

Заключительный этап.

Ответы на задания.

8 класс

Вариант 1

**ЗАДАНИЕ 1.1.**

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. Величина летальной дозы для этих веществ достигает 10–16 г на 1 кг живого веса. 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 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 этих районах из 150 видов птиц осталось 18, произошло почти полное уничтожение земноводных и насекомых.

В состав диоксиновых реагентов входят вещества состава  $C_xH_yCl_zO_\gamma$ .

Установите формулу вещества, если известно, что в молекуле количество атомов водорода и хлора равны между собой, при этом каждого из них в 2 раза больше атомов кислорода и в 3 раза меньше атомов углерода, а общее количество атомов составляет 22

|   |   |
|---|---|
| $C_xH_yCl_zO_\gamma$<br>$x+y+z+\gamma=22$<br>$y=z$ $z=3y$ $\gamma=\frac{y}{2}$  | 4 |
| $3y+y+y+0,5y=22$<br>$5,5y=22$<br>$y=4$ <b>H и Cl</b><br>$\frac{4}{2}$ <b>O</b><br>$4*3=12$ <b>C</b><br>$C_{12}H_4Cl_4O_2$ | 4 |
| Максимальный балл   | 8 |

**ЗАДАНИЕ 2.1.**

Приведите пример двух реакций разложения, в одной из которых молярная масса формульной единицы твердого продукта реакции больше молярной массы реагента, а в другой образуется металл и два газа.

Напишите уравнения вышеуказанных реакций.

|   |    |
|---|----|
| $2\text{KHCO}_3 = \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ | 5  |
| $2\text{AgNO}_3 = 2\text{Ag} + 2\text{NO}_2 + \text{O}_2$                   | 5  |
| Возможны другие примеры, соответствующие условию задания.                   | 10 |

**ЗАДАНИЕ 3.1.**

К невсасывающимся антацидным средствам относят препараты, содержащие гидроксиды алюминия и магния. Они нейтрализуют избыточную соляную кислоту желудочного сока, а заодно оказывают защитное действие на слизистую оболочку желудка и помогают ускорять заживление язв и эрозий. Примером таких препаратов может служить Гастрацид и Маалокс.

Смесь гидроксида магния и гидроксида алюминия общей массой 282г количественно прореагировала с 3193,75г 12% раствора хлороводородной кислоты. Вычислите массовые доли гидроксидов в исходной смеси.

|  |    |
|--|----|
| Написано уравнение реакции<br>$\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ | 2  |
| $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} = \text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$                               | 2  |
| Составлена система уравнений<br>$58x + 78y = 282$<br>$2x + 3y = 3193,75 \cdot 0,12 / 36,5$                 | 2  |
| Решена система уравнений<br>$X = 1,5$ моль, $y = 2,5$ моль   | 2  |
| Рассчитана массовая доля $87/282 = 30,85\%$  | 2  |
| Максимальный балл  | 10 |

**ЗАДАНИЕ 4.1.**

Выберите две кислоты, которые различаются по количественному и качественному составу, но характеризуются одинаковой молярной массой. Запишите уравнения химических реакций каждой из выбранных кислот с бромидом калия. Одна реакция должна быть окислительно-восстановительной, а другая обменной. Для окислительно-восстановительной реакции приведите баланс.

|  |   |
|--|---|
| $\text{KBr}(\text{т}) + \text{H}_3\text{PO}_4(\text{т}) = \text{HBr} + \text{KH}_2\text{PO}_4$ | 5 |
|--|---|

|   |    |
|---|----|
| $2\text{KBr} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 (\text{к}) \xrightarrow{t} \text{Br}_2 + \text{SO}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ | 5  |
| Максимальный балл   | 10 |

### ЗАДАНИЕ 5.1.

Сера известна людям с глубокой древности. В практических целях ее стали применять, начиная с 16—17 вв. до н. э. для приготовления красок, косметических средств, отбеливания тканей и в медицине. В медицине Сера используется в качестве лекарственного средства, в сельском хозяйстве - для борьбы с вредителями и болезнями растений, в промышленности применяется в органическом синтезе, в производстве взрывчатых веществ, резины, искусственных волокон, спичек и др. Радиоактивные изотопы Сера используют в медико-биологических исследованиях. Пыль элементарной Сера может представлять собой профессиональную вредность для лиц, работающих в серных рудниках. В организм человека сера поступает с пищей. В процессе обмена веществ она переходит в более окисленное состояние, конечными продуктами этого процесса являются сульфаты, которые в печени обезвреживают токсические продукты метаболизма - фенолы. Из организма сера выводится с мочой и калом.

Напишите химические уравнения согласно схеме. В схеме последовательно чередуются реакция обмена и окислительно-восстановительная реакции. Все вещества содержат серу.

Сероводород → А → Б → В → Г → Д → сероводород

|  |    |
|--|----|
| $4\text{H}_2\text{S} + 6\text{O}_2 = 4\text{SO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$   | 2  |
| $\text{SO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$   | 2  |
| $5\text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 5\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$ | 2  |
| $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{BaSO}_4 + 2\text{NaOH}$   | 2  |
| $\text{BaSO}_4 + 4\text{C} = \text{BaS} + 4\text{CO}$  | 2  |
| $\text{BaS} + 2\text{HCl} = \text{H}_2\text{S} + \text{BaCl}_2$  | 2  |
| Максимальный балл  | 12 |

### ЗАДАНИЕ 6.1.

Металл X образует соединения  $\text{XCO}_3$  и  $\text{X}_3\text{P}_2$ .  $\text{X}_3\text{P}_2$  является действующим веществом многих пестицидов (инсектицидов), используемых для фумигации различной продукции, сырья и помещений. Известно, что значение молярной массы фосфида в 1,5952 раза больше молярной массы карбоната. Установите металл X, а также рассчитайте массу газообразного продукта, который выделится при обработке  $\text{X}_3\text{P}_2$  массой 26,8 гр избытком концентрированной азотной кислоты.

|  |   |
|--|---|
| $\text{X}_3\text{P}_2 \setminus \text{XCO}_3 = 1.5952 \text{ X} = 24$ , это магний   | 2 |
| $\text{Mg}_3\text{P}_2 + 22\text{HNO}_3 (\text{конц.}) = 2\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + 16\text{NO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$ | 4 |
| $n(\text{Mg}_3\text{P}_2) = 26,8 : 134 = 0,2$ ;<br>$n(\text{NO}_2) = 3,2$ ;  | 4 |

|                        |    |
|------------------------|----|
| $m(\text{NO}_2)=147,2$ |    |
| Максимальный балл      | 10 |

### ЗАДАНИЕ 7.1.

Йод – физиологически значимый элемент, участвующий в выработке многих гормонов. В организме взрослого человека сосредоточено около 20-30 мг йода, при этом около 30% находится в щитовидной железе, а около 35% в плазме крови. В химической лаборатории проводили опыты с йодом. Под тягой йод массой 1,27 гр. обработали концентрированной азотной кислотой при нагревании. Раствор осторожно выпарили и остаток нагрели, в результате чего был получен оксид, способный реагировать с угарным газом. Результатом данной реакции является образование двух веществ – простого и сложного. Полученное простое вещество количественно перенесли в горячий раствор калия гидроксида. Рассчитайте массу полученных солей.

|  |    |
|--|----|
| $\text{I}_2 + 10\text{HNO}_3(\text{конц.}) = 2\text{HIO}_3 + 10\text{NO}_2 + 4\text{H}_2\text{O};$ $2\text{HIO}_3 = \text{I}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O};$ $\text{I}_2\text{O}_5 + 5\text{CO} = \text{I}_2 + 5\text{CO}_2;$ $3\text{I}_2 + 6\text{KOH} = 5\text{KI} + \text{KIO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ | 5  |
| $n(\text{I}_2) = 0,005;$<br>$n(\text{KI}) = 0,0083;$<br>$n(\text{KIO}_3) = 0,00167;$<br>$m(\text{KI}) = 1,3778;$<br>$m(\text{KIO}_3) = 0,357;$<br>$m(\text{смеси солей}) = 1,735$  | 5  |
| Максимальный балл  | 10 |

### ЗАДАНИЕ 8.1.

Для полного хлорирования 6 г смеси порошков железа и меди потребовалось столько же хлора, сколько может быть получено при взаимодействии 6,32 г. калия перманганата с хлороводородом.

Найти массовую долю меди в смеси.

|  |   |
|--|---|
| $\text{Cu} + \text{Cl}_2 = \text{CuCl}_2$ $2\text{Fe} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{FeCl}_3$ $16\text{HCl} + 2\text{KMnO}_4 = 5\text{Cl}_2 + 2\text{KCl} + 2\text{MnCl}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$ | 4 |
| $n(\text{KMnO}_4) = 6,32 : 158 = 0,04$<br>$n(\text{Cl}_2) = 0,1$   | 2 |
| $n(\text{Cu}) = x$<br>$n(\text{Fe}) = y$<br>$64x + 56y = 6$<br>$x + 1,5y = 0,1$  | 2 |

|  |    |
|--|----|
| X=0,085<br>Y=0,01<br>m(Cu)=5,44<br>w(Cu)=91% | 2  |
| Максимальный балл                            | 10 |

### ЗАДАНИЕ 9.1.

При взаимодействии белого фосфора с горячим раствором кальция гидроксида получен бесцветный ядовитый газ, который был пропущен через концентрированную кислоту азотную. Раствор упарили и остаток нейтрализовали негашёной известью. Полученный осадок отделили, смешали с углем и кремнезёмом и прокалили. Продукт взаимодействия данных реагентов, обладающий свойством светиться в темноте, нагрели с кальциевой стружкой. Составьте уравнения данных реакций.

|   |    |
|---|----|
| $2P_4 + 3Ca(OH)_2 + 6H_2O = 2PH_3 + 3Ca(H_2PO_2)_2$ | 2  |
| $PH_3 + 8HNO_3 = H_3PO_4 + 8NO_2 + 4H_2O$           | 2  |
| $2H_3PO_4 + 3CaO = Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2O$            | 2  |
| $Ca_3(PO_4)_2 + 3SiO_2 + 5C = 3CaSiO_3 + 5CO + 2P$  | 2  |
| $2P + 3Ca = Ca_3P_2$                                | 2  |
| Максимальный балл                                   | 10 |

### ЗАДАНИЕ 10.1.

Металл X, используемый в стоматологии в составе сплавов для получения стоматологических протезов массой 20.8 гр. образует оксид массой 30.4 гр. Степень окисления металла в оксиде +3. Установите металл и составьте уравнения реакций взаимодействия металла с очень разбавленной азотной кислотой, оксидом хрома и кислотой хлороводородной

|   |    |
|---|----|
| $4X + 3O_2 = 2X_2O_3$ X=27      Al                | 4  |
| $30HNO_3 + 8Al = 3NH_4NO_3 + 8Al(NO_3)_3 + 9H_2O$ | 2  |
| $2Al + Cr_2O_3 = 2Cr + Al_2O_3$                   | 2  |
| $2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$                     | 2  |
| Максимальный балл                                 | 10 |

Заключительный этап.

Ответы на задания.

8 класс

Вариант 2

**ЗАДАНИЕ 1.2.**

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. Величина летальной дозы для этих веществ достигает 10–16 г на 1 кг живого веса. 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 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 этих районах из 150 видов птиц осталось 18, произошло почти полное уничтожение земноводных и насекомых.

В состав диоксиновых реагентов входят вещества состава  $C_xH_yCl_zO_\gamma$

Установите формулу вещества, если известно, что в молекуле количество атомов **кислорода** в 6 раз меньше количества атомов **углерода** и в 4 раза меньше суммы атомов **водорода** и **хлора**, числа последних равны между собой. Суммарное количество атомов в молекуле 22.

|  |   |
|--|---|
| $C_{12}H_4Cl_4O_2$<br>$C_xH_yCl_zO_\gamma$<br>$x+y+z+\gamma=22$<br>$y=z$ $\gamma = \frac{x+z}{4}$ $\gamma = \frac{x}{6}$<br>Пусть атомов кислорода Z<br>Тогда атомов углерода 6Z<br>Тогда атомов водорода и хлора будет 4Z | 4 |
| $6z+4z+z=22$<br>$11z=22$<br>$Z=2$ <b>O</b><br>$6Z = 12$ <b>C</b><br>$4Z=8$ $8/2=4$ так как <b>H</b> равен <b>Cl</b><br>$C_{12}H_4Cl_4O_2$  | 4 |

|                   |   |
|-------------------|---|
| Максимальный балл | 8 |
|-------------------|---|

### ЗАДАНИЕ 2.2.

Приведите пример двух реакций разложения, в результате которых обязательно образуются как минимум два газообразных продукта (н.у.) и не образуется твердого остатка. Приведите примеры соответствующих реакций.

|  |    |
|--|----|
| $\text{NH}_4\text{HCO}_3 = \text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ | 5  |
| $\text{NH}_4\text{Cl} = \text{NH}_3 + \text{HCl}$                          | 5  |
| Возможны другие примеры, соответствующие условию задания                   | 10 |

### ЗАДАНИЕ 3.2.

К невсасывающимся антацидным средствам относят препараты, содержащие гидроксиды алюминия и магния. Они нейтрализуют избыточную соляную кислоту желудочного сока, а заодно оказывают защитное действие на слизистую оболочку желудка и помогают ускорить заживление язв и эрозий. Примером таких препаратов может служить Гастрацид и Маалокс.

Смесь гидроксида магния и гидроксида алюминия общей массой 262г количественно прореагировала с 2311,67г 15% раствора хлороводородной кислоты. Вычислите массовые доли гидроксидов в исходной смеси.

|  |    |
|--|----|
| Написано уравнение реакции<br>$\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ | 2  |
| $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} = \text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$                               | 2  |
| Составлена система уравнений<br>$58x + 78y = 262$<br>$2x + 3y = 2311,67 \cdot 0,15 / 36,5$                 | 2  |
| Решена система уравнений<br>$X = 2,5$ моль, $y = 1,5$ моль   | 2  |
| Рассчитана массовая доля $135 / 262 = 51,53\%$   | 2  |
| Максимальный балл  | 10 |

### ЗАДАНИЕ 4.2.

Выберите две кислоты, которые различаются по количественному и качественному составу, но характеризуются одинаковой молярной массой. Запишите уравнения химических реакций каждой из выбранных кислот с иодидом натрия. Одна реакция должна быть окислительно-восстановительной, а другая обменной. Для окислительно-восстановительной реакции приведите баланс.

|   |   |
|---|---|
| $\text{NaI}(\text{т}) + \text{H}_3\text{PO}_4(\text{т}) = \text{HI} + \text{NaH}_2\text{PO}_4$                            | 5 |
| $8\text{NaI} + 5\text{H}_2\text{SO}_4 = 4\text{I}_2 + \text{H}_2\text{S} + 4\text{Na}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$ | 5 |

|                   |    |
|-------------------|----|
| Максимальный балл | 10 |
|-------------------|----|

### ЗАДАНИЕ 5.2.

Сера известна людям с глубокой древности. В практических целях ее стали применять начиная с 16—17 вв. до н. э. для приготовления красок, косметических средств, отбеливания тканей и в медицине.

В медицине Сера используется в качестве лекарственного средства, в сельском хозяйстве - для борьбы с вредителями и болезнями растений, в промышленности применяется в органическом синтезе, в производстве взрывчатых веществ, резины, искусственных волокон, спичек и др. Радиоактивные изотопы Сера используют в медико-биологических исследованиях. Пыль элементарной Сера может представлять собой профессиональную вредность для лиц, работающих в серных рудниках.

В организм человека сера поступает с пищей. В процессе обмена веществ она переходит в более окисленное состояние, конечными продуктами этого процесса являются сульфаты, которые в печени обезвреживают токсические продукты метаболизма - фенолы. Из организма сера выводится с мочой и калом.

Напишите химические уравнения согласно схеме. В схеме последовательно чередуются реакция обмена и окислительно-восстановительная реакции. Все вещества содержат серу.

Оксид серы (IV) → А → Б → В → Г → Д → Оксид серы (IV)

|  |    |
|--|----|
| $\text{SO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$   | 2  |
| $5\text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 5\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$ | 2  |
| $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{BaSO}_4 + 2\text{NaOH}$   | 2  |
| $\text{BaSO}_4 + 4\text{C} = \text{BaS} + 4\text{CO}$  | 2  |
| $\text{BaS} + 2\text{HCl} = \text{H}_2\text{S} + \text{BaCl}_2$  | 2  |
| $4\text{H}_2\text{S} + 6\text{O}_2 = 4\text{SO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$   | 2  |
| Максимальный балл  | 12 |

### ЗАДАНИЕ 6.2.

Металл X образует соединения  $\text{XSO}_4$  и  $\text{X}_3\text{P}_2$ .  $\text{X}_3\text{P}_2$  является действующим веществом многих пестицидов (инсектицидов), используемых для фумигации различной продукции, сырья и помещений. Известно, что значение молярной массы фосфида в 1,1167 раза больше молярной массы сульфата. Установите металл X, а также рассчитайте массу газообразного продукта, который выделится при обработке  $\text{X}_3\text{P}_2$  массой 13,4 гр. избытком концентрированной азотной кислоты.

|   |   |
|---|---|
| $\text{X}_3\text{P}_2 \setminus \text{XSO}_4 = 1.1167$ X=24, это магний   | 2 |
| $\text{Mg}_3\text{P}_2 + 22\text{HNO}_3(\text{конц.}) = 2\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + 16\text{NO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$ | 4 |
| n ( $\text{Mg}_3\text{P}_2$ )=13,4:134=0,1;<br>n ( $\text{NO}_2$ )=1,6;<br>m( $\text{NO}_2$ )=73,6  | 4 |



|                   |    |
|-------------------|----|
| Максимальный балл | 10 |
|-------------------|----|

### ЗАДАНИЕ 7.2.

Йод – физиологически значимый элемент, участвующий в выработке многих гормонов. В организме взрослого человека сосредоточено около 20-30 мг йода, при этом около 30% находится в щитовидной железе, а около 35% в плазме крови. В химической лаборатории проводили опыты с йодом. Под тягой йод массой 2,54 гр. обработали концентрированной азотной кислотой при нагревании. Раствор осторожно выпарили и остаток нагрели, в результате чего был получен оксид, способный реагировать с угарным газом. Результатом данной реакции является образование двух веществ- простого и сложного. Полученное простое вещество количественно перенесли в горячий раствор натрия гидроксида. Рассчитайте массу полученных солей.

|   |    |
|---|----|
| $\text{I}_2 + 10\text{HNO}_3(\text{конц.}) = 2\text{HIO}_3 + 10\text{NO}_2 + 4\text{H}_2\text{O};$ $2\text{HIO}_3 = \text{I}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O};$ $\text{I}_2\text{O}_5 + 5\text{CO} = \text{I}_2 + 5\text{CO}_2;$ $3\text{I}_2 + 6\text{NaOH} = 5\text{NaI} + \text{NaIO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ | 5  |
| $n(\text{I}_2) = 0,01;$<br>$n(\text{NaI}) = 0,0167;$<br>$n(\text{NaIO}_3) = 0,0033;$<br>$m(\text{NaI}) = 2,5;$<br>$m(\text{NaIO}_3) = 0,65;$<br>$m(\text{смеси солей}) = 3,15$  | 5  |
| Максимальный балл   | 10 |

### ЗАДАНИЕ 8.2.

Для полного хлорирования 3 г смеси порошков железа и меди потребовалось столько же хлора, сколько может быть получено при взаимодействии 3,16 г. калия перманганата с хлороводородом. Найти массовую долю меди в смеси.

|  |   |
|--|---|
| $\text{Cu} + \text{Cl}_2 = \text{CuCl}_2$ $2\text{Fe} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{FeCl}_3$ $16\text{HCl} + 2\text{KMnO}_4 = 5\text{Cl}_2 + 2\text{KCl} + 2\text{MnCl}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$ | 4 |
| $n(\text{KMnO}_4) = 3,16 : 158 = 0,02$<br>$n(\text{Cl}_2) = 0,05$  | 2 |
| $n(\text{Cu}) = x$<br>$n(\text{Fe}) = y$<br>$64x + 56y = 3$<br>$X + 1,5y = 0,05$   | 2 |
| $w(\text{Cu}) = 91\%$  | 2 |

|                   |    |
|-------------------|----|
| Максимальный балл | 10 |
|-------------------|----|

**ЗАДАНИЕ 9.2.**

При взаимодействии фосфида кальция с раствором кислоты хлороводородной получен бесцветный ядовитый газ, который был пропущен через концентрированную кислоту азотную. Раствор упарили и остаток нейтрализовали негашёной известью. Полученный осадок отделили, смешали с углем и кремнезёмом и прокалили. Газообразный продукт взаимодействия данных реагентов, нагрели с оксидом кальция в присутствии воды. Составьте уравнения данных реакций.

|   |    |
|---|----|
| $\text{Ca}_3\text{P}_2 + 6\text{HCl} = 2\text{PH}_3 + 3\text{CaCl}_2$                               | 2  |
| $\text{PH}_3 + 8\text{HNO}_3 = \text{H}_3\text{PO}_4 + 8\text{NO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$          | 2  |
| $2\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{CaO} = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 3\text{H}_2\text{O}$           | 2  |
| $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 3\text{SiO}_2 + 5\text{C} = 3\text{CaSiO}_3 + 5\text{CO} + 2\text{P}$ | 2  |
| $\text{CO} + \text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2$                          | 2  |
| Максимальный балл   | 10 |

**ЗАДАНИЕ 10.2.**

Металл X, используемый в стоматологии для получения припоев стоматологических протезов массой 3 гр. Сожгли, получив его оксид массой 5,67 гр. Степень окисления металла в оксиде +3. Установите металл и составьте уравнения реакций взаимодействия металла при сильном нагревании с концентрированной серной кислотой, с разбавленной серной кислотой и хлором.

|  |    |
|--|----|
| $4\text{X} + 3\text{O}_2 = 2\text{X}_2\text{O}_3$ X=52      Cr   | 4  |
| $2\text{Cr} + 6\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц}) = \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{SO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ | 2  |
| $2\text{Cr} + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CrSO}_4 + 3\text{H}_2$  | 2  |
| $2\text{Cr} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{CrCl}_3$   | 2  |
| Максимальный балл  | 10 |

**Заключительный этап.**

**Ответы на задания.**

**9 класс**

**Вариант 1**

**ЗАДАНИЕ 1.1**

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. Величина летальной дозы для этих веществ достигает 10–6 г на 1 кг живого веса. 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 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 этих районах из 150 видов птиц осталось 18, произошло почти полное уничтожение земноводных и насекомых.

