(\text{Na}) = 1526,5/23 = 66,37 \approx \text{в } 66,4 \text{ раза}$ | |
| <p>Максимальный балл</p> | |
| <p>6</p> | |

| | ЗАДАНИЕ 2.4 6 баллов |
|---|---|
|  | <p>Цитостатические препараты алкилирующего действия широко применяются в качестве химиопрепаратов в терапии онкологических заболеваний. Механизм цитотоксичности заключается в повреждении ДНК путём образования связей между алкильными группами и гуаниновыми основаниями ДНК, в результате чего в ДНК образуются внутри-</p> |

и межнитевые шивки, что препятствует нормальному протеканию процессов репликации, приводит к задержке клеточного цикла и апоптозу. Одним из таких препаратов является Мелфалан (торговые наименования «Алкеран», «Сарколизин»), также известен как L-фенилаланин мустанд (L-РАМ).


Концентрат для приготовления раствора (флакон объемом 10 мл) содержит 10 мг мелфалана в 1 мл раствора. Его разбавляют 0,9%-ным раствором хлорида натрия (физ. раствор) с получением раствора для внутривенного введения с концентрацией 0,4 мг/мл. Определите объем добавленного физраствора. Период полувыведения препарата мелфалан из организма человека составляет 20 часов. Рассчитайте, через какое время после внутривенного введения в организме останется 18,75% введенного препарата. (Считать, что период полувыведения не зависит от концентрации).

| | |
|--|-------|
| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
| <p>Масса вещества в концентрате: $m = 10\text{мг/мл} \cdot 10\text{мл} = 100\text{ мг}$</p> <p>Объем полученного раствора: $V = 100/0,4 = 250\text{мл}$</p> <p>$V(\text{физ.р-ра}) = 250 - 10 = 240\text{ мл}$</p> <p>Через 20ч – 50% => через 40ч – 25%; через 60ч – 12,5%</p> <p>Останется $(25+12,5)/2 = 18,75\%$ через $(40+60)/2 = 50\text{ч}$</p> <p>или: $t = 20 \cdot \ln(100/18,75) / \ln 2 = 20 \cdot \ln 5,33 / \ln 2 = 49\text{ ч}$</p> | 3 |
| Максимальный балл | 6 |

ЗАДАНИЕ 3.4

6 баллов

Геометрические изомеры могут значительно отличаться по свойствам и биологической активности. В таблице приведены некоторые свойства изомерных соединений:

| | Цис-изомер | Транс-изомер |  <p>Дымянка лекарственная (<i>Fumaria officinalis</i>)</p> |
|--------------------------------|----------------------------------|---|---|
| Температура плавления | 130°C | 288°C | |
| Растворимость в воде при 25 °С | 78,8 г/л | 6,3 г/л | |
| Распространенность в природе | В природе не встречается; ядовит | В грибах, лишайниках, животных и растительных клетках; участвует в обмене веществ (цикл Кребса) | |

Смесь двух геометрических изомеров содержит 3,45% водорода по массе. При сгорании этой смеси образовалась только вода и оксид углерода (IV). Масса образовавшейся воды в 4,889 раз меньше, чем масса углекислого газа. Исходная смесь изомеров массой 11,6 г может максимально прореагировать с 80 мл 2,5М раствора гидроксида натрия или с 16 г брома в растворе. При нагревании смеси до 100°C ее масса уменьшилась до 10,07 г. Определите массовую долю каждого изомера в исходной смеси.