В состав диоксиновых реагентов входят вещества состава  $C_{12}H_4Cl_4O_2$  (A)  $C_6H_2Cl_3ONa$  (B)

Рассчитайте массовую долю хлора в образце реагента массой 100 гр. Если массовая доля вещества (A) – 70%, массовая доля вещества (B) – 28%, остальное примеси не содержащие атомы хлора

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию   | баллы |
|--|-------|
| $m(C_{12}H_4Cl_4O_2) = m_{\text{смеси}} * \omega(A) = 100 * 0,7 = 70\text{г}$<br>$m(C_6H_2Cl_3ONa) = m_{\text{смеси}} * \omega(B) = 100 * 0,28 = 28\text{г}$<br>$\nu(C_{12}H_4Cl_4O_2) = \frac{m}{M} = \frac{70}{322} = 0,217$<br>$\nu(C_6H_2Cl_3ONa) = \frac{m}{M} = \frac{28}{219,5} = 0,1275 = 0,128$ | 2     |
| $\nu(Cl)_A = 4\nu(C_{12}H_4Cl_4O_2) = 4 * 0,217 = 0,868$<br>$\nu(Cl)_B = 3\nu(C_6H_2Cl_3ONa) = 3 * 0,128 = 0,384$<br>$\Sigma \nu(Cl) = 0,868 + 0,384 = 1,252$<br>$m(Cl) = \nu * M = 1,252 * 35,5 = 44,446 = 44,45$<br>$\omega(Cl) = \frac{m(Cl)}{m_{\text{общ}}} = \frac{44,45}{100} = 0,4445 = 44,45\%$ | 2     |
| Максимальный балл  | 4     |

### ЗАДАНИЕ 2.1

Сульфат цинка используется в медицине как противомикробное, противогрибковое, противопаразитарное средство при таких инфекционных заболеваниях как конъюнктивит, блефарит, кератит в виде капель. В виде таблеток назначают для ускорения процессов заживления ран и трофических язв.

Аналитик в лаборатории растворил образец сульфат цинка в воде и разделил полученный раствор на части.

К первой части добавили избыток концентрированного раствора натрия гидроксида.

Ко второй части добавили концентрированный раствор аммиака, при этом наблюдалось выпадение белого осадка, который затем растворился в избытке аммиака.

Так же аналитик провел термическое разложение сухого порошка  $ZnSO_4$ .

Напишите уравнение всех проведенных реакций

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию           | баллы |
|--|-------|
| $ZnSO_4 + 4NaOH \rightarrow Na_2[Zn(OH)_4] + Na_2SO_4$       | 2     |
| $ZnSO_4 + NH_3 + H_2O \rightarrow Zn(OH)_2 + (NH_4)_2SO_4$   | 2     |
| $Zn(OH)_2 + 4NH_3 \rightarrow [Zn(NH_3)_4](OH)_2$            | 2     |
| $2ZnSO_4 \xrightarrow{t} 2ZnO + 2SO_2\uparrow + O_2\uparrow$ | 2     |
| Максимальный балл  | 8     |

### ЗАДАНИЕ 3.1

Препараты, содержащие соли угольной кислоты издавна применяются в медицине.

Карбонат кальция нейтрализует соляную кислоту и уменьшает кислотность желудочного сока. Нормализует электролитный баланс. Ингибирует активность остеокластов и тормозит резорбцию костной ткани.

Гидрокарбонат натрия применяется в медицине как антацидное средство, регулирует кислотно-основной гомеостаз. Водный раствор гидрокарбоната натрия обладает щелочными свойствами, повышает щелочной резерв крови. При приеме внутрь нейтрализует соляную кислоту желудочного сока и оказывает быстрый, но кратковременный антацидный эффект.

Раствор гидрокарбоната натрия обладает отхаркивающим действием за счет уменьшения вязкости мокроты в связи со сдвигом в щелочную сторону реакции бронхиальной слизи. Вдыхая, приводит к развитию алкалоза. Сдвигая pH мочи в щелочную сторону предупреждает осаждение мочевой кислоты в мочевыводящих путях.

Смесь гидрокарбоната калия и карбоната кальция общей массой 250 прокалили до постоянной массы. Рассчитайте максимально возможную массу твердого остатка.

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|---|-------|
| $2KHCO_3 \rightarrow K_2CO_3 + CO_2 + H_2O$   | 2     |
| $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$   | 2     |
| Поскольку молярные массы солей одинаковы, то максимально возможной будет масса                                      | 2     |

|  |    |
|--|----|
| карбоната калия, а минимально возможной оксида кальция.            |    |
| Рассчитано количества вещества исходной соли $250/100 = 2,5$ моль. | 2  |
| Рассчитана масса карбоната калия $2,5/2 * 138 = 172,5$ г           | 2  |
| Максимальный балл  | 10 |

#### ЗАДАНИЕ 4.1

Раствор кислоты состава  $H_2XO_4$  в смеси с концентрированной серной кислотой под названием «реактив Фрёде» применяется в анализе алкалоидов- органических азотсодержащих веществ, вырабатываемых некоторыми растениями и обладающих сильным физиологическим действием. Известно, что при взаимодействии данной кислоты массой 16,2 г с натрия гидроксидом образуется средняя соль массой 20.6. Установите состав кислоты и рассчитайте массу йодоводорода, которая может прореагировать с ангидридом кислоты массой 14.4 г.

Решение.

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию                                  | баллы |
|---|-------|
| $H_2XO_4 + 2NaOH = Na_2XO_4 + 2H_2O$<br>$n(H_2XO_4) = n(Na_2XO_4)$ ;                | 2,5   |
| $16,2 \cdot (66 + X) = 20,6 \cdot (110 + X)$  | 2,5   |
| $X = 96$ Мо; $H_2MoO_4$ ;   | 2,5   |
| $2HI + 2MoO_3 = I_2 + Mo_2O_5 + H_2O$<br>$n(MO_3) = 0,1; n(HI) = 0,1; m(HI) = 12,8$ | 2,5   |
| Максимальный балл   | 10    |

#### ЗАДАНИЕ 5.1



Раствор нитрата серебра используется в медицине в качестве антимикробного средства. Сплав нитрата серебра и нитрата калия, отлитый в виде палочек-ляписного карандаша применяли для прижигания и стерилизации ран, удаления мелких бородавок. Впервые ляпис применяли врачи **Ян Баптист Ван Гельмонт** и **Франциск де ла Боз Сильвий**. Сплав нитрата серебра и нитрата калия прокалили, получив смесь газов с плотностью по гелию 10. Рассчитайте массовую долю ( $AgNO_3$ ) в сплаве.



| Содержание верного ответа и указания по оцениванию   | баллы |
|--|-------|
| 1) $2AgNO_3 = 2Ag + 2NO_2 + O_2$<br>2) $2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2$                               | 2     |
| $v(AgNO_3) = x$<br>$v(KNO_3) = y$<br>$M_{смеси} = D_{He} * M_{He} = 10 * 4 = 40$<br>$M = 40$ | 2     |
| $m(AgNO_3) = 170x$   | 2     |

|  |    |
|--|----|
| $m(\text{KNO}_3) = 101y$<br>$\omega(\text{AgNO}_3) = \frac{170x}{170x+101Y}$<br>$\nu(\text{AgNO}_3) = \nu(\text{NO}_2) = x$<br>$\nu(\text{O}_2)_1 = \frac{1}{2}\nu(\text{AgNO}_3) = 0,5x$<br>$\nu(\text{O}_2)_2 = \frac{1}{2}\nu(\text{KNO}_3) = 0,5y$ |    |
| $M = \frac{m(\text{NO}_2)+m(\text{O}_2)}{\nu(\text{NO}_2)+\nu(\text{O}_2)} = \frac{46x+0,3x*32+0,5y*32}{x+0,5x+0,5Y}$<br>$46x+16x+16y=40(1,5x+0,5y)$<br>$62x+16y=60x+20y$<br>$2x=4y$<br>$X=2y$   | 2  |
| $\omega(\text{AgNO}_3) = \frac{170x}{170x+101Y} = \frac{170*2y}{170*2y+101Y} = \frac{340y}{340y+101Y} = \frac{340y}{441Y} = 77\%$  | 2  |
| Максимальный балл  | 10 |

### ЗАДАНИЕ 6.1

Составьте уравнения реакций в соответствии с предложенной схемой.

|  |   |   |      |   |   |                      |                                |   |                   |   |   |  |
|--|---|---|------|---|---|----------------------|--------------------------------|---|-------------------|---|---|--|
|  | A |   | NaOH |   | t |                      | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> |   | AgNO <sub>3</sub> |   |   |  |
|  | → | B | →    | C | → | NaCl <sub>(ТВ)</sub> | →                              | A | →                 | D | → | [Ag(NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ]Cl |

| № реакции в соответствии со схемой | Уравнение реакции   | балл      |
|------------------------------------|---|-----------|
| 1)                                 | $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$              | 2         |
| 2)                                 | $3\text{Cl}_2 + 6\text{NaOH} \xrightarrow{t} 5\text{NaCl} + \text{NaClO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$       | 2         |
| 3                                  | $2\text{NaClO}_3 \xrightarrow{t} 2\text{NaCl} + 3\text{O}_2$  | 2         |
| 4                                  | $\text{NaCl}_{(\text{ТВ})} + \text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{t} \text{HCl} \uparrow + \text{KHSO}_4$ | 2         |
| 5                                  | $\text{HCl} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgCl} \downarrow + \text{HNO}_3$                          | 2         |
| 6                                  | $\text{AgCl} + 2\text{NH}_3 \rightarrow [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$                            | 2         |
| Примечание                         | За каждое верное уравнение – 2 балла  | 12 баллов |

### ЗАДАНИЕ 7.1

Образец сплава Кальция и Алюминия разделили на 2 равные части.

Первую навеску прокалили с избытком графита в инертной атмосфере, затем полученную смесь обработали избытком горячей воды, что привело к образованию 5,6 л газа (н.у.).

При добавлении второй части навески исходного сплава в водный раствор гидроксида натрия было получено 8,96 л газа. Рассчитайте массу исходного сплава

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию  | баллы |
|---|-------|
| 1) $\text{Ca} + 2\text{C} \xrightarrow{t} \text{CaC}_2$<br>$4\text{Al} + 3\text{C} \xrightarrow{t} \text{Al}_4\text{C}_3$<br>$\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \uparrow + \text{Ca}(\text{OH})_2$<br>$\text{Al}_4\text{C}_3 + 12\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CH}_4 \uparrow + 4\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$<br>2) $\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 \uparrow + \text{Ca}(\text{OH})_2$<br>$2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{H}_2 \uparrow + 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ | 2     |
| В сплав X моль $\nu(\text{Ca})$<br>$\nu(\text{Al}) = y$ моль  | 2     |
| При разделении в каждой навеске по 0,5x Ca и 0,5y Al<br>I<br>$\nu(\text{CaC}_2) = \nu(\text{Ca}) = 0,5x$<br>$\nu(\text{Al}_4\text{C}_3) = \frac{1}{4}\nu(\text{Al}) = 0,125x$<br>$\sum \nu_{\text{газов}} = \frac{5,6}{22,4} = 0,25$<br>$\nu(\text{C}_2\text{H}_2) = \nu(\text{CaC}_2) = 0,5x$<br>$\nu(\text{CH}_4) = 3\nu(\text{Al}_4\text{C}_3) = 0,375y$<br>$0,5x + 0,375y = 0,25$   | 2     |
| II<br>$\nu(\text{H}_2) * \nu(\text{Ca}) = 0,5x$<br>$\nu(\text{H}_2) * \frac{3}{4}\nu(\text{Al}) = 0,75x$<br>$\sum \nu_{\text{газов}} = \frac{8,96}{22,4} = 0,4$<br>$0,5x + 0,75y = 0,4$   | 2     |
| $X + 1,5y = 0,8$<br>$X + 0,75y = 0,5$<br>$X = 0,8 - 1,5y$ <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 20px;"> <math>\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \\ \\ \end{array}</math> </div> $0,8 - 1,5y + 0,75y = 0,5$<br>$0,3 = 0,75y$<br>$Y = 0,4 \quad X = 0,2$  | 2     |
| $m(\text{Ca}) = 0,2 * 40 = 8$   | 2     |

|   |    |
|---|----|
| $m(\text{Al}) = 0,4 \cdot 27 = 10,8$<br>$m_{\text{сплава}} = 8 + 10,8 = 18,8$ |    |
| Максимальный балл   | 12 |

### ЗАДАНИЕ 8.1

Смесь аммиака и угарного газа общей массой 55,3 г, в которой объёмная доля более лёгкого газа в 3 раза больше объёмной доли более тяжёлого газа, пропустили через раствор хлорида алюминия общей массой 890г с массовой долей 12%. Рассчитайте массовые доли (%) веществ в полученном растворе.

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию  | баллы |
|---|-------|
| Записано уравнение реакции<br>$\text{AlCl}_3 + 3 \text{NH}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{NH}_4\text{Cl}$                      | 2     |
| Рассчитано количество вещества хлорида алюминия<br>$(0,12 \cdot 890) / 133,5 = 0,8$   | 2     |
| Рассчитано количество вещества аммиака<br>$(3X \cdot 17) + (X \cdot 28) = 55,3$<br>$X = 0,7$ откуда $n(\text{NH}_3) = 2,1$ моль                           | 2     |
| Рассчитана масса раствора<br>$M_{\text{р-ра}} = 890 + 2,1 \cdot 17 - 0,7 \cdot 78 = 871,1$  | 2     |
| Найдены массовые доли веществ<br>$W(\text{AlCl}_3) = (0,1 \cdot 133,5) / 871,1 = 1,53\%$<br>$W(\text{NH}_4\text{Cl}) = (2,1 \cdot 53,5) / 871,1 = 12,5\%$ | 2     |
| Максимальный балл   | 10    |

### ЗАДАНИЕ 9.1

Сера известна людям с глубокой древности. В практических целях ее стали применять, начиная с 16—17 вв. до н. э. для приготовления красок, косметических средств, отбеливания тканей и в медицине.

В медицине Сера используется в качестве лекарственного средства, в сельском хозяйстве - для борьбы с вредителями и болезнями растений, в промышленности применяется в органическом синтезе, в производстве взрывчатых веществ, резины, искусственных волокон, спичек и др.

Напишите химические уравнения согласно схеме, если вещество X- токсичный газ, содержащий серу, обладающий запахом тухлых яиц. В ОВР приведите баланс, укажите окислитель и восстановитель. В предложенной схеме вещества, зашифрованные буквами, не повторяются. Окислительно-восстановительные реакции должны составлять не менее 33,33% от общего числа реакций.

$X \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow$  гидроксид натрия  $\rightarrow V \rightarrow \Gamma \rightarrow$  хлор

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию  | баллы |
|---|-------|
| $\text{H}_2\text{S} + 4\text{Cl}_2 + 4\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + 8\text{HCl}$ | 2     |
| $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$           | 2     |



|  |           |
|--|-----------|
| $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{BaSO}_4 + 2\text{NaOH}$         | 2         |
| $2\text{NaOH} + \text{CO}_2 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$               | 2         |
| $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HBr} = 2\text{NaBr} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ | 2         |
| $2\text{NaBr} + \text{Cl}_2 = 2\text{NaCl} + \text{Br}_2$                                | 2         |
| Максимальный балл  | 12 баллов |

### ЗАДАНИЕ 10.1

Нитрит калия используется в медицине в качестве противоядия при отравлении цианидом, а также в качестве сосудорасширяющего средства. В аналитическую лабораторию поступил образец нитрита калия, загрязненный карбонатом аммония. В смеси карбоната аммония и нитрита калия число атомов калия в восемь раз меньше числа атомов кислорода. Смесь прокалили до постоянной массы, газообразные продукты реакции собрали и привели к нормальным условиям. Полученную смесь газов пропустили над раскаленным оксидом меди (II) и снова привели к нормальным условиям. Рассчитайте, во сколько раз уменьшился объем газообразной смеси после пропускания ее над оксидом меди. Все вышеперечисленные реакции протекают количественно.

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию  | баллы |
|---|-------|
| Написано уравнение реакции<br>$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + 2\text{KNO}_2 = 2\text{N}_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$                  | 1     |
| Рассчитано соотношение количества веществ<br>Пусть $n(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 = x$ моль; $n(\text{KNO}_2) = y$ моль. Тогда<br>$3x + 2y/x = 8, y = 2x$ | 1     |
| Написано уравнение реакции<br>$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 = 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  | 2     |
| Рассчитаны количества вещества газов<br>$n(\text{N}_2) = 1, n(\text{NH}_3) = 3, n(\text{CO}_2) = 1,5$<br>суммарно 5,5                                   | 2     |
| Написано уравнение реакции<br>$2\text{NH}_3 + 3\text{CuO} = \text{N}_2 + 3\text{Cu} + 3\text{H}_2\text{O}$  | 2     |
| Рассчитаны количества вещества газов<br>$n(\text{N}_2) = 1 + 1,5, n(\text{CO}_2) = 1,5$<br>Суммарно 4   | 2     |
| Найдено соотношение $5,5/4 = 1,375$   | 2     |
| Максимальный балл   | 12    |

# Всероссийская Сеченовская олимпиада школьников по химии 2023-2024.

## Заключительный этап.

### Ответы на задания

#### 9 класс

#### Вариант 2

#### ЗАДАНИЕ 1.2.

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. Величина летальной дозы для этих веществ достигает 10–6 г на 1 кг живого веса,

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 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 этих районах из 150 видов птиц осталось 18, произошло почти полное уничтожение земноводных и насекомых.

В состав диоксиновых реагентов входят вещества состава  $C_{12}H_4Cl_4O_2$  (A)  $C_6H_2Cl_3ONa$  (B)

Рассчитайте массовую долю углерода в образце реагента массой 300г. Если массовая доля вещества (A) – 84%, массовая доля вещества (B) – 16%, остальное примеси не содержащие атомы углерода.

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию   | баллы |
|--|-------|
| $m(C_{12}H_4Cl_4O_2) = m_{\text{смеси}} * \omega(A) = 300 * 0,84 = 252\text{г}$<br>$m(C_6H_2Cl_3ONa) = m_{\text{смеси}} * \omega(B) = 300 * 0,16 = 48\text{г}$<br>$\nu(C_{12}H_4Cl_4O_2) = \frac{m}{M} = \frac{252}{322} = 0,782 = 0,78$<br>$\nu(C_6H_2Cl_3ONa) = \frac{m}{M} = \frac{48}{219,5} = 0,218 = 0,22$ | 2     |
| $\nu(C)_A = 12\nu(C_{12}H_4Cl_4O_2) = 12 * 0,78 = 9,36$<br>$\nu(C)_B = 6\nu(C_6H_2Cl_3ONa) = 6 * 0,22 = 1,32$<br>$\Sigma \nu(C) = 9,36 + 1,32 = 10,68$<br>$m(C) = \nu * M = 10,68 * 12 = 128,16$<br>$\omega(C) = \frac{m(C)}{m_{\text{общ}}} = \frac{128,16}{300} = 0,4272 = 43\%$                               | 2     |
| Максимальный балл  | 4     |

## ЗАДАНИЕ 2.2.

Сульфат железа (II) используется в качестве лекарственного средства для лечения и профилактики железодефицитной анемии. В Российской Федерации зарегистрирован под торговыми марками «Гемофер пролонгатум», «Гардиферон», «Ферроплекс». Аналитик в лаборатории растворил образец сульфата железа в воде и разделил на пробы.

К первой пробе добавили концентрированную азотную и серную кислоты и нагрел. Ко второй пробе добавили смесь пероксида водорода и серной кислоты.

К третьей части добавил  $KNO_3$  и  $H_2SO_4$

После проведения реакций во всех пробах прошла положительная проба с желтой кровяной солью. Напишите уравнение всех проведенных реакций

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию   | баллы |
|--|-------|
| 1) $2FeSO_4 + 2HNO_{3\text{ конц}} + H_2SO_4 \xrightarrow{t} Fe_2(SO_4)_3 + 2NO_2 + 2H_2O$ | 2     |
| 2) $2FeSO_4 + H_2O_2 + H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$                           | 2     |
| 3) $6FeSO_4 + 2KNO_3 + 4H_2SO_4 \rightarrow 3Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 2NO + 4H_2O$         | 2     |
| 4) $4Fe^{3+} + 4K_4[Fe(CN)_6] \rightarrow 4KFe[Fe(CN)_6] + 12K^+$                          | 2     |
| Максимальный балл  | 8     |

## ЗАДАНИЕ 3.2.

Препараты, содержащие соли угольной кислоты издавна применяются в медицине.

Карбонат кальция нейтрализует соляную кислоту и уменьшает кислотность желудочного сока. Нормализует электролитный баланс. Ингибирует активность остеокластов и тормозит резорбцию костной ткани.

Гидрокарбонат натрия применяется в медицине как антацидное средство, регулирует кислотно-основной гомеостаз. Водный раствор гидрокарбоната натрия обладает щелочными свойствами, повышает щелочной резерв крови. При приеме внутрь нейтрализует соляную кислоту желудочного сока и оказывает быстрый, но кратковременный антацидный эффект.

Раствор гидрокарбоната натрия обладает отхаркивающим действием за счет уменьшения вязкости мокроты в связи со сдвигом в щелочную сторону реакции бронхиальной слизи. Всасываясь, приводит к развитию алкалоза. Сдвигая pH мочи в щелочную сторону предупреждает осаждение мочевой кислоты в мочевыводящих путях.

Смесь гидрокарбоната калия и карбоната кальция общей массой 250 прокалили до постоянной массы. Рассчитайте минимально возможную массу твердого остатка.

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|---|-------|
| $2KHCO_3 \rightarrow K_2CO_3 + CO_2 + H_2O$   | 2     |

|  |    |
|--|----|
| $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$   | 2  |
| Поскольку молярные массы солей одинаковы, то максимально возможной будет масса карбоната калия, а минимально возможной оксида кальция. | 2  |
| Рассчитано количества вещества исходной соли $250/100 = 2,5$ моль.   | 2  |
| Рассчитана масса карбоната калия $2,5 \cdot 56 = 140$ г  | 2  |
| Максимальный балл  | 10 |

#### ЗАДАНИЕ 4.2.

Раствор кислоты состава  $\text{H}_2\text{XO}_4$  в смеси с концентрированной серной кислотой под названием «реактив Фрёде» применяется в анализе алкалоидов- органических азотсодержащих веществ, вырабатываемых некоторыми растениями и обладающих сильным физиологическим действием. Известно, что при взаимодействии данной кислоты массой 32,4 г с калия гидроксидом образуется средняя соль массой 47.6. Установите состав кислоты и рассчитайте массу иодоводорода, которая может прореагировать с ангидридом кислоты массой 28.8 г.

Решение.

|   |       |
|---|-------|
| Содержание верного ответа и указания по оцениванию  | баллы |
| $\text{H}_2\text{XO}_4 + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{XO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$<br>$n(\text{H}_2\text{XO}_4) = n(\text{K}_2\text{XO}_4)$ ;            | 2,5   |
| $32,4 \cdot (66 + X) = 47,6 \cdot (142 + X)$  | 2,5   |
| $X = 96$ Мо; $\text{H}_2\text{MoO}_4$ ;   | 2,5   |
| $2\text{HI} + 2\text{MoO}_3 = \text{I}_2 + \text{Mo}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O}$<br>$n(\text{MO}_3) = 0,2; n(\text{HI}) = 0,2; m(\text{HI}) = 25.6$ | 2,5   |
| Максимальный балл   | 10    |

#### ЗАДАНИЕ 5.2.



Раствор нитрата серебра используется в медицине в качестве антимикробного средства.

Сплав нитрата серебра и нитрата калия, отлитый в виде палочек-ляписного карандаша применяли для прижигания и стерилизации ран, удаления мелких бородавок. Впервые ляпис применяли врачи **Ян Баптист Ван Гельмонт** и **Франциск де ла Боз Сильвий**. Сплав



нитрата серебра и нитрата калия прокалили получив смесь газов с плотностью по водороду 19,5. Рассчитайте массовую долю ( $\text{AgNO}_3$ ) в сплаве.

|  |       |
|--|-------|
| Содержание верного ответа и указания по оцениванию           | баллы |
| 1) $2\text{AgNO}_3 = 2\text{Ag} + 2\text{NO}_2 + \text{O}_2$ | 2     |
| 2) $2\text{KNO}_3 = 2\text{KNO}_2 + \text{O}_2$              |       |
| $\nu(\text{AgNO}_3) = x$<br>$\nu(\text{KNO}_3) = y$          | 2     |

|   |    |
|---|----|
| $M_{\text{смеси}} = D_{\text{H}} * M_{\text{H}} = 19,5 * 2 = 39$<br>$M = 39$  |    |
| $m(\text{AgNO}_3) = 170x$<br>$m(\text{KNO}_3) = 101y$<br>$\omega(\text{AgNO}_3) = \frac{170x}{170x+101y}$<br>$\nu(\text{AgNO}_3) = \nu(\text{NO}_2) = x$<br>$\nu(\text{O}_2)_1 = \frac{1}{2}\nu(\text{AgNO}_3) = 0,5x$<br>$\nu(\text{O}_2)_2 = \frac{1}{2}\nu(\text{KNO}_3) = 0,5y$ | 2  |
| $M = \frac{m(\text{NO}_2) + m(\text{O}_2)}{\nu(\text{NO}_2) + \nu(\text{O}_2)} = \frac{62x + 16y}{1,5x + 0,5y}$<br>$62x + 16y = 58,5x + 19,5y$<br>$3,5x = 3,5y$<br>$x = y$  | 2  |
| $\omega(\text{AgNO}_3) = \frac{170x}{170x+101y} = \frac{170*y}{170*y+101y} = \frac{170y}{170y+101y} = \frac{170y}{271y} = 62,7\%$   | 2  |
| Максимальный балл   | 10 |

### ЗАДАНИЕ 6.2.

Составьте уравнения реакций в соответствии с предложенной схемой

|                      |                                     |   |               |   |                          |   |               |   |                         |   |               |     |
|----------------------|-------------------------------------|---|---------------|---|--------------------------|---|---------------|---|-------------------------|---|---------------|-----|
|                      | $\text{H}_2\text{SO}_4$<br>разбавл. |   | $\text{O}_2$  |   | $\text{Ba}(\text{OH})_2$ |   | $\text{HBr}$  |   | $\text{H}_2\text{SO}_4$ |   | $\text{C}; t$ |     |
| $\text{K}_2\text{S}$ | $\rightarrow$                       | A | $\rightarrow$ | B | $\rightarrow$            | C | $\rightarrow$ | D | $\rightarrow$           | E | $\rightarrow$ | BaS |

| № реакции в соответствии с схемой | Уравнение реакции   | Полученный балл |
|-----------------------------------|---|-----------------|
| 1)                                | $\text{K}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{S}\uparrow$ | 2               |
| 2)                                | $\text{H}_2\text{S} + \frac{3}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$                   | 2               |
| 3                                 | $\text{SO}_2 + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{BaSO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$             | 2               |
| 4                                 | $\text{BaSO}_3 + \text{HBr} \rightarrow \text{BaBr}_2 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$                   | 2               |
| 5                                 | $\text{BaBr}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{HBr}$                   | 2               |
| 6                                 | $\text{BaSO}_4 + 4\text{C} \xrightarrow{t} \text{BaS} + 4\text{CO}$   | 2               |
| Примечание                        | За каждое верное уравнение - 2 балла  | 12 баллов       |

### ЗАДАНИЕ 7.2.

Образец сплава кальция и алюминия разделили на 2 равные части. Первую навеску прокалили с избытком графита в инертной атмосфере. Затем полученную смесь обработали избытком раствора соляной кислоты, что привело к образованию 16,8 л газа (н.у.) При добавлении второй части навески исходного сплава в водный раствор гидроксида калия было получено 26,88 литров газа. Рассчитайте массу исходного сплава.

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию  | баллы |
|---|-------|
| 1) $\text{Ca} + 2\text{C} \xrightarrow{t} \text{CaC}_2$<br>$4\text{Al} + 3\text{C} \xrightarrow{t} \text{Al}_4\text{C}_3$<br>$\text{CaC}_2 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \uparrow + \text{CaCl}_2$<br>$\text{Al}_4\text{C}_3 + 12 \text{HCl} \rightarrow 3\text{CH}_4 \uparrow + 4\text{AlCl}_3 \downarrow$<br>2) $\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 \uparrow + \text{Ca(OH)}_2$<br>$2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{H}_2 \uparrow + 2\text{Na[Al(OH)}_4]$ | 2     |
| В сплав $\nu(\text{Ca})$ х моль<br>$\nu(\text{Al})$ у моль  | 2     |
| При разделении в каждой навеске по 0,5х Са и 0,5у Al<br>$\nu(\text{CaC}_2) = x$<br>$\nu(\text{Al}_4\text{C}_3) = \frac{1}{4}y$<br>$\sum \nu_{\text{газов}} = \frac{16,8}{22,4} = 0,75$<br>$\nu(\text{C}_2\text{H}_2) = x$<br>$\nu(\text{CH}_4) = 3\nu(\text{Al}_4\text{C}_3) = \frac{3}{4}y$<br>$x + \frac{3}{4}y = 0,75$   | 2     |
| $\nu(\text{H}_2) * \nu(\text{Ca}) = x$<br>$\nu(\text{H}_2)_2 = \frac{3}{2}y$<br>$\sum \nu_{\text{газов}} = \frac{26,88}{22,4} = 1,2$<br>$x + 1,2y = 1,2$  | 2     |
| $\left. \begin{array}{l} X + 1,5y = 1,2 \\ X + 0,75y = 0,75 \\ X = 0,75 - 0,75y \end{array} \right\} \begin{array}{l} 0,75 - 0,75y + 1,5y = 1,2 \\ 0,45 = 0,75y \\ Y = 0,6 \quad X = 0,3 \\ Y = 1,2 \quad X = 0,6 \end{array}$  | 2     |
| $m(\text{Ca}) = 0,6 * 40 = 24$<br>$m(\text{Al}) = 12 * 27 = 32,4$<br>$m_{\text{сплава}} = 24 + 32,4 = 56,4$   | 2     |
| Максимальный балл   | 12    |

**ЗАДАНИЕ 8.2.**

Смесь аммиака и угарного газа общей массой 79,2 г, в которой объёмная доля более лёгкого газа в 4 раза больше объёмной доли более тяжёлого газа, пропустили через раствор хлорида алюминия общей массой 1068 г с массовой долей 15%. Рассчитайте массовые доли (%) веществ в полученном растворе.

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию   | баллы |
|--|-------|
| Записано уравнение реакции<br>$\text{AlCl}_3 + 3 \text{NH}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{NH}_4\text{Cl}$                       | 2     |
| Рассчитано количество вещества хлорида алюминия<br>$(0,15 \cdot 1068) / 133,5 = 1,2$   | 2     |
| Рассчитано количество вещества аммиака<br>$(4X \cdot 17) + (X \cdot 28) = 79,2$<br>$X = 0,825$ откуда $n(\text{NH}_3) = 0,825 \cdot 4 = 3,3$ моль          | 2     |
| Рассчитана масса раствора<br>$M_{\text{р-ра}} = 1068 + 3,3 \cdot 17 - 1,1 \cdot 78 = 1038,5$   | 2     |
| Найдены массовые доли веществ<br>$W(\text{AlCl}_3) = (0,1 \cdot 133,5) / 1038,5 = 1,285\%$<br>$W(\text{NH}_4\text{Cl}) = (3,3 \cdot 53,5) / 1038,5 = 17\%$ | 2     |
| Максимальный балл  | 10    |

**ЗАДАНИЕ 9.2.**

Сера известна людям с глубокой древности. В практических целях ее стали применять начиная с 16—17 вв. до н. э. для приготовления красок, косметических средств, отбеливания тканей и в медицине.

В медицине Сера используется в качестве лекарственного средства, в сельском хозяйстве - для борьбы с вредителями и болезнями растений, в промышленности применяется в органическом синтезе, в производстве взрывчатых веществ, резины, искусственных волокон, спичек и др. Радиоактивные изотопы Сера используют в медико-биол. исследованиях. Пыль элементарной Сера может представлять собой профессиональную вредность для лиц, работающих в серных рудниках.

В организм человека сера поступает с пищей. В процессе обмена веществ она переходит в более окисленное состояние, конечными продуктами этого процесса являются сульфаты, которые в печени обезвреживают токсические продукты метаболизма - фенолы. Из организма сера выводится с мочой и калом.

Напишите химические уравнения согласно схеме, если вещество X соль, состава  $\text{Me}_2\text{SO}_4$  используемая в медицине в качестве рентгеноконтрастного средства при рентгеноскопии желудочно-кишечного тракта, масса катиона в соли в 1,427 раза больше массы аниона. В ОВР приведите баланс, укажите окислитель и восстановитель. В предложенной схеме вещества, зашифрованные буквами не повторяются. Реакции обмена должны составлять не менее 33,33% от общего числа реакций.

$X \rightarrow A \rightarrow B$  серная кислота  $\rightarrow V \rightarrow \Gamma \rightarrow$  гидроксид магния

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию   | баллы |
|--|-------|
| Анион сульфат-96 , катион $96 \cdot 1,427 = 137$ катион барий, соль сульфат бария<br>$BaSO_4 + 4C = BaS + 4CO$ | 2     |
| $BaS + 2HCl = H_2S + BaCl_2$   | 2     |
| $H_2S + 4Cl_2 + 4H_2O = H_2SO_4 + 8HCl$  | 2     |
| $H_2SO_4 + Zn = ZnSO_4 + H_2$  | 2     |
| $ZnSO_4 + Mg = MgSO_4 + Zn$  | 2     |
| $ZnSO_4 + 2NaOH = Zn(OH)_2 + Na_2SO_4$   | 2     |
| Максимальный балл  | 12    |

### ЗАДАНИЕ 10.2.

Нитрит калия используется в медицине в качестве противоядия при отравлении цианидом, а также в качестве сосудорасширяющего средства. В аналитическую лабораторию поступил образец нитрита калия, загрязненный карбонатом аммония. В смеси карбоната аммония и нитрита калия число атомов кислорода в 11 раз больше числа атомов калия. Смесь прокалили до постоянной массы, газообразные продукты реакции собрали и привели к нормальным условиям. Полученную смесь газов пропустили над раскаленным оксидом меди (II) и снова привели к нормальным условиям. Рассчитайте во сколько раз уменьшился объем газообразной смеси после пропускания ее над оксидом меди. Все вышеперечисленные реакции протекают количественно.

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию  | баллы |
|---|-------|
| Написано уравнение реакции<br>$(NH_4)_2CO_3 + 2KNO_2 = 2N_2 + K_2CO_3 + 2H_2O$  | 1     |
| Рассчитано соотношение количества веществ<br>Пусть $n(NH_4)_2CO_3 = x$ моль; $n(KNO_2) = y$ моль. Тогда<br>$3x + 2y/x = 11, y = 3x$ | 1     |
| Написано уравнение реакции<br>$(NH_4)_2CO_3 = 2NH_3 + CO_2 + H_2O$  | 2     |
| Рассчитаны количества вещества газов<br>$n(N_2) = 1, n(NH_3) = 5, n(CO_2) = 2,5$<br>суммарно 8,5                                    | 2     |
| Написано уравнение реакции<br>$2NH_3 + 3CuO = N_2 + 3Cu + 3H_2O$  | 2     |
| Рассчитаны количества вещества газов<br>$n(N_2) = 1 + 2,5, n(CO_2) = 2,5$<br>Суммарно 6   | 2     |
| Найдено соотношение $8,5/6 = 1,42$  | 2     |
| Максимальный балл   | 12    |

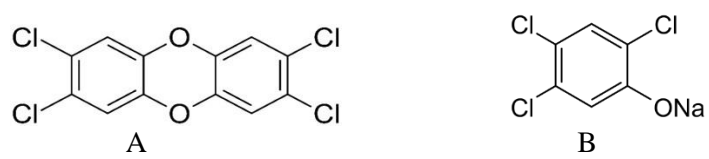
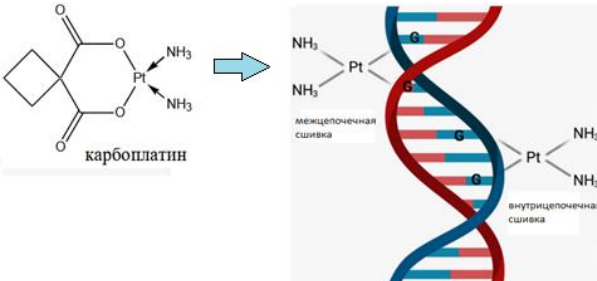


# Всероссийская Сеченовская олимпиада школьников по химии 2023-2024.

## 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 |
|  <p style="text-align: center;">A <span style="margin-left: 200px;">B</span></p>   |          | 3  |       |
| $v(\text{Cl}) = 4 \cdot 10 + 3 = 43$ $m(\text{Cl}) = 35,5 \cdot 43 = 1526,5$ $m(\text{смеси } \text{C}_{12}\text{H}_4\text{Cl}_4\text{O}_2 \text{ и } \text{C}_6\text{H}_2\text{Cl}_3\text{ONa}) = 10 \cdot 322 + 219,5 = 3439,5$ $\omega(\text{Cl в смеси}) = 1526,5/3439,5 = 0,4438$ $m(\text{Cl}) = 0,4438 \cdot 100 = 44,38 \text{ г}$   |          | 3  |       |
| Максимальный балл  |          |  | 6     |
| ЗАДАНИЕ 2.1  | 6 баллов |  |       |
|  <p style="text-align: center;">карбоплатин</p>   |          | <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 повреждении ДНК путём образования связей между атомом Pt и двумя основаниями ДНК</p> |       |
| <p>повреждении ДНК путём образования связей между атомом Pt и двумя основаниями ДНК</p>  |          |  |       |

(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 |
| Масса вещества в концентрате: $m = 10\text{мг/мл} \cdot 5\text{мл} = 50\text{ мг}$<br>Объем полученного раствора: $V = 50/0,5 = 100\text{мл}$<br>$V(\text{физ.р-ра}) = 100 - 5 = 95\text{мл}$<br>Через 16ч – 50% => через 32ч – 25%;<br>через $(16+32)/2 = 24\text{ч}$ останется $(50+25)/2 = 37,5\%$<br>через $(24+32)/2 = 28\text{ч}$ останется $(37,5+25)/2 = 31,25\%$<br><i>или:</i> $C_0/C_t = \exp(28 \cdot \ln 2 / 16) = e^{1,21} = 3,32$<br>$C_t = 100/3,32 = 30,12\%$ | 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<br/>лекарственная<br/>(<i>Fumaria officinalis</i>)</p> |
|--------------------------------|----------------------------------|---|---|
| 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 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 <math>v(\text{CO}_2) = 2v(\text{H}_2\text{O})</math>, то <math>v(\text{C}) = v(\text{H})</math> и молекулярная формула <math>\text{C}_n\text{H}_n\text{O}_m</math></p> $16m = 0,5517(13n+16m)$ $13n+16m = 29m$ <p><math>n = m \Rightarrow \text{C}_n\text{H}_n\text{O}_n</math> по условию возможно <math>\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4</math></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 |
| Максимальный балл   | 6 |

**ЗАДАНИЕ 4.1**
**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 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.