| | |
|---|-------|
| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|---|-------|

| | |
|--|---|
| <p>Пусть $\nu(\text{CO}_2) = x$ моль; $\nu(\text{H}_2\text{O}) = y$ моль, тогда</p> $44x = 4,889 \cdot 18y$ $x = 2y$ <p>Поскольку $\nu(\text{CO}_2) = 2\nu(\text{H}_2\text{O})$, то $\nu(\text{C}) = \nu(\text{H})$ и молекулярная формула $\text{C}_n\text{H}_n\text{O}_m$</p> $n = 0,0345(13n + 16m)$ $13n + 16m = 29n$ $n = m \Rightarrow \text{C}_n\text{H}_n\text{O}_n \text{ по условию возможно } \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$ $\nu(\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4) = 11,6/116 = 0,1 \text{ моль}$ $\nu(\text{NaOH}) = 2,5 \cdot 0,08 = 0,2 \text{ моль}; \nu(\text{Br}_2) = 16/160 = 0,1 \text{ моль}$ <p>Структурные формулы изомеров:</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>Разлагается только малеиновая кислота:</p> <div style="text-align: center;"> </div> $\nu(\text{H}_2\text{O}) = (11,6 - 10,07)/18 = 0,085 \text{ моль}$ $\omega(\text{цис-}\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4) = 0,085/0,1 = 0,85 (85\%)$ $\omega(\text{транс-}\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4) = 0,015/0,1 = 0,15 (15\%)$ | 2 |
| Максимальный балл | 6 |

ЗАДАНИЕ 4.4
8 баллов

Галоформная реакция является одной из старейших известных органических реакций. Ее впервые осуществил французский химик Жорж-Симон Серулла в 1822 году. В результате взаимодействия йода и этанола в присутствии щелочи было получено вещество, названное тогда «гидроидид углерода». Оно обладает антисептическими свойствами; выделяющийся из препарата йод оказывает антимикробное, рассасывающее и противовоспалительное действие, способствует очищению раневой поверхности и усиливает грануляцию.

К раствору кетона X в диоксане добавили раствор гидроксида натрия и избыток раствора йода, при этом образовалось 29,55 г желтого осадка, в котором массовая доля йода составляет 96,7%, а массовая доля водорода 0,25%, и соль карбоновой кислоты массой 7,2 г. Такая же масса кетона X реагирует с гидразином ($\text{NH}_2\text{-NH}_2$), продукт реакции восстановили твердым гидроксидом калия при нагревании в присутствии катализатора и получили 3,22 г углеводорода Y (один из продуктов реакции – азот). Определите выход реакции восстановления и массу йода, необходимую для окисления кетона X. Напишите уравнения реакций.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)

Баллы

| | |
|---|----------------------------------|
| $C:H:I = 3,05/12:0,25/1:96,7/127 = 1:1:3 \Rightarrow CHI_3$ $R-C(O)-CH_3 + 4NaOH + 3I_2 \rightarrow RCOONa + CHI_3 + 3NaI + 3H_2O$ $v(CHI_3) = 29,55/394 = 0,075 \text{ моль} \Rightarrow v(RCOONa) = 0,075 \text{ моль}$ $M(RCOONa) = 7,2/0,075 = 96 \text{ г/моль} \quad M(R) = 29 (C_2H_5) \Rightarrow \text{кетон} - \text{бутанон}$ $v(C_4H_8O) = 0,075 \text{ моль}$ $CH_3-CH_2-C(O)-CH_3 + NH_2-NH_2 \rightarrow CH_3-CH_2-CH_2-CH_3 + N_2 + H_2O$ $v(C_4H_{10}) = 3,22/58 = 0,0555 \text{ моль}$ $\eta = 0,0555/0,075 = 0,74 (74\%)$ $m(I_2) = 3 \cdot 0,075 \cdot 254 = 57,15 \text{ г}$ | 2 2 2 2 |
| Максимальный балл | 8 |

ЗАДАНИЕ 5.4
10 баллов

Константа растворимости – это константа равновесия процесса диссоциации малорастворимого электролита в насыщенном растворе. Она равна произведению равновесных молярных концентраций образующихся при диссоциации ионов с учетом (в степенях) стехиометрических коэффициентов. Водородный показатель рН – это отрицательный десятичный логарифм равновесной молярной концентрации ионов водорода в растворе.

Гидроксид кальция используется в медицине как вяжущее средство. Используется в стоматологии, например, препарат Calciyl (гидроксид кальция в растворе Рингера).