| 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     |
| $\text{R}-\text{C}(\text{O})-\text{CH}_3 + 4\text{NaOH} + 3\text{I}_2 \rightarrow \text{RCOONa} + \text{CHI}_3 + 3\text{NaI} + 3\text{H}_2\text{O}$ $v(\text{CHI}_3) = 19,7/394 = 0,05 \text{ моль} \Rightarrow v(\text{RCOONa}) = 0,05 \text{ моль}$ $M(\text{RCOONa}) = 4,8/0,05 = 96 \text{ г/моль} \quad M(\text{R}) = 29 (\text{C}_2\text{H}_5) \Rightarrow \text{кетон} - \text{бутанон}$ $v(\text{C}_4\text{H}_8\text{O}) = 0,05 \text{ моль}$ | 2     |
| $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}(\text{O})-\text{CH}_3 + 2\text{Zn} + 4\text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + 2\text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $v(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 2,61/58 = 0,045 \text{ моль}$ $\eta = 0,045/0,05 = 0,9 (90\%)$ $m(\text{I}_2) = 3 \cdot 0,05 \cdot 254 = 38,1 \text{ г}$  | 2     |
|   | 2     |

|   |                  |  |
|---|------------------|--|
| Максимальный балл   |                  | 8  |
| <b>ЗАДАНИЕ 5.1</b>  | <b>10 баллов</b> |  |
| <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 25<sup>0</sup>С равна 6,2·10<sup>-6</sup>. 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 <math>c(\text{Ca}^{2+}) = x</math>, тогда <math>c(\text{OH}^-) = 2x</math></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   |
| <b>ЗАДАНИЕ 6.1</b>  | <b>10 баллов</b> |  |
| <p>Элемент X, широко используемый в составе конструкционных материалов в ортопедической стоматологии, образует соль NaXO<sub>2</sub>, 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 600<sup>0</sup>С образуется твердый остаток амфотерного вещества (В) темно-зеленого цвета и смесь газов объемом 4,4 л (при температуре 25<sup>0</sup>С 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 <math>A_r(X) = x</math></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  |



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

| ЗАДАНИЕ 7.1  | 12 баллов |
|--|-----------|
| <p>Напишите уравнения реакций, соответствующих схеме превращений, с использованием структурных формул органических веществ:</p> <p>Ацетон <math>\xrightarrow{\text{C}_2\text{H}_5\text{MgBr}}</math> X<sub>1</sub> <math>\xrightarrow{\text{H}_2\text{O}/\text{H}^+}</math> X<sub>2</sub> <math>\xrightarrow{\text{CH}_3\text{COOH}}</math> X<sub>3</sub></p> <p style="margin-left: 20px;">↓ NaCN+HCl</p> <p>X<sub>4</sub> <math>\xrightarrow{\text{H}_2\text{O}/\text{H}^+}</math> X<sub>5</sub> <math>\xrightarrow{\text{X}_2}</math> X<sub>6</sub></p> |           |
| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)  | Баллы     |
| 1) $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{O} + \text{C}_2\text{H}_5\text{MgBr} \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{OMgBr})\text{CH}_2\text{CH}_3$  | 2         |
| 2) $\begin{array}{c} \text{OMgBr} \\   \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \begin{array}{c} \text{OH} \\   \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array} + \text{Mg}(\text{OH})\text{Br}$   | 2         |
| 3) $\begin{array}{c} \text{OH} \\   \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array} + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3\text{COO}-\text{C}-\text{CH}_2\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array} + \text{H}_2\text{O}$   | 2         |
| 4) $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{O} + \text{NaCN} + \text{HCl} \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{OH})\text{CN} + \text{NaCl}$   | 2         |
| 5) $(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{OH})\text{CN} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{HCl} \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{OH})\text{COOH} + \text{NH}_4\text{Cl}$   | 2         |
| 6) $\begin{array}{c} \text{OH} \\   \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{COOH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array} + \begin{array}{c} \text{OH} \\   \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} \text{OH} \quad \text{CH}_3 \\   \quad   \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{COO}-\text{C}-\text{CH}_2\text{CH}_3 \\   \quad   \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array} + \text{H}_2\text{O}$  | 2         |
| Максимальный балл  | 12        |

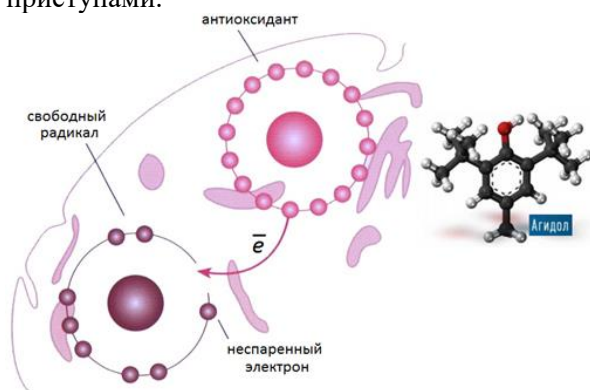
| ЗАДАНИЕ 8.1   | 12 баллов |
|---|-----------|
| <p>Бинарные соединения фтора с азотом (фториды азота) – тяжелые негорючие газы, применяемые в микроэлектронике. Это токсичные химические вещества, которые раздражают кожу, глаза и легкие, а также являются нейротоксинами, вызывающими метгемоглобинемию.</p> <p>Смешали аммиак и фтор. Средняя молярная масса газовой смеси составляет 26 г/моль. Смесь нагрели в атмосфере азота до 130<sup>0</sup>С. 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.</p> |           |



|  |                  |
|--|------------------|
| 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:<br>$\frac{12 \cdot 71 + M}{13} = 74$ $852 + M = 962$ $M = 110 (K_2O_2)$ $v(KO_2) = 12x ; v(K_2O_2) = x$ $14K + 13O_2 \rightarrow 12KO_2 + K_2O_2$ $2KO_2 + 2HCl \rightarrow O_2 + 2KCl + H_2O_2$ $K_2O_2 + 2HCl \rightarrow 2KCl + H_2O_2$ $v(H_2O_2) = 6x + x = 7x$ $4H_2O_2 + PbS \rightarrow 4H_2O + PbSO_4$ $v(PbS) = 2,51/239 = 0,0105 \text{ моль}$ $v(H_2O_2) = 4 \cdot 0,0105 = 0,042 \text{ моль}$ $7x = 0,042$ $x = 0,006$ $v(K) = 14x = 14 \cdot 0,006 = 0,084 \text{ моль}$ $m(K) = 39 \cdot 0,084 = 3,28 \text{ г}$ $v(O_2) = 6x = 6 \cdot 0,006 = 0,036 \text{ моль}$ $V(O_2) = 22,4 \cdot 0,036 = 0,81 \text{ л}$ | 2<br>2<br>2<br>2 |
| Максимальный балл  | 12               |

**ЗАДАНИЕ 10.1**
**18 баллов**

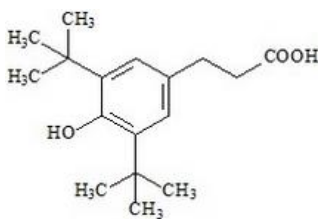
Пространственно экранированные фенолы являются эффективными антиоксидантами. В ряду замещённых фенолов значительное распространение приобрели 2,6-ди-*трет*-бутилфенолы, они хорошо изучены и обладают заметным антиоксидантным потенциалом. Наиболее известными являются: 3,5-ди-*трет*-бутил-4-гидрокситолуол (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>   | 2     |
| <p>Уравнения реакций:</p> $\text{HO-C}_6\text{H}_5 + 2\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)_2 \rightarrow \text{HO-C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2$  | 2     |
| $\text{HO-C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2 + \text{CH}_2=\text{CH-CN} \rightarrow \text{HO-C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CN}$   | 2     |
| $\text{HO-C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CN} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{HCl} \rightarrow \text{HO-C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH} + \text{NH}_4\text{Cl}$  | 2     |
| <p>Количественное определение:</p> $\text{HO-C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{HO-C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COONa} + \text{H}_2\text{O}$   | 2     |
| <p><math>v(\text{NaOH}) = 0,1 \cdot 6,8 = 0,68</math> ммоль – в 10 мл раствора</p> <p><math>v(\text{NaOH}) = 0,68 \cdot 5 = 3,4</math> ммоль – в 50 мл раствора</p> <p><math>v(\text{C}_{17}\text{H}_{26}\text{O}_3) = 3,4</math> ммоль</p> <p><math>m(\text{C}_{17}\text{H}_{26}\text{O}_3) = 3,4 \cdot 278 = 945,2</math> мг</p> <p><math>\omega(\text{C}_{17}\text{H}_{26}\text{O}_3) = 945,2/995 = 0,95</math> (95%)</p> | 8     |
| Максимальный балл  | 18    |

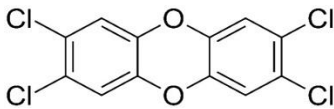
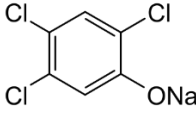


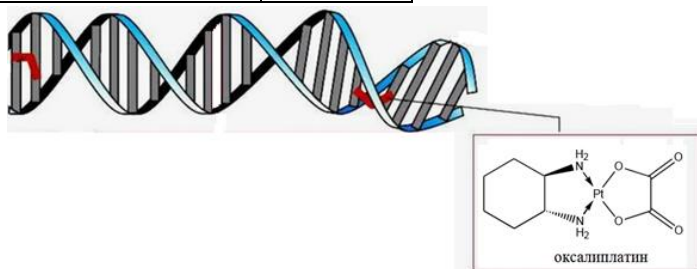
# Всероссийская Сеченовская олимпиада школьников по химии 2023-2024.

## 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        |
| $\nu(\text{Cl}) = 4 \cdot 5 + 3 = 23$ $m(\text{Cl}) = 35,5 \cdot 23 = 816,5 \text{ г}$ $m(\text{смеси } \text{C}_{12}\text{H}_4\text{Cl}_4\text{O}_2 \text{ и } \text{C}_6\text{H}_2\text{Cl}_3\text{ONa}) = 5 \cdot 322 + 219,5 = 1829,5 \text{ г}$ $\omega(\text{Cl в смеси}) = 816,5 / 1829,5 = 0,4463$ $m(\text{Cl}) = 0,4463 \cdot 50 = 22,32 \text{ г}$   | 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: $m = 5\text{мг/мл} \cdot 20\text{мл} = 100\text{мг}$<br>Объем полученного раствора: $V = 100/0,25 = 400\text{мл}$<br>$V(\text{р-ра декстрозы}) = 400 - 20 = 380\text{ мл}$<br>Через 280ч – 50% => через 560ч – 25%;<br>через $(280+560)/2 = 420\text{ч}$ останется $(50+25)/2 = 37,5\%$<br>через $(280+420)/2 = 350\text{ч}$ останется $(50 + 37,5)/2 = 43,75\%$<br>или: $C_0/C_t = \exp(350 \cdot \ln 2/280) = e^{0,87} = 2,36$<br>$C_t = 100/2,36 = 42,4\%$ | 3     |
| Максимальный балл   | 3     |
|   | 6     |

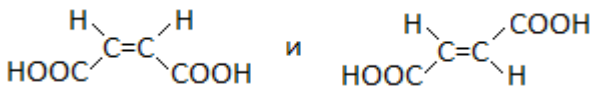
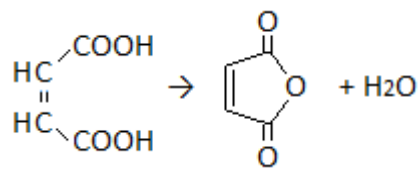
**ЗАДАНИЕ 3.2**
**6 баллов**

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

|                                | Цис-изомер                       | Транс-изомер  | <br>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 <math>\nu(\text{CO}_2) = 2\nu(\text{H}_2\text{O})</math>, то <math>\nu(\text{C}) = \nu(\text{H})</math> и молекулярная формула <math>\text{C}_n\text{H}_n\text{O}_m</math></p> $16m = 0,5517(13n+16m)$ $13n+16m = 29m$ <p><math>n = m \Rightarrow \text{C}_n\text{H}_n\text{O}_n</math> по условию возможно <math>\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4</math></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> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Разлагается только малеиновая кислота:</p> <div style="text-align: center;">  </div> $\nu(\text{H}_2\text{O}) = 8,1/18 = 0,45 \text{ моль}$ $\omega(\text{цис-}\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4) = 0,45/0,75 = 0,6 (60\%)$ $\omega(\text{транс-}\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4) = 0,3/0,75 = 0,4 (40\%)$ | <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 «гидроид 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 |
|---|-------|
|---|-------|

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

|   |                  |                            |
|---|------------------|----------------------------|
| <b>ЗАДАНИЕ 5.2</b>  | <b>10 баллов</b> |                            |
| <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 pH – это отрицательный десятичный логарифм равновесной молярной концентрации ионов водорода в растворе.</p> <p>Гидроксид магния используется в медицине как антацидное и слабительное средство. Нейтрализует свободную хлороводородную кислоту в желудке, снижает пептическую активность желудочного сока.</p> <p>Константа растворимости гидроксида магния при 25<sup>0</sup>C равна <math>6,8 \cdot 10^{-12}</math>. Определите, в каком минимальном объеме воды можно растворить гидроксид магния массой 10 мг; рассчитайте pH насыщенного раствора (изменением объема при растворении вещества пренебречь).</p> |                  |                            |
| Содержание верного ответа и указания по оцениванию<br>(допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)  |                  | Баллы                      |
| $Mg(OH)_2 \leftrightarrow Mg^{2+} + 2OH^-$<br>$K_s = c(Mg^{2+}) \cdot c^2(OH^-)$<br>Пусть в насыщенном растворе $c(Mg^{2+}) = x$ , тогда $c(OH^-) = 2x$<br>$x \cdot (2x)^2 = 6,8 \cdot 10^{-12}$<br>$4x^3 = 6,8 \cdot 10^{-12}$<br>$X = \sqrt[3]{\frac{6,8 \cdot 10^{-12}}{4}} = 1,193 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$  |                  | 2<br><br><br><br><br><br>2 |
| $m(Mg(OH)_2) = 1,193 \cdot 10^{-4} \cdot 58 = 69,2 \cdot 10^{-4} \text{ г} = 6,92 \text{ мг} - \text{ в } 1 \text{ л воды}$<br>$V = 10 \cdot 1/6,92 = 1,445 \text{ л}$<br>$pOH = -\lg c(OH^-) = -\lg(1,193 \cdot 10^{-4} \cdot 2) = 3,62$<br>$pH = 14 - 3,62 = 10,38$   |                  | 2<br><br>2<br>2            |
| Максимальный балл   |                  | 10                         |

**ЗАДАНИЕ 6.2**
**10 баллов**

Элемент X, широко используемый в составе конструкционных материалов в ортопедической стоматологии, образует соль  $[X(NH_3)_6]Cl_3$ , 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  $[X(NH_3)_6]Cl_3$ . Рассчитайте массу полученного осадка и объем (при температуре  $25^{\circ}C$  и нормальном атмосферном давлении) вступившего в реакцию кислорода, если масса взятого кристаллогидрата А составляет 14,3 г. Напишите уравнения реакций.



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

Баллы

Пусть  $A_r(X) = x$

$$x = 0,2206(x+208,5) \Rightarrow x = 59 \text{ (Co)}$$

2

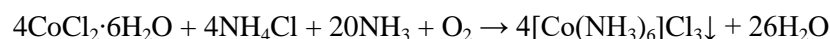


$$130 = 1,203 \cdot 18n$$

$$21,654n = 130$$

$$n = 6$$

2



2

$$v(CoCl_2 \cdot 6H_2O) = 14,3/238 = 0,06 \text{ моль}$$

$$m([Co(NH_3)_6]Cl_3) = 0,06 \cdot 267,5 = 16,05 \text{ г}$$

2

$$v(O_2) = 0,06/4 = 0,015 \text{ моль}$$

$$v(O_2) = 0,015 \cdot 8,31 \cdot 298 / 101,3 = 0,367 \text{ л (367 мл)}$$

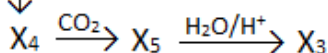
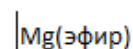
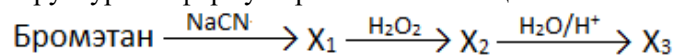
2

Максимальный балл

10

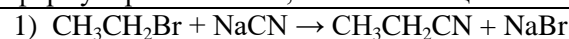
**ЗАДАНИЕ 7.2**
**12 баллов**

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



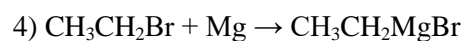
2



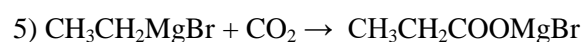
2



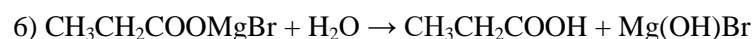
2



2



2



2

Максимальный балл

12

|                    |                  |
|--------------------|------------------|
| <b>ЗАДАНИЕ 8.2</b> | <b>12 баллов</b> |
|--------------------|------------------|

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

|                    |                  |
|--------------------|------------------|
| <b>ЗАДАНИЕ 9.2</b> | <b>12 баллов</b> |
|--------------------|------------------|



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

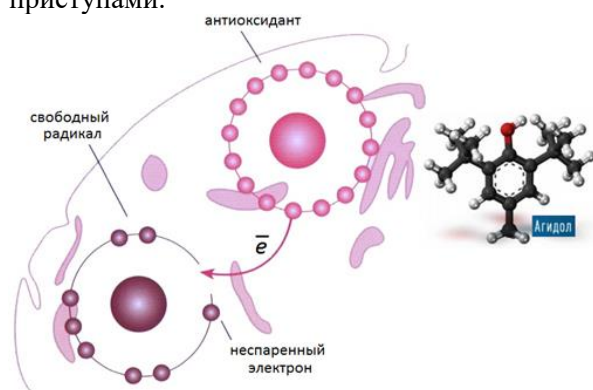
молярном соотношении 10:1. В полученной смеси масса атомов калия в 1,33 раза больше, чем масса атомов кислорода. При взаимодействии вещества Y с озоном образуется соединение Z – оранжево-красные кристаллы. Вещество Z реагирует с разбавленной горячей соляной кислотой с образованием двух газов – газа A 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<br>$v(O) = 46,8/(1,33 \cdot 16) = 2,2$ моль $\Rightarrow v(O_2) = 2,2/2 = 1,1$ моль<br>$v(K): v(O_2) = 1,2:1,1 = 12:11$<br>$12K + 11O_2 \rightarrow 10KO_2 + K_2O_2$ | 2     |
| Количество вещества X $v(KO_2) = 1,2 \cdot 10/12 = 1$ моль<br>Количество вещества Y $v(K_2O_2) = 1,2 \cdot 1/12 = 0,1$ моль<br>$3K_2O_2 + 4O_3 \rightarrow 6KO_3$                                | 2     |
| $v(KO_3) = 2 \cdot 0,1 = 0,2$ моль<br>$2KO_3 + 4HCl \rightarrow Cl_2 + 2O_2 + 2KCl + 2H_2O$<br>$2KO_2 + 2HCl \rightarrow O_2 + 2KCl + H_2O_2$  | 2     |
| $v(Cl_2) = 0,2/2 = 0,1$ моль<br>$v(O_2) = 0,2 + 0,5 = 0,7$ моль<br>$CO + Cl_2 \rightarrow COCl_2$<br>$2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$   | 2     |
| $v(CO) = 0,1 + 0,7 \cdot 2 = 1,5$ моль<br>$V(CO) = 1,5 \cdot 22,4 = 33,6$ л  | 2     |
| Максимальный балл  | 12    |

### ЗАДАНИЕ 10.2

18 баллов

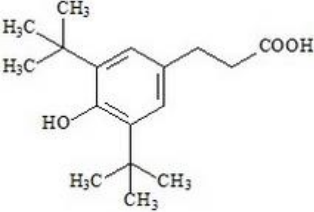
Пространственно экранированные фенолы являются эффективными антиоксидантами. В ряду замещённых фенолов значительное распространение приобрели 2,6-ди-*трет*-бутилфенолы, они хорошо изучены и обладают заметным антиоксидантным потенциалом. Наиболее известными являются: 3,5-ди-*трет*-бутил-4-гидрокситолуол (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.