Растворимость гидроксида кальция при 25⁰С составляет 86 мг в 100 г воды. Определите константу растворимости гидроксида кальция; рассчитайте рН насыщенного раствора (изменением объема при растворении вещества пренебречь).

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|---|----------------------------------|
| $Ca(OH)_2 \leftrightarrow Ca^{2+} + 2OH^-$ $v(Ca(OH)_2) = 86 \cdot 10^{-3} / 74 = 1,162 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$ $c(Ca(OH)_2) = 1,162 \cdot 10^{-3} / 0,1 = 1,162 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л}$ $K_s = c(Ca^{2+}) \cdot c^2(OH^-)$ $K_s = 1,162 \cdot 10^{-2} \cdot (2 \cdot 1,162 \cdot 10^{-2})^2 = 6,28 \cdot 10^{-6}$ $pOH = -\lg c(OH^-) = -\lg(2 \cdot 0,01162) = 1,63$ $pH = 14 - 1,63 = 12,37$ | 2 2 2 4 |
| Максимальный балл | 10 |

ЗАДАНИЕ 6.4
10 баллов


Элемент X, широко используемый в составе конструкционных материалов в ортопедической стоматологии, образует соединение $[X(CO)_4]$, в которой массовая доля углерода составляет 28,12%. При взаимодействии простого вещества X с разбавленной азотной кислотой образуется соль светло-зеленого цвета, которую выделили из раствора в виде кристаллогидрата А синего цвета. В веществе (А) каждый 27-й атом – это атом X.

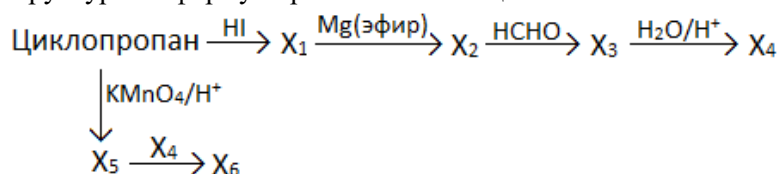
Кристаллогидрат (А) прокалили при 300⁰С до постоянной массы, при этом образовался твердый остаток желтого цвета, который растворили в 30%-ном растворе аммиака (плотность раствора 0,895 г/мл) с образованием комплексного гидроксида $[X(NH_3)_6](OH)_2$. Рассчитайте минимальный объем раствора аммиака, необходимый для растворения твердого остатка, если масса взятого кристаллогидрата А равна 43,6 г. Напишите уравнения реакций.

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|---|-------|
|---|-------|

| | |
|--|----|
| Пусть $A_r(X) = x$ | |
| $12 \cdot 4 = 0,2812(x+112) \Rightarrow x = 58,7$ (Ni) | 2 |
| $3\text{Ni} + 8\text{HNO}_3 \rightarrow 3\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$ | |
| кристаллогидрат $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$; $N(\text{атомов в кристаллогидрате}) = 9 + 3n$ | |
| $9 + 3n = 27$ | |
| $3n = 18$ | |
| $n = 6$ | 2 |
| $2\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NiO} + 4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 12\text{H}_2\text{O}$ | |
| $\text{NiO} + 6\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{Ni}(\text{NH}_3)_6](\text{OH})_2$ | 2 |
| $100 \cdot 9,13/8,31 \cdot 293 = 0,375$ моль | |
| $v(\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 43,6/290,7 = 0,15$ моль $\Rightarrow v(\text{NiO}) = 0,15$ моль | |
| $v(\text{NH}_3) = 0,15 \cdot 6 = 0,9$ моль | 2 |
| $m(\text{NH}_3) = 0,9 \cdot 17 = 15,3$ г | |
| $V(\text{p-раNH}_3) = 15,3/0,3 \cdot 0,895 = 57$ мл | 2 |
| Максимальный балл | 10 |