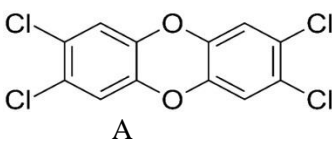
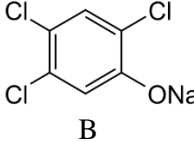
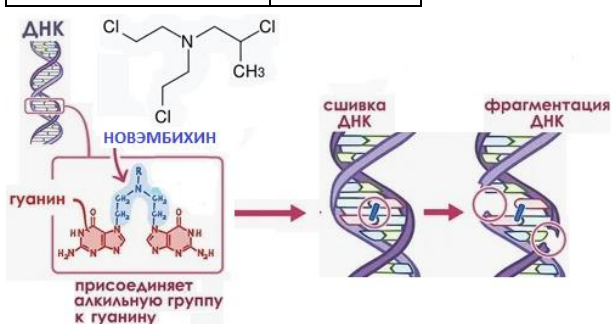
| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)  | Баллы  |
|--|--|
| <p>Структурная формула фенозановой кислоты:</p>  <p>Уравнения реакций:</p> $\text{HO-C}_6\text{H}_5 + 2\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)_2 \rightarrow \text{HO-C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2$ $\text{HO-C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2 + \text{CH}_2=\text{CH-CN} \rightarrow \text{HO-C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CN}$ $\text{HO-C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CN} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{HCl} \rightarrow \text{HO-C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH} + \text{NH}_4\text{Cl}$ <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><math>v(\text{NaOH}) = 0,1 \cdot 6,45 = 0,645</math> ммоль – в 10 мл раствора</p> <p><math>v(\text{NaOH}) = 0,645 \cdot 10 = 6,45</math> ммоль – в 100 мл раствора</p> <p><math>v(\text{C}_{17}\text{H}_{26}\text{O}_3) = 6,45</math> ммоль</p> <p><math>m(\text{C}_{17}\text{H}_{26}\text{O}_3) = 6,45 \cdot 278 = 1793</math> мг = 1,793 г</p> <p><math>\omega(\text{C}_{17}\text{H}_{26}\text{O}_3) = 1,793/1,990 = 0,901</math> (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     |
| $\nu(\text{C}) = 12 \cdot 3 + 6 \cdot 2 = 48$ $m(\text{C}) = 12 \cdot 48 = 576 \text{ г}$ $m(\text{смеси } \text{C}_{12}\text{H}_4\text{Cl}_4\text{O}_2 \text{ и } \text{C}_6\text{H}_2\text{Cl}_3\text{ONa}) = 3 \cdot 322 + 2 \cdot 219,5 = 1405 \text{ г}$ $\omega(\text{C в смеси}) = 576/1405 = 0,41$ $m(\text{C}) = 0,41 \cdot 10 = 4,1 \text{ г}$  |          |   | 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: $m = 10\text{мг} \cdot 6\text{мл} / 10\text{ мл} = 6\text{ мг}$<br>Концентрация в полученном растворе = $6/20 = 0,3\text{ мг/мл}$<br>Через 40ч – 50% => через 80ч – 25%;<br>через $(40+80)/2 = 60\text{ч}$ останется $(50+25)/2 = 37,5\%$<br>через $(60+80)/2 = 70\text{ч}$ останется $(37,5+25)/2 = 31,25\%$<br><i>или:</i> $C_0/C_t = \exp(70 \cdot \ln 2 / 40) = e^{1,21} = 3,32$<br>$C_t = 100/3,32 = 30,12\%$ | 3<br><br><br><br><br>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  | <br>Дымянка<br>лекарственная<br>( <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<br>$44x = 4,889 \cdot 18y$<br>$x = 2y$<br>Поскольку $v(\text{CO}_2) = 2v(\text{H}_2\text{O})$ , то $v(\text{C}) = v(\text{H})$ и молекулярная формула $\text{C}_n\text{H}_n\text{O}_m$<br>$16n = 0,4138(13n + 16m)$<br>$13n + 16m = 29n$ |       |

|   |   |
|---|---|
| $n = m \Rightarrow C_nH_nO_n$ по условию возможно $C_4H_4O_4$<br>$v(C_4H_4O_4) = 4,64/116 = 0,04$ моль<br>$v(NaOH) = 0,1 \cdot 0,8 = 0,08$ моль; $v(Br_2) = 160 \cdot 0,04/160 = 0,04$ моль<br>Структурные формулы изомеров: <div style="text-align: center;"> </div> Разлагается только малеиновая кислота: <div style="text-align: center;"> </div> $v(H_2O) = (4,64 - 4,1)/18 = 0,03$ моль<br>$\omega(\text{цис-}C_4H_4O_4) = 0,03/0,04 = 0,75$ (75%)<br>$\omega(\text{транс-}C_4H_4O_4) = 0,01/0,04 = 0,25$ (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 «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 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 |
|---|-------|
| $C:H:I = 3,05/12:0,25/1:96,7/127 = 1:1:3 \Rightarrow CHI_3$<br>$R-C(O)-CH_3 + 4NaOH + 3I_2 \rightarrow RCOONa + CHI_3 + 3NaI + 3H_2O$<br>$v(CHI_3) = 35,5/394 = 0,09$ моль $\Rightarrow v(RCOONa) = 0,09$ моль<br>$M(RCOONa) = 7,38/0,09 = 82$ г/моль $M(R) = 15$ ( $CH_3$ ) $\Rightarrow$ кетон – ацетон<br>$v(C_3H_6O) = 0,09$ моль<br>$CH_3-C(O)-CH_3 + NH_2-NH_2 \rightarrow CH_3-CH_2-CH_3 + N_2 + H_2O$<br>$v(C_3H_8) = 2,77/44 = 0,063$ моль<br>$\eta = 0,063/0,09 = 0,7$ (70%)<br>$m(I_2) = 3 \cdot 0,09 \cdot 254 = 68,58$ 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 25<sup>0</sup>С 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     |
| $\nu(Mg(OH)_2) = 0,7 \cdot 10^{-3} / 58 = 1,21 \cdot 10^{-5}$ 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     |
| $pOH = -\lg c(OH^-) = -\lg(2 \cdot 1,21 \cdot 10^{-4}) = 3,62$  |       |
| $pH = 14 - 3,62 = 10,38$  | 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



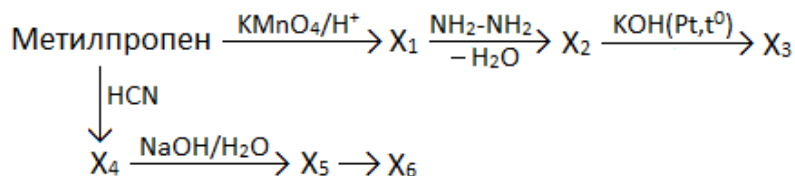
синего цвета. В веществе (А) масса атомов кислорода в 16 раз больше, чем масса атомов водорода. Кристаллогидрат (А) прокалили при 350<sup>0</sup>С до постоянной массы, при этом образовалась смесь газов объемом 9,13 л (при температуре 20<sup>0</sup>С и давлении 100кПа). Твердый остаток после прокаливания 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     |
| $\nu(\text{газов}) = 100 \cdot 9,13 / 8,31 \cdot 293 = 0,375$ 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  $135^\circ\text{C}$ . 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<br>Пусть $v(\text{NH}_3) = x$ ; $v(\text{F}_2) = y$<br>$17x + 38y = 26(x + y)$<br>$9x = 12y$<br>$y = 0,75x$<br>$v(\text{NH}_3) : v(\text{F}_2) = 4:3$<br>$M(\text{NF}_n) = 3,168 \cdot 22,4 = 71$ г/моль<br>$14 + 19n = 71$ | 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.

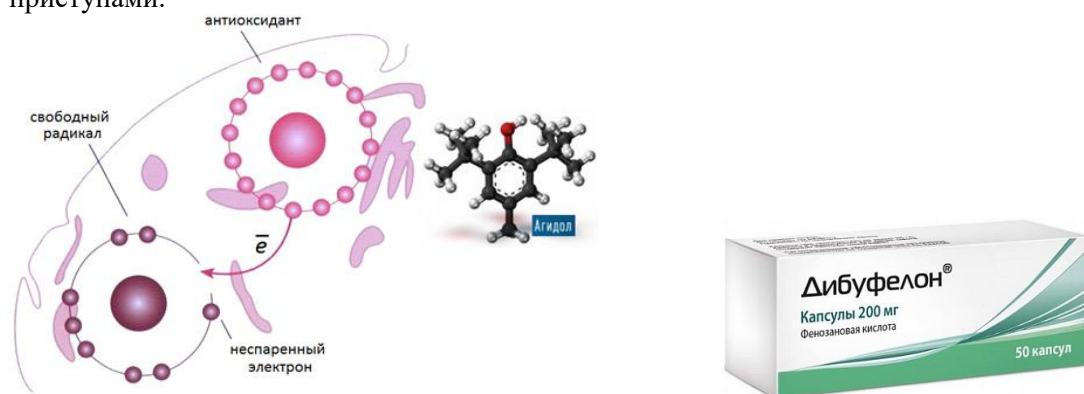
При сгорании калия массой 62,4 г образовалась смесь кристаллических веществ X (желтого цвета) и Y (белого цвета). Вещество Y реагирует с разбавленной горячей серной кислотой с образованием простого газообразного вещества А. Вещество X реагирует с безводной серной кислотой с образованием простого газообразного 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 – $\text{KO}_2$ ; вещество Y – $\text{K}_2\text{O}_2$   | 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.

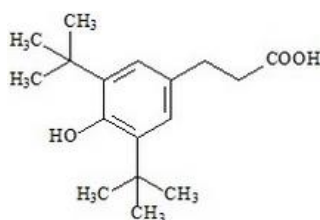
Для количественного определения фенозановой кислоты в лекарственной субстанции используется метод кислотно-основного титрования. Навеску субстанции массой 0,580 г растворяют в мерной колбе объемом 50 мл в 96%-ном этиловом спирте и объем раствора доводят до метки спиртом. Из полученного раствора отбирают 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:

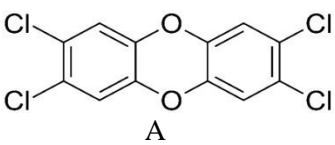
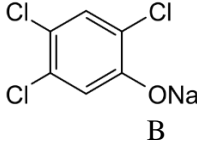
|  |    |
|--|----|
| $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CHO} + 2\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)_2 \rightarrow \text{HO}-\text{C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2-\text{CHO}$  | 2  |
| $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2-\text{CHO} + \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COOH} \rightarrow \text{HO}-\text{C}_6\text{H}_2(\text{C}(\text{CH}_3)_3)_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$                            | 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 |

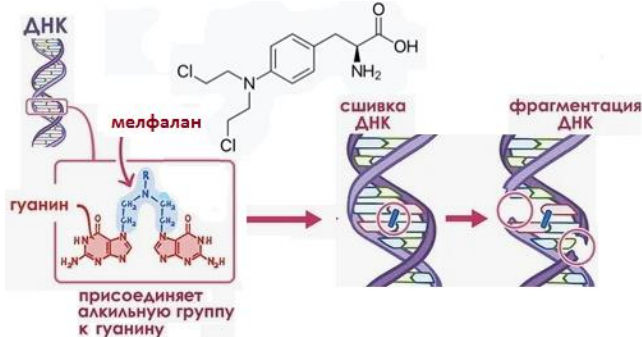


Заключительный этап.

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 |
|---|----------|
| <div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;">  <p>ДНК</p> <p>мелфалан</p> <p>гуанин</p> <p>присоединяет алкильную группу к гуанину</p> <p>сшивка ДНК</p> <p>фрагментация ДНК</p> </div> <div style="flex: 1; padding-left: 20px;"> <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> </div> </div> |          |

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: <math>m = 10\text{мг/мл} \cdot 10\text{мл} = 100\text{ мг}</math></p> <p>Объем полученного раствора: <math>V = 100/0,4 = 250\text{мл}</math></p> <p><math>V(\text{физ.р-ра}) = 250 - 10 = 240\text{ мл}</math></p> <p>Через 20ч – 50% =&gt; через 40ч – 25%; через 60ч – 12,5%</p> <p>Останется <math>(25+12,5)/2 = 18,75\%</math> через <math>(40+60)/2 = 50\text{ч}</math></p> <p>или: <math>t = 20 \cdot \ln(100/18,75) / \ln 2 = 20 \cdot \ln 5,33 / \ln 2 = 49\text{ ч}</math></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 °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 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 <math>\nu(\text{CO}_2) = x</math> моль; <math>\nu(\text{H}_2\text{O}) = y</math> моль, тогда</p> $44x = 4,889 \cdot 18y$ $x = 2y$ <p>Поскольку <math>\nu(\text{CO}_2) = 2\nu(\text{H}_2\text{O})</math>, то <math>\nu(\text{C}) = \nu(\text{H})</math> и молекулярная формула <math>\text{C}_n\text{H}_n\text{O}_m</math></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

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| $C:H:I = 3,05/12:0,25/1:96,7/127 = 1:1:3 \Rightarrow CHI_3$<br>$R-C(O)-CH_3 + 4NaOH + 3I_2 \rightarrow RCOONa + CHI_3 + 3NaI + 3H_2O$<br>$v(CHI_3) = 29,55/394 = 0,075 \text{ моль} \Rightarrow v(RCOONa) = 0,075 \text{ моль}$<br>$M(RCOONa) = 7,2/0,075 = 96 \text{ г/моль} \quad M(R) = 29 (C_2H_5) \Rightarrow \text{кетон} - \text{бутанон}$<br>$v(C_4H_8O) = 0,075 \text{ моль}$<br>$CH_3-CH_2-C(O)-CH_3 + NH_2-NH_2 \rightarrow CH_3-CH_2-CH_2-CH_3 + N_2 + H_2O$<br>$v(C_4H_{10}) = 3,22/58 = 0,0555 \text{ моль}$<br>$\eta = 0,0555/0,075 = 0,74 (74\%)$<br>$m(I_2) = 3 \cdot 0,075 \cdot 254 = 57,15 \text{ г}$ | 2<br><br><br><br>2<br><br>2<br><br>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 25<sup>0</sup>С 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                        |
|--|------------------------------|
| $Ca(OH)_2 \leftrightarrow Ca^{2+} + 2OH^-$<br>$v(Ca(OH)_2) = 86 \cdot 10^{-3}/74 = 1,162 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$<br>$c(Ca(OH)_2) = 1,162 \cdot 10^{-3}/0,1 = 1,162 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л}$<br>$K_s = c(Ca^{2+}) \cdot c^2(OH^-)$<br>$K_s = 1,162 \cdot 10^{-2} \cdot (2 \cdot 1,162 \cdot 10^{-2})^2 = 6,28 \cdot 10^{-6}$<br>$pOH = -lgc(OH^-) = -lg(2 \cdot 0,01162) = 1,63$<br>$pH = 14 - 1,63 = 12,37$ | 2<br><br>2<br><br>2<br><br>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.

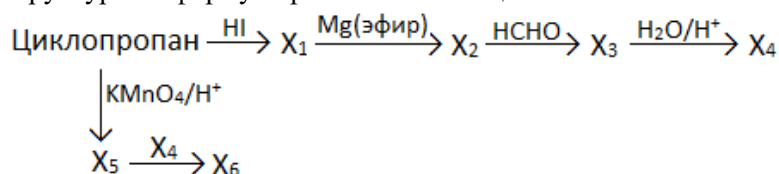
Кристаллогидрат (А) прокалили при 300<sup>0</sup>С до постоянной массы, при этом образовался твердый остаток желтого цвета, который растворили в 30%-ном растворе аммиака (плотность раствора 0,895 г/мл) с образованием комплексного гидроксида  $[X(NH_3)_6](OH)_2$ . Рассчитайте минимальный объем раствора 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) $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COOH} + 2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} \rightarrow \text{C}_4\text{H}_7\text{OOC}-\text{CH}_2-\text{COOC}_4\text{H}_7 + 2\text{H}_2\text{O}$<br>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

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   |
|---|---|
| $M(\text{смеси NH}_3 \text{ и F}_2) = 1,161 \cdot 22,4 = 26 \text{ г/моль}$<br>Пусть $v(\text{NH}_3) = x$ ; $v(\text{F}_2) = y$<br>$17x + 38y = 26(x + y)$<br>$9x = 12y$<br>$y = 0,75x$<br>$v(\text{NH}_3) : v(\text{F}_2) = 4:3$<br>$M(\text{NF}_n) = 3,55 \cdot 20 = 71 \text{ г/моль}$<br>$14 + 19n = 71$<br>$n = 3 \Rightarrow \text{NF}_3$<br>$4\text{NH}_3 + 3\text{F}_2 \rightarrow \text{NF}_3 + 3\text{NH}_4\text{F}$<br>$v(\text{NF}_3) = z$<br>$\text{NF}_3 + 4\text{KOH} \rightarrow \text{KNO}_2 + 3\text{KF} + 2\text{H}_2\text{O}$<br>$v(\text{KNO}_2) = z$<br>$m(\text{KNO}_2) = 85z$<br>$v(\text{KF}) = 3z$<br>$m(\text{KF}) = 58 \cdot 3z = 174z$<br>$m(\text{смеси}) = 259z$<br>$\omega(\text{KNO}_2) = 85z/259z = 0,328 (32,8\%)$<br>$\omega(\text{KF}) = 174z/259z = 0,672 (67,2\%)$ | 2<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br><br>2<br><br>2<br><br><br><br><br><br><br><br>2<br><br><br><br>2 |
| Максимальный балл   | 12  |

#### ЗАДАНИЕ 9.4

**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 17,55 г образовалась смесь кристаллических веществ X (желтого цвета) и Y (белого цвета). В полученной смеси из каждых восьми атомов – 3 атома калия. Определите, во сколько раз объем газа А, который выделится при обработке полученной смеси веществ X и Y горячей водой больше, чем объем газа А, полученного при нагревании такой же массы смеси веществ X и Y с оксидом азота (IV) (считать, что объемы газов измерены при одинаковых условиях). Напишите уравнения всех реакций.

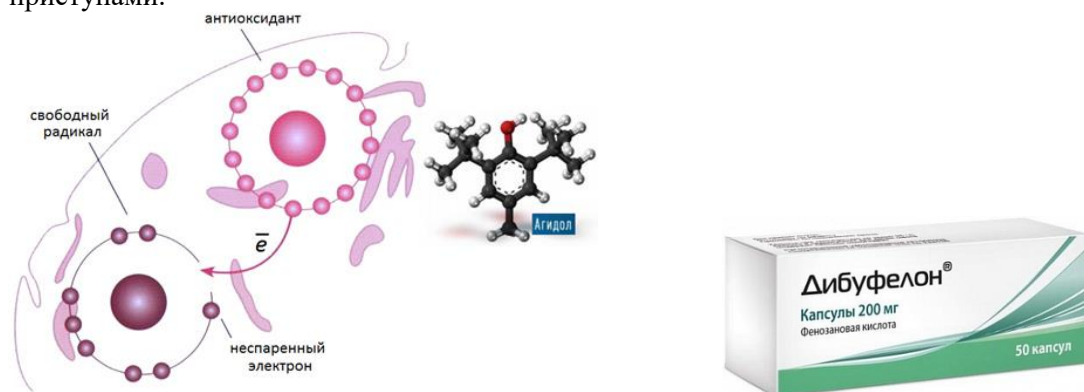
Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)

Баллы

|  |    |
|--|----|
| $v(K) = 17,55/39 = 0,45$ 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.

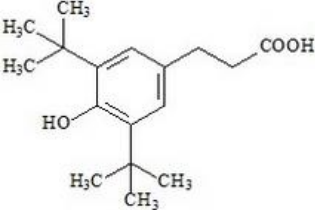


Напишите структурную формулу Фенозановой кислоты (3-(3,5-ди-*трет*-бутил-4-гидроксифенил)пропановая кислота). Осуществите синтез фенозановой кислоты из 4-гидроксibenзальдегида в три стадии, напишите уравнения реакций:

- 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> <math>v(\text{NaOH}) = 0,1 \cdot 2,8 = 0,28</math> ммоль – в 10 мл раствора<br/> <math>v(\text{NaOH}) = 0,28 \cdot 5 = 1,4</math> ммоль – в 50 мл раствора<br/> <math>v(\text{C}_{17}\text{H}_{26}\text{O}_3) = 1,4</math> ммоль<br/> <math>m(\text{C}_{17}\text{H}_{26}\text{O}_3) = 1,4 \cdot 278 = 389,2</math> мг<br/> <math>\omega(\text{C}_{17}\text{H}_{26}\text{O}_3) = 389,2/400 = 0,973</math> (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   |  |



# Всероссийская Сеченовская олимпиада школьников по химии 2023-2024.

## Заключительный этап.

### Ответы на задания.

#### 11 класс

#### Вариант 1

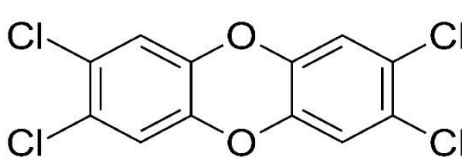
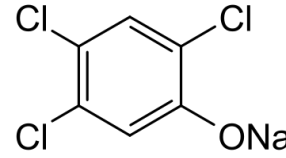
#### ЗАДАНИЕ 1.1

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.

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 по-прежнему входят (А) 2,3,7,8 тетрахлордibenзо-пара-диоксин и (В) 2,4,5 трихлорфенолят натрия.