ЗАДАНИЕ 7.4**12 баллов**

Напишите уравнения реакций, соответствующих схеме превращений, с использованием структурных формул органических веществ:



| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|--|-------|
| 1) $\triangle + \text{HI} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{I}$ | 2 |
| 2) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{I} + \text{Mg} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{MgI}$ | 2 |
| 3) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{MgI} + \text{HCHO} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OMgI}$ | 2 |
| 4) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OMgI} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} + \text{Mg}(\text{OH})\text{I}$ | 2 |
| 5) $\triangle + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COOH} + 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$ | 2 |
| 6) $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COOH} + 2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} \rightarrow \text{C}_4\text{H}_7\text{OOC}-\text{CH}_2-\text{COOC}_4\text{H}_7 + 2\text{H}_2\text{O}$ или: $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COOC}_4\text{H}_7$ | 2 |
| Максимальный балл | 12 |

ЗАДАНИЕ 8.4**12 баллов**

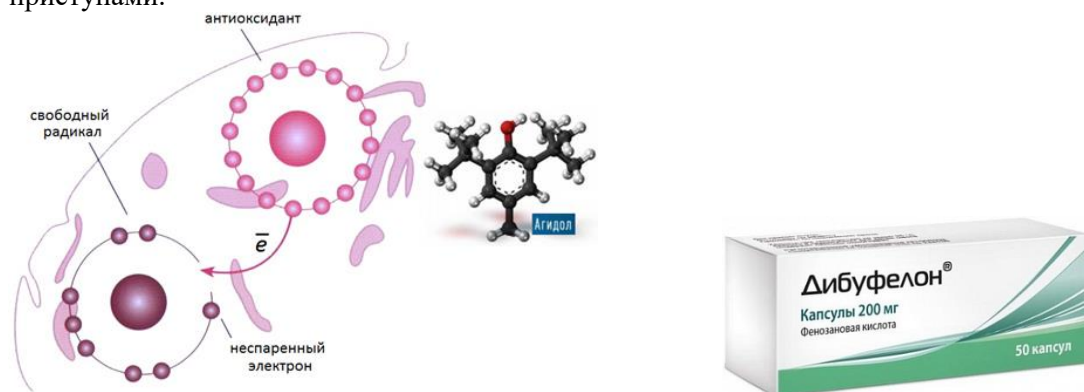
Бинарные соединения фтора с азотом (фториды азота) – тяжелые негорючие газы, применяемые в микроэлектронике. Это токсичные химические вещества, которые раздражают кожу, глаза и легкие, а также являются нейротоксинами, вызывающими метгемоглобинемию.

Смешали аммиак и фтор. Плотность полученной газовой смеси равна 1,161 г/л (н.у.). Смесь нагрели в атмосфере азота до 140°C. В результате реакции образовалась соль и газ с относительной плотностью по неону 3,55. Газ собрали и пропустили через горячий концентрированный раствор гидроксида калия, при этом произошел полный гидролиз. При

| | |
|--|----|
| $v(K) = 17,55/39 = 0,45$ моль | |
| $v(\text{атомов}) = 0,45 \cdot 8/3 = 1,2$ моль $\Rightarrow v(O) = 1,2 - 0,45 = 0,75$ моль | |
| $v(O_2) = 0,45/2 = 0,375$ моль | |
| $v(K) : v(O_2) = 0,45:0,375 = 6:5$ | 2 |
| $6K + 5O_2 \rightarrow 4KO_2 + K_2O_2$ | 2 |
| Количество вещества X $v(KO_2) = 0,45 \cdot 4/6 = 0,3$ моль; | |
| Количество вещества Y $v(K_2O_2) = 0,45/6 = 0,075$ моль | 2 |
| $4KO_2 + 2H_2O \rightarrow 4KOH + 3O_2$ | |
| $2K_2O_2 + 2H_2O \rightarrow 4KOH + O_2$ | 2 |
| $v_1(O_2) = 0,3 \cdot 3/4 + 0,075/2 = 0,2625$ моль | |
| $2KO_2 + 2NO_2 \rightarrow 2KNO_3 + O_2$ | 2 |
| $K_2O_2 + 2NO_2 \rightarrow 2KNO_3$ | |
| $v_2(O_2) = 0,3/2 = 0,15$ моль | |
| $v_1(O_2)/v_2(O_2) = 0,2625/0,15 = 1,75$ (в 1,75 раз) | 2 |
| Максимальный балл | 12 |