Составьте структурные формулы указанных веществ и рассчитайте массовые доли компонентов, если в смеси 2,3,7,8 тетрахлордibenзо-пара-диоксина и 2,4,5 трихлорфенолят натрия, число атомов углерода в 2,7273 раза больше числа атомов хлора.

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)  | Баллы |
|--|-------|
|  <p style="text-align: center;"><math>C_{12}H_4Cl_4O_2</math><br/>А</p>  <p style="text-align: center;"><math>C_6H_2Cl_3ONa</math><br/>В</p> | 2     |
| $\nu(C_{12}H_4Cl_4O_2) = X$ $\nu(C_6H_2Cl_3ONa) = Y$ $m(C_{12}H_4Cl_4O_2) = 322X$ $m(C_6H_2Cl_3ONa) = 219,5Y$ $\omega(C_{12}H_4Cl_4O_2) = \frac{322x}{322x+219,5y}$ $\Sigma \nu(Cl) = 4x + 3y$ $\Sigma \nu(C) = 12x + 6y$  | 2     |
| $\frac{\nu(C)}{\nu(Cl)} = \frac{12x+6y}{4x+3y} = 2,7232$ $Y = 0,51x$ $\omega(C_{12}H_4Cl_4O_2) = \frac{322x}{322x+219,5y} = \frac{322x}{322x+219,5(0,51x)} = \frac{322x}{434x} = 74\%$ $\omega(C_6H_2Cl_3ONa) = 26\%$  | 2     |
| Максимальный балл  | 6     |

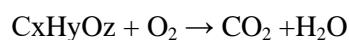
## ЗАДАНИЕ 2.1

Есть версия, что вещество **X** впервые было получено в IX веке алхимиком **Джабир ибн Хайяном**. Однако историческим фактом является синтез данного вещества в 1540 г. **Валерием Кордусом**, который назвал полученный продукт «Сладким купоросным маслом» (Oleum Dulce vitrioli). Кордус первым отметил его анестезирующие свойства. В 1680 г. **Роберт Бойль** вторично синтезировал данное вещество. В третий раз синтез вещества был проведен **Исааком Ньютоном** в 1704 году. В медицине используется в качестве лекарственного средства общеанестезирующего действия, так как его влияние на нейронные мембраны и свойство «Обездвиживать» ЦНС очень специфично и полностью обратимо. В стоматологии применяется местно для обработки кариозных полостей и корневых каналов зуба при подготовке и пломбированию.

При сгорании образца вещества **X** масса 7,4 г образуется 8,96 литров  $\text{CO}_2$  и 9 г  $\text{H}_2\text{O}$ . Вещество **X** хорошо смешивается со многочисленными органическими растворителями, в том числе с этилацетатом.

К 15 г раствора вещества **X** в этилацетате добавили 91 мл 2,75 М раствора  $\text{NaOH}$ . Полученную смесь упарили, а сухой остаток прокалили до удаления газа. Массовая доля атомарного натрия в полученном остатке неорганических соединений составила 45%

Найти массовую долю вещества **X**



$$1) \nu(\text{CO}_2) = \frac{V(\text{CO}_2)}{V_m} = \frac{8,96}{22,4} = 0,4$$

$$2) \nu(\text{C}_{\text{орг.в-ва}}) = \nu(\text{C}_{\text{в CO}_2}) = \nu(\text{CO}_2) = 0,4$$

$$3) m(\text{C}_{\text{в орг.в-ва}}) = \nu(\text{C}_{\text{орг.в-ва}}) * M(\text{C}) = 0,4 * 12 = 4,8 \text{ г}$$

$$4) \nu(\text{H}_2\text{O}) = \frac{9}{18} = 0,5$$

$$5) \nu(\text{H}_{\text{орг.в-ва}}) = \nu(\text{H}_{\text{в H}_2\text{O}}) = \nu(\text{H}_2\text{O}) = 0,5 * 2 = 1$$

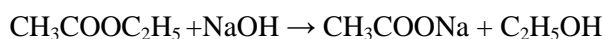
$$6) m(\text{H}_{\text{в орг.в-ва}}) = \nu(\text{H}_{\text{орг.в-ва}}) * M(\text{H}) = 1 * 1 = 1 \text{ г}$$

$$7) m(\text{O}_{\text{в орг.в-ва}}) = m(\text{орг.в-ва}) - m(\text{C}_{\text{в орг.в-ва}}) - m(\text{H}_{\text{в орг.в-ва}}) = 7,4 - 4,8 - 1 = 1,6$$

$$8) \nu(\text{O}_{\text{орг.в-ва}}) = m(\text{O}_{\text{в орг.в-ва}}) / M(\text{H}_2\text{O}) = 1,6 / 16 = 0,1$$

$$9) \text{C}(x)\text{H}(y)\text{O}(z)$$

$$\begin{array}{ccc} x:y:z = m(\text{C}_{\text{в орг.в-ва}}) : m(\text{H}_{\text{в орг.в-ва}}) : m(\text{O}_{\text{в орг.в-ва}}) & & \\ 0,4 & 1 & 0,1 \\ 4 & 10 & 1 \end{array}$$



После упаривания диэтиловый эфир и спирт улетают

В сухом остатке находится ацетат натрия и избыток  $\text{NaOH}$



В остатке может находиться  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и избыток  $\text{NaOH}$

$$\nu(\text{NaOH}) = C * V = 2,75 * 0,091 = 0,25 \text{ моль}$$

Пусть  $\nu(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = X$  моль

$$\nu(\text{Na}_2\text{CO}_3) = X \text{ моль}$$

$$\nu(\text{NaOH}) = X \text{ моль}$$

$$\nu(\text{NaOH}) = X \text{ моль} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} 2X$$

$$\nu(\text{NaOH})_{\text{в сухом остатке}} = \nu(\text{NaOH})_{\Sigma} - \nu(\text{NaOH})_{\text{израсход}} = 0,25 - 2X$$

$$m(\text{сухого остатка}) = m(\text{Na}_2\text{CO}_3) + m(\text{NaOH})_{\text{остат}} = 106X + 40(0,25 - 2X)$$

$$= 26X + 10$$

}

$$v(\text{Na})_{\text{из Na}_2\text{CO}_3} = 2X$$

$$v(\text{Na})_{\text{из NaOH}} = (0,25 - 2X) \quad \sum v(\text{Na}) = 0,25$$

$$m(\text{Na}) = 0,25 \cdot 23 = 5,75 \text{ г}$$

$$0,45 = \frac{5,75}{26X + 10}$$

$$11,7X + 4,5 = 5,75$$

$$11,7X = 1,25$$

$$X = 0,107$$

$$m(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = 88 \cdot 0,107 = 9,416$$

$$m(\text{эфир}) = 15 - 9,416 = 5,584$$

$$\omega = 5,584 / 15 = 0,3722 \approx 37,2\%$$

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|---|-------|
| Правильно определено вещество X   | 2     |
| Представлены обе реакции  | 2     |
| Правильно определен состав сухого остатка   | 2     |
| Рассчитано количества веществ в сухом остатке   | 2     |
| Рассчитана массовая доля вещества   | 2     |
| Максимальный балл   | 10    |

### ЗАДАНИЕ 3.1

В медицине 10 % раствор аммиака, также называемый нашатырным спиртом, применяется при обморочных состояниях (для возбуждения дыхания), для стимуляции рвоты, а также наружно — невралгии, миозиты, укусах насекомых, для обработки рук хирурга. При неправильном применении может вызвать ожоги пищевода и желудка (в случае приёма неразведённого раствора), рефлекторную остановку дыхания (при вдыхании в высокой концентрации). Применяют местно, ингаляционно и внутрь. Для выведения больного из обморочного состояния осторожно подносят небольшой кусок марли или ваты, смоченный нашатырным спиртом, к носу больного (на 0,5-1 с). Внутрь (только в разведении) для индукции рвоты. При укусах насекомых - в виде примочек; при невралгиях и миозитах - растирания аммиачным линиментом. В хирургической практике разводят в тёплой кипячёной воде и моют руки.

Химический цилиндр с диаметром дна 10,0 см высотой 20 см и толщиной стенки 1 мм заполнили дистиллированной водой на 60% и через газоотводную трубку пропустили газообразный аммиак (н.у.), объемом в 15,5 раза превышающим объем воды. Рассчитайте pH полученного раствора.  $pK_b(\text{NH}_3) = 4,76$

|  |   |
|--|---|
| Рассчитан объем цилиндра $V = h \cdot \pi \cdot R^2$<br>$V = 20 \cdot 3,14 \cdot 25 = 1570 \text{ см}^3$ | 1 |
| Рассчитан объем воды<br>$0,6 \cdot 1570 = 942 \text{ мл}$  | 1 |
| Рассчитан объем аммиака $V = 15,5 \cdot 0,942 = 14,6 \text{ л}$  | 1 |
| Рассчитана количество вещества аммиака $n(\text{NH}_3) = 14,6 / 22,4 = 0,652 \text{ моль}$               | 1 |
| Рассчитана концентрация аммиака<br>$C = 0,652 / 0,942 = 0,692 \text{ моль/л}$                            | 1 |
| Записана формула для расчета pH<br>$\text{pH}(\text{NH}_3) = 14 - 0,5(pK_b - \lg C(\text{NH}_3))$        | 1 |
| $\text{pH}(\text{NH}_3) = 14 - 0,5(4,76 - \lg 0,692) = 11,5$   | 2 |
|  | 8 |

### ЗАДАНИЕ 4.1

При обработке смеси мальтозы и галактозы свежеосажденным гидроксидом меди образуется красно-фиолетовый осадок для полного растворения которого потребуется 75,6 г 75% HNO<sub>3</sub>

Такая же смесь при окислении перманганата калия в сернокислой среде образует газообразного 29,42 л продукта (при 25°C и 101 кПа)

Рассчитайте массу смеси углеводов, а также массу продукта, который может быть получен при обработке количественно выделенной из смеси галактозы с гидроксиламином, если выход реакции составляет 75%

|   |   |
|---|---|
| $\begin{aligned} & \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 2\text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7 + \text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O} && \text{галактоза} \\ & \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + 2\text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{12} + \text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O} && \text{мальтоза} \\ & \text{Cu}_2\text{O} + 6\text{HNO}_3(\text{k}) = 2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2\uparrow + 3\text{H}_2\text{O} \end{aligned}$   | 2 |
| $\begin{aligned} & 5\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 24\text{KMnO}_4 + 36\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 30\text{CO}_2 + 24\text{MnSO}_4 + 66\text{H}_2\text{O} + 12\text{K}_2\text{SO}_4 \\ & 5\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + 48\text{KMnO}_4 + 72\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 60\text{CO}_2 + 48\text{MnSO}_4 + 127\text{H}_2\text{O} + 24\text{K}_2\text{SO}_4 \end{aligned}$   | 2 |
| $\begin{aligned} & \nu(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = x && \nu(\text{Cu}_2\text{O})_1 = x \\ & \nu(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = y && \nu(\text{Cu}_2\text{O})_2 = y \\ \\ & \nu(\text{HNO}_3) = \frac{m \cdot \omega}{M} = \frac{75,6 \cdot 0,75}{63} = 0,9 \\ & \nu(\text{Cu}_2\text{O}) = \frac{1}{6} \nu(\text{HNO}_3) = 0,15 \text{ моль} \\ \\ & \nu(\text{CO}_2) = \frac{PV}{RT} = \frac{101 \cdot 29,42}{8,31 \cdot 298} = 1,2 \text{ моля} \\ & \nu(\text{CO}_2)_1 = \frac{30}{5} \nu(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 6x \\ & \nu(\text{CO}_2)_2 = \frac{60}{5} \nu(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 12y \\ \\ & \left. \begin{aligned} & x+y=0,15 \\ & 6x+12y=1,2 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} & x=0,1 \\ & y=0,05 \end{aligned} \\ \\ & m \text{ смеси} = m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) + m(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 0,1 \cdot 180 + 0,05 \cdot 342 = 35,1 \end{aligned}$ | 2 |
| $\begin{aligned} & \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{NH}_2\text{OH} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{13}\text{O}_6\text{N} + \text{H}_2\text{O} \\ & 0,1 && 0,1 \\ \\ & m(\text{C}_6\text{H}_{13}\text{O}_6\text{N}) = 0,1 \cdot 195 = 19,5 \text{ (100\%)} \rightarrow 19,5 \cdot 0,75 = 14,625 \text{ (75\%)} \end{aligned}$   | 2 |
|   | 8 |

### ЗАДАНИЕ 5.1

Стоматологический сплав содержащий палладий, платину и золото имеет плотность 12800 кг/м<sup>3</sup> Выпускают сплав в виде конусов с радиусом основания 1,2 см и высотой 3 см. Такой образец последовательно обработали концентрированной азотной кислотой, а затем «Царской водкой». Рассчитайте массовые доли металлов в сплаве, если известно, что объем газа, выделившегося после обработки сплава концентрированной азотной кислотой оказался в 8,34 раза больше объема собранного, после обработки остатка «царской водки» и равен объему газа, выделяющегося при взаимодействии 25,6 г гидразина с калия перманганатом в среде серной кислоты.

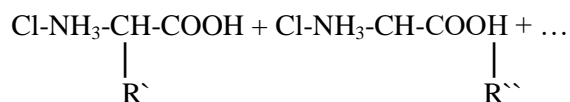
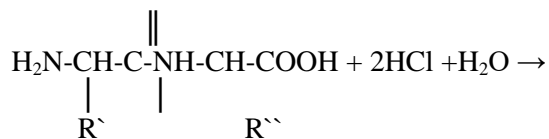
|   |   |
|---|---|
| $\begin{aligned} & \text{Pd} + 4\text{HNO}_3 \leftrightarrow \text{Pd}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} && 2x \\ & 3\text{Pt} + 4\text{HNO}_3 + 18\text{HCl} \leftrightarrow 3\text{H}_2[\text{PtCl}_6] + 4\text{NO} + 8\text{H}_2\text{O} && 4/3y \\ & \text{Au} + \text{HNO}_3 + 4\text{HCl} \leftrightarrow \text{H}[\text{AuCl}_4] + \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O} && z \end{aligned}$ | 2 |
| $\begin{aligned} & V = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 3 = 4,5216 \text{ см}^3 \\ & m = V \cdot \rho = 4,5216 \text{ см}^3 \cdot 12800 \text{ кг/м}^3 = 57876,48 / 1000 = 57,9 \text{ г} \end{aligned}$  | 2 |

|  |   |
|--|---|
| <p>Pd Pt Au<br/> <math>106x+195y+197z=57,9</math></p> <p><math>\frac{V(NO_2)}{V(NO)}=8,34</math></p> <p><math>4KMnO_4 + 5H_4N_2 + 6H_2SO_4 \leftrightarrow 5N_2 + 4MnSO_4 + 2K_2SO_4 + 16H_2O</math></p> <p><math>v(N_2H_4) = \frac{m}{M} = \frac{25,6}{32} = 0,8</math><br/> <math>v(NO_2) = 0,8</math></p> <p><math>4KMnO_4 + 5H_4N_2 + 6H_2SO_4 \leftrightarrow 5N_2 + 4MnSO_4 + 2K_2SO_4 + 16H_2O</math><br/> <span style="margin-left: 100px;">0,8</span> <span style="margin-left: 200px;">0,8</span></p> <p><math>v(Pd) = \frac{1}{2} v(NO_2) = 0,4</math><br/> <math>m(Pd) = 0,4 * 106 = 42,4 \text{ г}</math><br/> <math>m(Pt/Au) = 57,9 - 42,4 = 15,5 \text{ г}</math><br/> <math>v(NO) = \frac{V(NO_2)}{8,34} = \frac{0,8}{8,34} = 0,0959 \text{ моль}</math></p> <p><math>195Y+197Z=15,5</math><br/> <span style="margin-left: 200px;"><math>v(NO_2)_\Sigma = 8,34 * v(NO)</math></span><br/> <span style="margin-left: 200px;"><math>y = 0,0959 - 1,333z</math></span></p> <p><math>4/3y + z = 0,0959</math></p> <p><math>195y + 18,89 - 262,6y = 15,5</math><br/> <math>3,39 = 67,6y</math><br/> <math>y = 0,0501 \text{ моль}</math><br/> <math>z = 0,028 \text{ моль}</math></p> |   |
| <p><math>m(Pd) = 0,4 * 106 = 42,4</math><br/> <math>m(Pt) = 0,0501 * 195 = 9,7695 = 9,8</math><br/> <math>m(Au) = 0,029 * 197 = 5,713 = 5,7</math></p> <p><math>\omega(Pd) = \frac{42,4}{57,9} = 0,73 = 73\%</math><br/> <math>\omega(Pt) = \frac{9,8}{57,9} = 0,169 = 17\%</math><br/> <math>\omega(Au) = \frac{5,7}{57,9} = 0,098 = 9,8\% \approx 10\%</math></p>  | 2 |
|  | 6 |

### ЗАДАНИЕ 6.1

Ученые обнаружили удивительное свойство некоторых моллюсков, образовывать прочные адгезивные соединения с металлами даже в морской воде, что приводит к серьезной проблеме – обрастанию моллюсками корпусов кораблей. Установлено, что столь сильные адгезивные свойства обеспечиваются наличием в секреторных выделениях моллюсков сложных пептидов, способных создавать прочные комплексы с ионами железа, которые и формируют высокую адгезию. В анализе пептидного комплекса моллюсков были выделены дипептиды. При анализе одного из таких дипептидов с концентрированной хлороводородной кислотой были получены два продукта; Массовая доля атомарного хлора в одном из них составила 22,54%. При взаимодействии этого же дипептида с разбавленным раствором кислоты хлороводородной был получен продукт, в котором массовая доля атомарного хлора равна 10,5498%. Одна из аминокислот используется в терапии. При нагревании дипептида с концентрированной хлороводородной кислотой происходит его полный гидролиз с образованием двух хлороводородных солей аминокислот. Установите аминокислотный состав дипептида и напишите для него **две** возможные структурные формулы.

|  |   |
|--|---|
| Правильно установлена формула первой аминокислоты      | 3 |
| Правильно установлена формула второй аминокислоты      | 3 |
| Правильно представлены формулы дипептидов              | 2 |
| Правильно прописаны уравнения реакций с хлороводородом | 2 |
| <b>10</b>  |   |

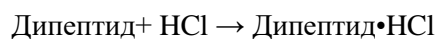


$$M(\text{Cl}-\underset{\text{R}'}{\text{NH}_3}-\text{CH}-\text{COOH}) = \frac{35,5}{0,2254} = 157,5 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{R}') = 157,5 - 36,5 - 74 = 47 \text{ г/моль}$$

Учитывая, что аминокислота природная, радикал имеет состав  $-\text{CH}_2\text{SH}$  и данная аминокислота **ЦИСТЕИН** (Cys).

С разбавленной хлороводородной кислотой дипептид образует соль.



$$M(\text{Дипептид} \cdot \text{HCl}) = \frac{35,5}{0,105498} = 336,5 \text{ г/моль}$$

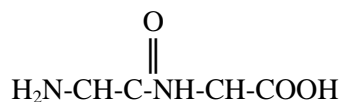
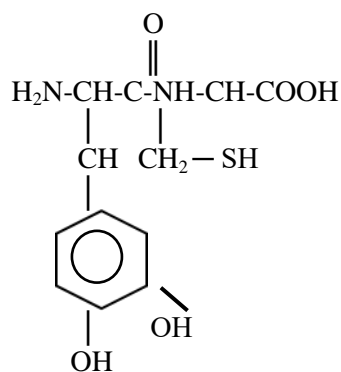
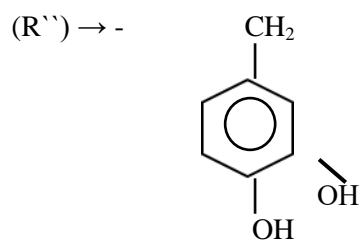
$$M(\text{Дипептид}) = 336,5 \text{ г/моль} - 36,5 = 300 \text{ г/моль}$$

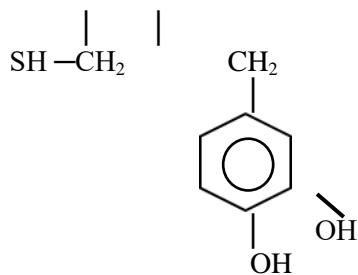
Дипептид образован двумя остатками аминокислот, одна из которых цистеин ( $M=121 \text{ г/моль}$ ),  $\Rightarrow$   $M$  другой аминокислоты:

$$M(\text{аминокислота}) = M(\text{дипептид}) + M(\text{H}_2\text{O}) - M(\text{Цистеин}) = 300 + 18 - 121 = 197 \text{ г/моль}$$

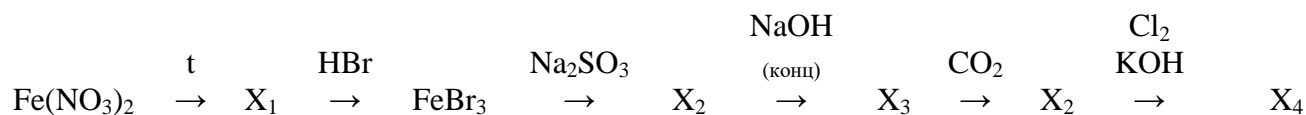
$$M(\text{R}'') = 197 - 74 = 123 \text{ г/моль}$$

Для остатка характерно комплексообразование



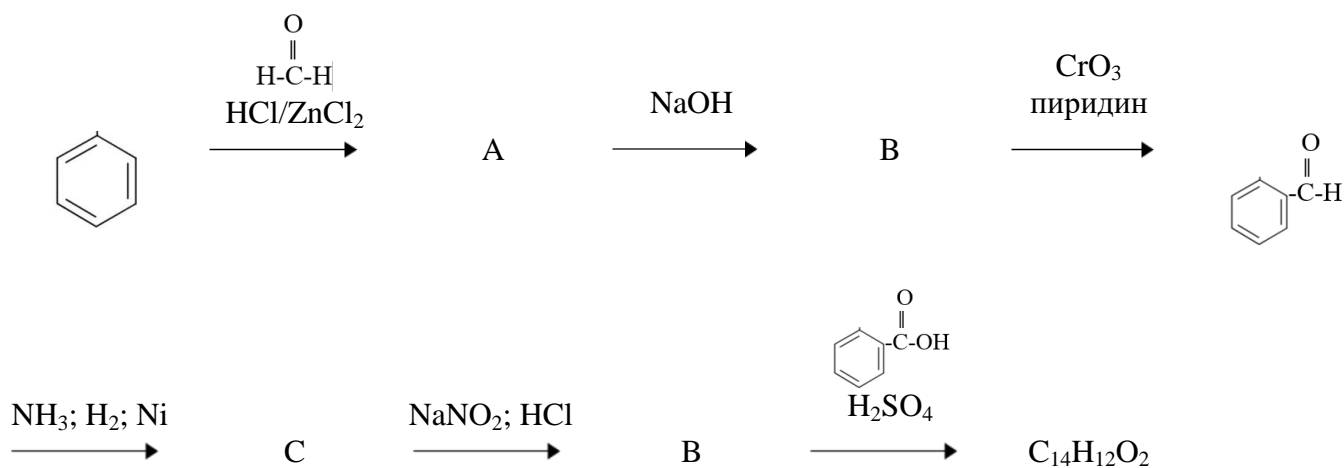


### ЗАДАНИЕ 7.1

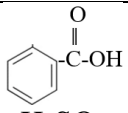
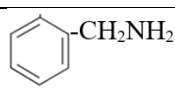
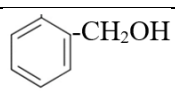
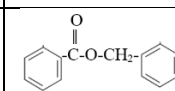


| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)                              | Баллы |
|--|-------|
| 1) $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \xrightarrow{t} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{NO}_2 + \text{O}_2 \uparrow$  | 2     |
| 2) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{HBr} \rightarrow 2\text{FeBr}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$   | 2     |
| 3) $2\text{FeBr}_3 + 3\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{SiO}_3 + 6\text{NaBr}$ | 2     |
| 4) $\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{NaOH}_{(\text{конц})} \rightarrow \text{Na}_3[\text{Fe}(\text{OH})_6]$  | 2     |
| 5) $2\text{Na}_3[\text{Fe}(\text{OH})_6] + 3\text{CO}_2 \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{Na}_2\text{CO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$     | 2     |
| 6) $2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{Cl}_2 + 10\text{KOH} \rightarrow 2\text{K}_2\text{FeO}_4 + 6\text{KCl} + 8\text{H}_2\text{O}$               | 2     |
| Максимальный балл  | 12    |

### ЗАДАНИЕ 8.1

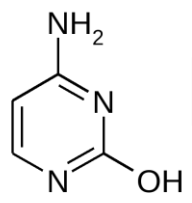
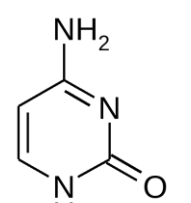
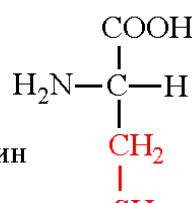


|  |   |   |                             |   |   |  |
|--|---|---|-----------------------------|---|---|--|
|  | $\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \text{HCl}/\text{ZnCl}_2 \end{array}$ | A |                             | B | $\begin{array}{c} \text{CrO}_3 \\ \text{пиридин} \end{array}$ |  |
|  | $\xrightarrow{-\text{H}_2\text{O}}$   |   | $\xrightarrow{\text{NaOH}}$ |   | $\xrightarrow{\quad}$   |  |
|  | 2 балла   |   | 2 балла                     |   | 2 балла   |  |

|                                      |   |                             |   |   |   |          |
|--------------------------------------|---|-----------------------------|---|---|---|----------|
| $\text{NH}_3; \text{H}_2; \text{Ni}$ | С   | $\text{NaNO}_2; \text{HCl}$ | В   | <br>$\text{H}_2\text{SO}_4$ |   |          |
| →                                    |  | →                           |  | →   |  | ИТОГО    |
| 2 балла                              |   | 2 балла                     |   | 2 балла   |   | 12баллов |

### ЗАДАНИЕ 9.1

В лаборатории сожгли в избытке кислорода порцию **Цитозина** и **Цистеина**. Продукты сгорания полученные в ходе сжигания каждого из веществ пропустили через избыток известковой воды. Аналитик проводивший исследование отметил, что объемы непоглощенного газа в том и другом случае оказался одинаковым (при одинаковых условиях). Рассчитайте во сколько раз будут различаться массы осадков, а также объемы газа, образовавшиеся при обработке 24,2 г цитозина азотной кислотой

|   |   |  |  |   |
|---|---|--|--|---|
| <br>лактимная форма<br>$\text{C}_4\text{H}_5\text{N}_3\text{O}$  | ЦИТОЗИН<br>лактм-лактаманная таутомерия | <br>лактаманная форма | <br>Цистеин<br>$\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2\text{S}$ | 2 |
| $2\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2\text{S} + 11,5\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + \text{N}_2 + 2\text{SO}_2 + 7\text{H}_2\text{O}$ $2\text{C}_4\text{H}_5\text{N}_3\text{O} + 10\text{O}_2 \rightarrow 8\text{CO}_2 + 3\text{N}_2 + 5\text{H}_2\text{O}$ $\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{SO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaSO}_3 + \text{H}_2\text{O}$  |   |  |  | 2 |
| $\nu(\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2\text{S}) = x \quad \nu(\text{CO}_2)_1 = 3x \quad \nu(\text{N}_2)_1 = \frac{1}{2}x \quad \nu(\text{SO}_2) = x$ $\nu(\text{C}_4\text{H}_5\text{N}_3\text{O}) = y \quad \nu(\text{CO}_2)_2 = 4y \quad \nu(\text{N}_2)_2 = \frac{3}{2}y$ $V(\text{N}_2)_1 = V(\text{N}_2)_2 \Rightarrow \frac{1}{2}x = \frac{3}{2}y \Rightarrow X = 3y$ $\nu(\text{CaCO}_3) = \sum \nu(\text{CO}_2) = (3x + 4y)$ $\nu(\text{CaSO}_3) = \nu(\text{SO}_2) = x$ $m(\text{CaSO}_3) = 120x = 120 \cdot 3y = 360y$ $\nu(\text{CaCO}_3)_1 = 3x$ $m(\text{CaCO}_3)_1 = 3x \cdot 100 = 300x = 300 \cdot 3y = 900y$ $m_{\text{осадка при сжигании цистеина}} = 360y + 900y = 1260y$ $\nu(\text{CaCO}_3)_2 = \nu(\text{CO}_2)_2 = 4y$ $m(\text{CaCO}_3)_2 = 4 \cdot 100 = 400y$ $\frac{m(\text{осадок 1})}{m(\text{осадок 2})} = \frac{1260y}{400y} = 3,15 \quad \text{в } 3,15 \text{ раза}$ |   |  |  | 2 |
| $\nu(\text{C}_4\text{H}_5\text{N}_3\text{O}) = \frac{m}{M} = \frac{24,2}{111,102} = 0,218$ $\nu(\text{N}_2) = 0,218$  |   |  |  | 2 |



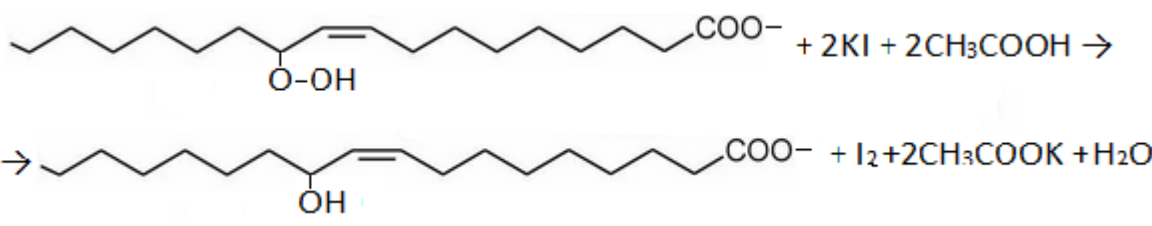
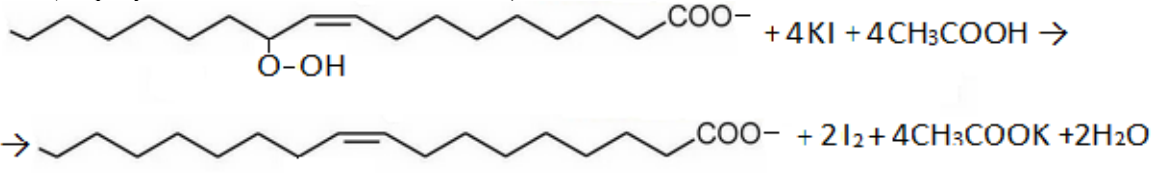
|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| $V(N_2)=0.218*22,4=4,9\text{л}$ |   |
|                                 | 8 |

### ЗАДАНИЕ 10.1

Миндальное масло (*Oleum Amygdalarum*) оказывает смягчающее, питательное и защитное действие на кожу и волосы. Миндальное масло хорошо всасывается кожей, регулируя её водно-липидный баланс, ускоряет процесс регенерации клеток, оказывает противовоспалительное, регенерирующее и тонизирующее действие. Миндальное масло относится к невысыхающим маслам и состоит, в основном, из олеиновой (до 70%) и линолевой кислоты (до 25%).

Одним из количественных показателей доброкачественности жирных масел является перекисное число. Перекисное число ( $I_p$ ) – количество кислорода, химически связанного в масле в виде пероксидов, особенно гидропероксидов, выраженное в миллимоль активного кислорода, содержащееся в 1000 г данного жирного масла. Метод йодометрического определения перекисного числа (метод Вилера) основан на способности пероксидов и гидропероксидов, содержащихся в масле, окислять йодид калия в кислой среде. Перекисное число миндального масла должно быть не более 2,5 ммоль/кг.

Определение перекисного числа миндального масла проводили в соответствии с методикой: Навеску масла массой 5,0 г помещают в сухую коническую колбу с притертой пробкой вместимостью 250 мл. Прибавляют 30 мл смеси уксусной кислоты ледяной и хлороформа (3:2), встряхивают до растворения масла, прибавляют 0,5 мл насыщенного раствора калия йодида и закрывают колбу пробкой. Встряхивают точно в течение 1 мин, прибавляют 30 мл воды и титруют раствором натрия тиосульфата 0,01 М, прибавляя титрант медленно при постоянном энергичном встряхивании до светло-желтой окраски раствора. Затем прибавляют 5 мл раствора крахмала и продолжают титрование при постоянном встряхивании до обесцвечивания раствора. Проводят контрольный опыт (вместо навески масла берут 5 мл дистиллированной воды) в тех же условиях. На титрование было израсходовано 2,5 мл раствора тиосульфата натрия (основной опыт) и 0,1 мл раствора тиосульфата натрия (контрольный опыт). Приведите структурную формулу молекулы масла, считая, что основное вещество – триглицерид, содержащий два остатка олеиновой и один остаток линолевой кислот. Напишите уравнения реакций, лежащих в основе данного метода. Для реакции возьмите гидропероксид олеиновой (*цис*-9-октадеценовой) кислоты и учтите, что промежуточная частица – радикал аллильного типа. Рассчитайте перекисное число миндального масла и сделайте заключение о его доброкачественности. Рассчитайте массовую долю в данном образце масла активного кислорода.

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)  | Баллы |
|--|-------|
| Структурная формула:<br>$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CO} - \text{C}_{17}\text{H}_{33} \\   \\ \text{CH} - \text{O} - \text{CO} - \text{C}_{17}\text{H}_{33} \\   \\ \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CO} - \text{C}_{17}\text{H}_{31} \end{array}$ | 2     |
| Уравнения реакций:<br>   | 4     |
| $\text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ Или (на результат вычисления не влияет):<br>                           | 2     |
| $\rightarrow \text{R-OH} + 2\text{I}_2 + 4\text{CH}_3\text{COOK} + 2\text{H}_2\text{O}$  | 2     |
| $V_o - V_k = 2,5 - 0,1 = 2,4 \text{ мл}$   | 2     |

|   |    |
|---|----|
| $v(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,01 \cdot 2,4 = 0,024$ ммоль   | 2  |
| $v(\text{I}_2) = 0,024/2 = 0,012$ ммоль   | 2  |
| $v(\text{O}) = 0,012$ ммоль – в 5 г масла   | 2  |
| $v(\text{O}) = 0,012 \cdot 1000/5 = 2,4$ ммоль – в 1000 г масла   | 2  |
| $I_p = 2,4$ ммоль/кг – миндальное масло является доброкачественным.<br>$\omega(\text{O}) = 0,012 \cdot 16/5 = 0,0384$ (3,84%) |    |
| <i>Или:</i>   |    |
| $C\left(\frac{1}{2} \text{O}\right) = \frac{(V - V_0) \cdot C \cdot 1000}{m}$   |    |
| $C(1/2\text{O}) = (2,5 - 0,1) \cdot 0,01 \cdot 1000/5 = 4,8$ ммоль/кг   |    |
| $C(\text{O}) = 4,8/2 = 2,4$ ммоль/кг  |    |
| Максимальный балл   | 20 |

## Вариант 2.

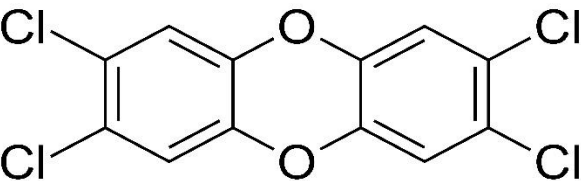
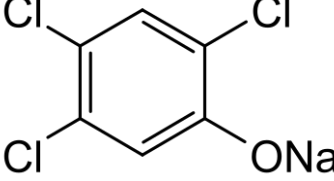
### ЗАДАНИЕ 1.2

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.

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 районых из 150 видов птиц осталось 18, произошло почти полное уничтожение земноводных и насекомых.

В состав диоксиновых реагентов по-прежнему входят (А) 2,3,7,8 тетрахлордibenзо-пара-диоксин и (В) 2,4,5 трихлорфенолят натрия.

Составьте структурные формулы указанных веществ и рассчитайте массу образца, содержащего  $1,805 \cdot 10^{23}$  атомов углерода и  $0,6622 \cdot 10^{23}$  атомов хлора

| 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><math>C_{12}H_4Cl_4O_2</math><br/>А</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><math>C_6H_2Cl_3ONa</math><br/>В</p> </div> </div> | 2     |
| $\begin{aligned} \nu(C_{12}H_4Cl_4O_2) &= X & \nu(Cl) &= 4x + 3y \\ \nu(C_6H_2Cl_3ONa) &= Y & \nu(C) &= 12x + 6y \end{aligned}$ $\nu(Cl) = \frac{N(Cl)}{N_a} = \frac{0,6622 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 0,11$ $\nu(C) = \frac{N(C)}{N_a} = \frac{1,805 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 0,3$   | 2     |
| $\left. \begin{aligned} 12x + 6y &= 0,3 \\ 4x + 3y &= 0,11 \end{aligned} \right\}$ $\begin{aligned} 2x + y &= 0,05 \\ y &= 0,05 - 2x \\ x &= 0,02 \\ y &= 0,01 \end{aligned}$ $\begin{aligned} m(C_{12}H_4Cl_4O_2) &= 0,02 \cdot 322 = 6,44 \\ m(C_6H_2Cl_3ONa) &= 0,01 \cdot 219,5 = 2,195 \\ \Sigma m &= 6,44 + 2,195 = 8,635 \end{aligned}$  | 2     |
| Максимальный балл   | 6     |

### ЗАДАНИЕ 2.2

Есть версия, что вещество X впервые было получено в IX веке алхимиком **Джабир ибн Хайяном**. Однако историческим фактом является синтез данного вещества в 1540 г. **Валерием Кордусом**, который назвал полученный продукт «Сладким купоросным маслом» (Oleum Dulce vitrioli). Кордус первым отметил его анестезирующие свойства.

В 1680 г. **Роберт Бойль** вторично синтезировал данное вещество. В третий раз синтез вещества был проведен **Исааком Ньютоном** в 1704 году. В медицине используется в качестве лекарственного средства общеанестезирующего действия, так как его влияние на нейронные мембраны и свойство «Обездвиживать» ЦНС очень специфично и полностью обратимо. В стоматологии применяется местно для обработки кариозных полостей и корневых каналов зуба при подготовке и пломбированию.

При сгорании образца вещества X массой 3,7 г. образуется 4,82 л CO<sub>2</sub>, измеренного при 20°C и 101 кПа и 4,5 мл H<sub>2</sub>O.

К 25 г раствора вещества X в метилацетате добавили 125 мл 4М раствора КОН. Полученную смесь упарили, а сухой остаток прокалили до удаления газа. Массовая доля атомарного калия в сухом остатке неорганических соединений калия составила 58.73%

Определить вещество X. Найти массовую долю вещества X в растворе.

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|---|-------|
|   | 2     |
|   | 2     |
|   | 2     |
|   | 2     |
|   | 2     |
| Максимальный балл   | 10    |

Уравнение Менделеева-Клапейрона

$$PV = \frac{m}{M}RT \quad PV = \nu RT$$

$$101 \cdot 4,82 = \frac{m}{M} \cdot 8,31 \cdot 293K$$

$$101 \cdot 4,82 = \nu \cdot 8,31 \cdot 293K$$

$$486,82 = \nu \cdot 8,31 \cdot 293K$$

$$\nu = 0,2$$

$$\nu(C_{\text{орг.в-ва}}) = \nu(C_{\text{в CO}_2}) = \nu(\text{CO}_2) = 0,2$$

$$m(C_{\text{в орг.в-ва}}) = \nu(C_{\text{орг.в-ва}}) \cdot M(C) = 0,2 \cdot 12 = 2,4 \text{ г}$$

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = \frac{4,5}{18} = 0,25$$

$$\nu(\text{H}_{\text{орг.в-ва}}) = \nu(\text{H}_{\text{в H}_2\text{O}}) = \nu(\text{H}_2\text{O}) = 0,25 \cdot 2 = 0,5$$

$$m(\text{H}_{\text{в орг.в-ва}}) = \nu(\text{H}_{\text{орг.в-ва}}) \cdot M(\text{H}) = 0,5 \cdot 1 = 0,5 \text{ г}$$

$$m(\text{O}_{\text{в орг.в-ва}}) = m(\text{орг.в-ва}) - m(C_{\text{в орг.в-ва}}) - m(\text{H}_{\text{в орг.в-ва}}) = 3,7 - 2,4 - 0,5 = 0,8$$

$$\nu(\text{O}_{\text{в орг.в-ва}}) = m(\text{O}_{\text{в орг.в-ва}}) / M(\text{H}_2\text{O}) = 0,8 / 16 = 0,05$$

$$C(x)H(y)O(z)$$

$$x:y:z = m(C_{\text{в орг.в-ва}}) : m(H_{\text{в орг.в-ва}}) : m(O_{\text{в орг.в-ва}})$$

|     |     |      |
|-----|-----|------|
| 0,2 | 0,5 | 0,05 |
| 4   | 10  | 1    |



$$\nu(\text{KOH}) = V \cdot C = 0,125 \text{ л} \cdot 4 = 0,5 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{CH}_3\text{COOCH}_3) = X \quad \nu(\text{K}_2\text{CO}_3) = X$$

$$\nu_{\text{на реакцию}}(\text{KOH}) = 2X \quad \nu(\text{KOH}) = 0,5 - 2X$$

$$m_{\text{сухого остатка}} = m(\text{K}_2\text{CO}_3) + m(\text{KOH})_{\text{остат}}$$

$$= \nu(\text{K}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{K}_2\text{CO}_3) + \nu(\text{KOH}) \cdot M(\text{KOH})$$

$$= 138X + 56(0,5 - 2X)$$

$$= 26X + 28$$

$$\nu(\text{K}) = 0,5 \text{ моль}$$

$$m(\text{K}) = \nu \cdot M = 0,5 \text{ моль} \cdot 39 = 19,5$$

$$19,5 = 15,27X + 16,44$$

$$X = 0,2$$

$$m(\text{CH}_3\text{COOCH}_3) = 74 \cdot 0,2 = 14,8$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{-O-C}_2\text{H}_5) = 10,2$$

$$\omega = 40,8\%$$

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|---|-------|
| Правильно определено вещество X   | 2     |
| Представлены обе реакции  | 2     |
| Правильно определен состав сухого остатка   | 2     |
| Рассчитано количества веществ в сухом остатке   | 2     |
| Рассчитана массовая доля вещества   | 2     |
| Максимальный балл   | 10    |

### ЗАДАНИЕ 3.2

Уксус известен как эффективное медицинское средство с давних времен. В древних трактатах описано его применение не только для приготовления пищи, но и в лечебных целях при различных заболеваниях, особенно при наличии инфекции. Скорее всего, он был одним из первых известных антимикробных средств. Гиппократ рекомендовал его для сохранения пищи и в качестве тоника, а также для лечения ран. Уксусная кислота обладает бактериостатической активностью при концентрации 0,1 % и бактерицидной активностью при концентрациях от 2 до 10 %

Уксусная кислота показывает хороший результат при интертриго (воспалении складок), пододерматитах, на инфицированных областях лихенификации при хроническом течении аллергии. Часто уксусная кислота применяется при лечении отитов, как наружных, так и средних, благодаря своему хорошему действию на биопленку. Биопленка — это сообщество микробов, крепко сцепленных друг с другом и поверхностью, на которой они находятся, погруженных в субстанцию из внеклеточных полисахаридных веществ.