ЗАДАНИЕ 10.4
18 баллов

Пространственно экранированные фенолы являются эффективными антиоксидантами. В ряду замещённых фенолов значительное распространение приобрели 2,6-ди-*трет*-бутилфенолы, они хорошо изучены и обладают заметным антиоксидантным потенциалом. Наиболее известными являются: 3,5-ди-*трет*-бутил-4-гидрокситолуол (ионол, агидол, препарат Дибулин), дибунол, – ранозаживляющие средства при ожогах I-II степени, лучевых и трофических язвах. Фрагмент 2,6-ди-*трет*-бутилфенола применяется и в других лекарственных средствах. Препарат Дибуфелон (фенозановая кислота) зарегистрирован в РФ (РУ № ЛП-005332) и применяется в качестве компонента комбинированной терапии у пациентов с парциальными эпилептическими приступами.

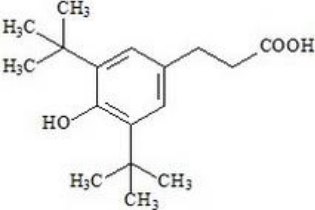


Напишите структурную формулу Фенозановой кислоты (3-(3,5-ди-*трет*-бутил-4-гидроксифенил)пропановая кислота). Осуществите синтез фенозановой кислоты из 4-гидроксibenзальдегида в три стадии, напишите уравнения реакций:

- 1) алкилирование 4-гидроксibenзальдегида изобутиленом в присутствии кислотного катализатора;
- 2) конденсация продукта с малоновой (пропандиовой) кислотой в присутствии органического основания – пиридина до прекращения выделения углекислого газа;
- 3) гидрирование полученной кислоты натрийборгидридом или водородом в присутствии никелевого катализатора.

Для количественного определения фенозановой кислоты в лекарственной субстанции используется метод кислотно-основного титрования. Навеску субстанции массой 0,400г растворяют в мерной колбе объемом 50 мл в 96%-ном этиловом спирте и объем раствора доводят до метки спиртом. Из полученного раствора отбирают пробу для титрования объемом 10,0 мл, добавляют индикатор – фенолфталеин и титруют 0,1М раствором гидроксида натрия до розового

окрашивания (кислота титруется как одноосновная!). На титрование было израсходовано 2,80 мл раствора титранта. Определите массовую долю фенозановой кислоты в лекарственной субстанции.

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|---|--|
| <p>Структурная формула фенозановой кислоты:</p>  <p>Уравнения реакций:</p> $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CHO} + 2\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)_2 \rightarrow \text{HO}-\text{C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2-\text{CHO}$ $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2-\text{CHO} + \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COOH} \rightarrow \text{HO}-\text{C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH} + \text{H}_2 \rightarrow \text{HO}-\text{C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ <p>Количественное определение:</p> $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{HO}-\text{C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$ <p> $v(\text{NaOH}) = 0,1 \cdot 2,8 = 0,28$ ммоль – в 10 мл раствора $v(\text{NaOH}) = 0,28 \cdot 5 = 1,4$ ммоль – в 50 мл раствора $v(\text{C}_{17}\text{H}_{26}\text{O}_3) = 1,4$ ммоль $m(\text{C}_{17}\text{H}_{26}\text{O}_3) = 1,4 \cdot 278 = 389,2$ мг $\omega(\text{C}_{17}\text{H}_{26}\text{O}_3) = 389,2/400 = 0,973$ (97,3%) </p> | <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>4</p> <p>4</p> |
| Максимальный балл | |