В цилиндр высотой 25 см и диаметром внутреннего основания 5 см прилили 50 мл уксусной кислоты с молярной концентрацией 12,46 моль/л и плотностью 1,0685 г/мл. После этого цилиндр наполнили дистиллированной водой до 60% его объема. Рассчитайте pH полученного раствора.  $pK_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 4,76$

|   |   |
|---|---|
| Рассчитан объем цилиндра $V = h \cdot \pi \cdot R^2$<br>$V = 25 \cdot 3,14 \cdot 6,25 = 490,625 \text{ см}^3$                     | 1 |
| Рассчитан объем раствора после разбавления<br>$0,6 \cdot 490,625 = 294,375 \text{ мл}$  | 1 |
| Рассчитана количество вещества уксусной кислоты $n = C \cdot V$<br>$n = 12,46 \text{ моль/л} \cdot 0,294375 = 3,667 \text{ моль}$ | 1 |
| Рассчитана концентрация уксусной кислоты<br>$C = 3,667 / 0,294375 = 12,46 \text{ моль/л}$   | 1 |
| Записана формула для расчета pH<br>$\text{pH}(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,5(pK_a - \lg C(\text{CH}_3\text{COOH}))$                | 2 |
| $\text{pH}(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,5(4,76 - \lg 12,46) = 2,2$   | 2 |
|   | 8 |

### ЗАДАНИЕ 4.2

При обработке смеси лактозы и D-маннозы аммиачным раствором оксида серебра получено такое же количество металла, которое образуется при взаимодействии 510г 10% раствора AgNO<sub>3</sub> с арсином. Такая же смесь при окислении перманганата калия в сернокислой среде образует и газообразного 27,8 л продукта ( при 10°С и 101,5 кПа)

Рассчитайте массу смеси углеводов, а также массу маннита (вещество представляющего собой осмотический диуретик, применяемый при отеке мозга, острой почечной недостаточности и т.д.), который может быть получен при восстановлении маннозы, количественно выделенной из первоначальной смеси, если выход реакции составляет 80%

|   |   |
|---|---|
| $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{Ag}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7 + 2\text{Ag}\downarrow \quad \text{D-манноза}$ $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + \text{Ag}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{12} + 2\text{Ag}\downarrow \quad \text{Лактоза}$ $12\text{AgNO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} + 2\text{AsH}_3 = 2\text{Ag}\downarrow + \text{As}_2\text{O}_3 + 12\text{HNO}_3$   | 2 |
| $5\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 24\text{KMnO}_4 + 36\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 30\text{CO}_2 + 24\text{MnSO}_4 + 66\text{H}_2\text{O} + 12\text{K}_2\text{SO}_4$ $5\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + 48\text{KMnO}_4 + 72\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 60\text{CO}_2 + 48\text{MnSO}_4 + 127\text{H}_2\text{O} + 24\text{K}_2\text{SO}_4$  | 2 |
| $\nu(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = x \quad \nu(\text{Ag})_1 = 2x$ $\nu(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = y \quad \nu(\text{Ag})_2 = 2y \quad 0,3$ $\nu(\text{AgNO}_3) = \frac{m \cdot \omega}{M} = \frac{510 \cdot 0,1}{170} = 0,3$ $\nu(\text{Ag}) = \nu(\text{AgNO}_3) = 0,3 \text{ моль}$ $2x + 2y = 0,3$ $x + y = 0,15$ $\nu(\text{CO}_2) = \frac{PV}{RT} = \frac{101,5 \cdot 27,8}{8,31 \cdot 283} = 1,2 \text{ моля}$ $\nu(\text{CO}_2)_1 = \frac{30}{5} \nu(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 6x$ $\nu(\text{CO}_2)_2 = \frac{60}{5} \nu(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 12y$ $x + y = 0,15$ $6x + 12y = 1,2 \quad x = 0,1 \quad y = 0,05$ $m \text{ смеси} = m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) + m(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 0,1 \cdot 180 + 0,05 \cdot 342 = 35,1$ | 2 |
| $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + [\text{H}] \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_6$ $0,1 \quad \quad \quad 0,1$ $m(\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_6) = 0,1 \cdot 182 = 18,2 \text{ (100\%)} \rightarrow 18,2 \cdot 0,8 = 14,56 \text{ (80\%)}$  | 2 |
|   | 8 |

### ЗАДАНИЕ 5.2

Стоматологический сплав содержащий палладий платину и золото имеет плотность 12800 кг/м<sup>3</sup> Выпускают сплав в виде цилиндра с радиусом основания 0,6 см и высотой 4 см. Такой образец последовательно обработали концентрированной азотной кислотой, а затем «Царской водкой». Рассчитайте массовые доли металлов в сплаве, если известно, что объем газа, выделившегося после обработки сплава концентрированной азотной кислотой оказался в 8,34 раза больше объема собранного, после обработки остатка «царской водки» и равен объему газа, выделяющегося при взаимодействии цинка массой 208 г с нитратом калия в растворе калия гидроксида.

|  |   |
|--|---|
| $\text{Pd} + 4\text{HNO}_3 \leftrightarrow \text{Pd}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \quad 2x$ $3\text{Pt} + 4\text{HNO}_3 + 18\text{HCl} \leftrightarrow 3\text{H}_2[\text{PtCl}_6] + 4\text{NO} + 8\text{H}_2\text{O} \quad 4/3y$ $\text{Au} + \text{HNO}_3 + 4\text{HCl} \leftrightarrow \text{H}[\text{AuCl}_4] + \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O} \quad z$ $4\text{Zn} + \text{KNO}_3 + 7\text{KOH} + 6\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow 4\text{K}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + \text{NH}_3 \quad 0,8$ | 2 |
| $\nu(\text{Zn}) = \frac{m}{M} = \frac{208}{65} = 3,2$ $\nu(\text{NH}_3) = \frac{1}{4} \nu(\text{Zn}) = 0,8 \quad 2x = 0,8 \quad x = 0,4$ $M_{\text{цилиндр}} = \pi R^2 h = 3,14 \cdot 0,6^2 \cdot 4 = 4,5216$  | 2 |

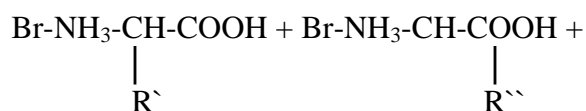
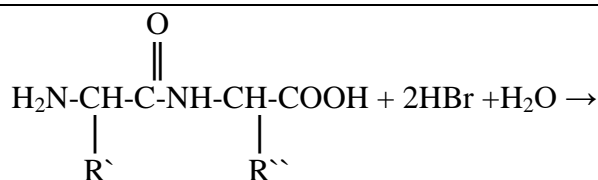
|   |   |
|---|---|
| $m = V \cdot \rho = 4,5216 \cdot \frac{12800}{1000} = 57,9 \text{ г}$ $\nu(\text{Pd}) = \frac{1}{2} \nu(\text{NO}_2) = 0,4$ $m(\text{Pd}) = 0,4 \cdot 106 = 42,4 \text{ г}$ $m(\text{Pt/Au}) = 57,9 - 42,4 = 15,5$ $\nu(\text{NO}) = \frac{V(\text{NO}_2)}{8,34} = \frac{0,8}{8,34} = 0,0959 \text{ моль}$ $195Y + 197Z = 15,5$<br>$\nu(\text{NO}_2)_\Sigma = 8,34 \cdot \nu(\text{NO})$<br>$4/3y + z = 0,0959$<br>$195y + 18,89 - 262,6y = 15,5$ $3,39 = 67,6y$ $y = 0,0501 \text{ моль}$ $z = 0,028 \text{ моль}$ |   |
| $m(\text{Pd}) = 0,4 \cdot 106 = 42,4$ $m(\text{Pt}) = 0,0501 \cdot 195 = 9,7695 = 9,8$ $m(\text{Au}) = 0,029 \cdot 197 = 5,713 = 5,7$<br>$\omega(\text{Pd}) = \frac{42,4}{57,9} = 0,73 = 73\%$ $\omega(\text{Pt}) = \frac{9,8}{57,9} = 0,169 = 17\%$ $\omega(\text{Au}) = \frac{5,7}{57,9} = 0,098 = 9,8\% \approx 10\%$  | 2 |
|   | 6 |

### ЗАДАНИЕ 6.2

Ученые обнаружили удивительное свойство некоторых моллюсков, образовывать прочные адгезивные соединения с металлами даже в морской воде, что приводит к серьезной проблеме – обрастанию моллюсками корпусов кораблей. Установлено, что столь сильные адгезивные свойства обеспечиваются наличием в секреторных выделениях моллюсков сложных пептидов, способных создавать прочные комплексы с ионами железа, которые и формируют высокую адгезию. В анализе пептидного комплекса моллюсков были выделены дипептиды. При нагревании одного из выделенных дипептидов с 40% бромоводородной кислотой получили 2 продукта; массовая доля атомарного брома в одном из них составила 47,06%. При реакции этого же дипептида с разбавленным раствором бромоводородной кислоты получен продукт, в котором массовая доля брома составляет 22,923%

Установите аминокислотный состав дипептида и напишите для него две возможные структурные формулы.

|  |    |
|--|----|
| Правильно установлена формула первой аминокислоты      | 3  |
| Правильно установлена формула второй аминокислоты      | 3  |
| Правильно представлены формулы дипептидов              | 2  |
| Правильно прописаны уравнения реакций с хлороводородом | 2  |
|  | 10 |



По массовой доле брома можно найти молярную массу одной из этих солей

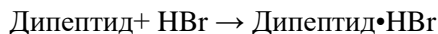
$$M(\text{Br-NH}_3\text{-CH-COOH}) = \frac{80}{0,4706} = 170 \text{ г/моль}$$



$$M(\text{R}) = 170 - 81 - 74 = 15 \text{ г/моль}$$

Учитывая, что аминокислота природная, радикал имеет состав  $-\text{CH}_3$  и данная аминокислота Аланин (ala).

С разбавленной бромоводородной кислотой дипептид образует соль.



$$M(\text{Дипептид} \cdot \text{HBr}) = \frac{80}{0,22923} = 349 \text{ г/моль}$$

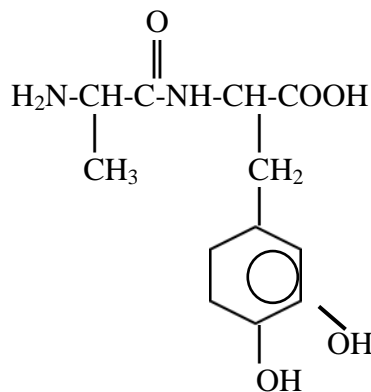
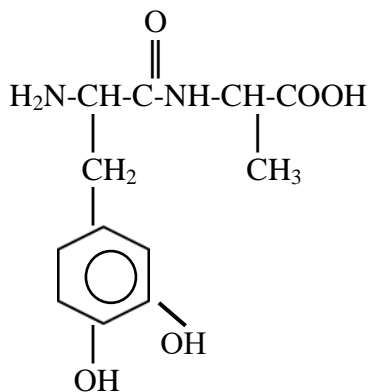
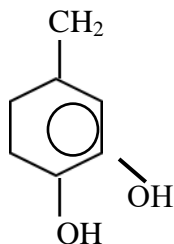
$$M(\text{Дипептид}) = 349 \text{ г/моль} - 80,91 = 268 \text{ г/моль}$$

Дипептид образован двумя остатками аминокислот, одна из которых аланин ( $M=89,09 \text{ г/моль}$ ),  $\Leftrightarrow$   $M$  другой аминокислоты

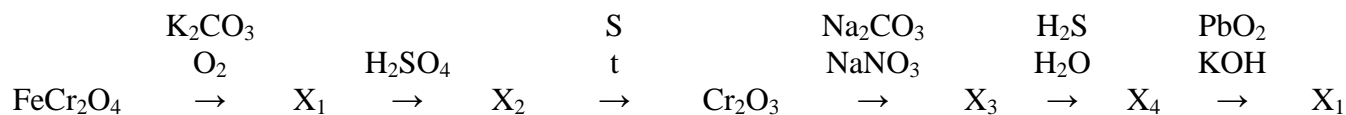
$$\begin{aligned} M(\text{аминокислота}) &= M(\text{дипептид}) + M(\text{H}_2\text{O}) - M(\text{аланин}) = \\ &= 268 + 18 - 89 = 197 \text{ г/моль} \end{aligned}$$

$$M(\text{R}) = 197 - 74 = 123 \text{ г/моль}$$

$(\text{R}'')$   $\rightarrow$  -



### ЗАДАНИЕ 7.2



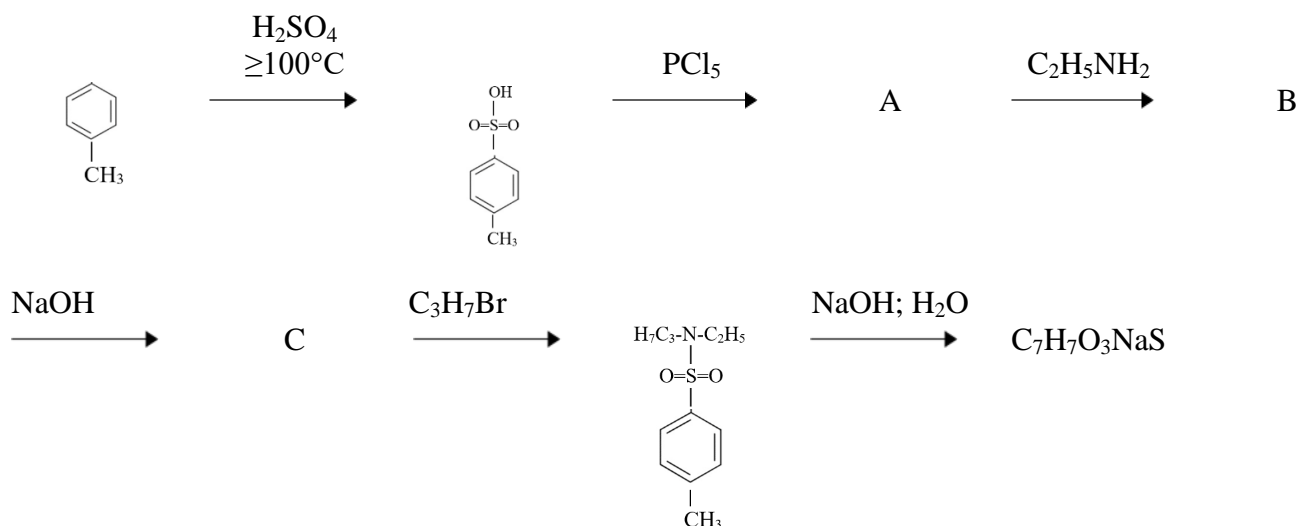
Сплавление

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)                              | Баллы |
|--|-------|
| 1) $\text{FeCr}_2\text{O}_4 + 8 \text{K}_2\text{CO}_3 + 7\text{O}_2 \rightarrow 8\text{K}_2\text{CrO}_4 + 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{CO}_2$ | 2     |
| 2) $8\text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$    | 2     |



|   |    |
|---|----|
| 3) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{S} \xrightarrow{t \text{ сплавление}} \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{SO}_4$  | 2  |
| 4) $\text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{NaNO}_3 + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 \xrightarrow{\text{сплавление}} 2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 3\text{NaNO}_2 + 2\text{CO}_2$                              | 2  |
| 5) $2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 3\text{H}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Cr}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{S} + 4\text{NaOH}$ ( $\text{Na}[\text{Cr}(\text{OH})_4]$ ) | 2  |
| 6) $2\text{Cr}(\text{OH})_3 + 3\text{PbO}_2 + 10\text{KOH} \rightarrow 2\text{K}_2\text{CrO}_4 + 3\text{K}_2[\text{Pb}(\text{OH})_4] + 2\text{H}_2\text{O}$                                 | 2  |
| Максимальный балл   | 12 |

### ЗАДАНИЕ 8.2



|  |   |  |                   |   |                                   |   |
|--|---|--|-------------------|---|-----------------------------------|---|
|  | $\text{H}_2\text{SO}_4$<br>$\geq 100^\circ\text{C}$ |  | $\text{PCl}_5$    | A | $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$ | B |
|  | $\longrightarrow$                                   |  | $\longrightarrow$ |   | $\longrightarrow$                 |   |
|  | 2 балла   |  | 2 балла           |   | 2 балла                           |   |

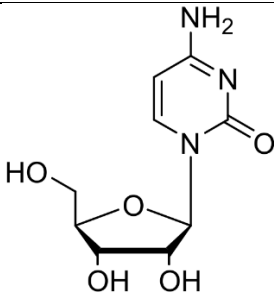
|                   |   |                                 |  |                                   |  |          |
|-------------------|---|---------------------------------|--|-----------------------------------|--|----------|
| $\text{NaOH}$     | C | $\text{C}_3\text{H}_7\text{Br}$ |  | $\text{NaOH}; \text{H}_2\text{O}$ |  | ИТОГО    |
| $\longrightarrow$ |   | $\longrightarrow$               |  | $\longrightarrow$                 |  |          |
| 2 балла           |   | 2 балла                         |  | 2 балла                           |  | 12баллов |

### ЗАДАНИЕ 9.2

В лаборатории сожгли в избытке кислорода порцию Цистеина и Цитидин. Объем непоглощаемого газа, образовавшийся при сжигании цистеина в 2 раза больше объема непоглощаемого газа, образовавшегося при сжигании цитидина.

Продукты сгорания полученные в ходе сжигания каждого из веществ пропустили через избыток известковой воды.

Рассчитайте во сколько раз будут различаться массы осадков. Известно, что при декарбоксилировании цистеина образуется амин -цистеамин-компонент кофермента А. Рассчитайте объем газа, который выделится при декарбоксилировании цистеина массой 24,2 г

|  |   |
|--|---|
| <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <math display="block">\begin{array}{c} \text{COOH} \\   \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{SH} \end{array}</math> <p>Цистеин</p> <math>\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2\text{S}</math> <math>\nu(\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2\text{S}) = x</math> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Cytidine</p> <math>\text{C}_9\text{H}_{13}\text{N}_3\text{O}_5</math> <math>\nu(\text{C}_9\text{H}_{13}\text{N}_3\text{O}_5) = y</math> </div> </div>  | 2 |
| $2\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2\text{S} + 9,5\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + \text{N}_2 + 2\text{SO}_2 + 7\text{H}_2\text{O}$ $2\text{C}_9\text{H}_{13}\text{N}_3\text{O}_5 + 19,5\text{O}_2 \rightarrow 18\text{CO}_2 + 3\text{N}_2 + 13\text{H}_2\text{O}$ $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{SO}_2 \rightarrow \text{CaSO}_3 + \text{H}_2\text{O}$   | 2 |
| $\nu(\text{N}_2)_A = \frac{1}{2} \nu(\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2\text{S}) = \frac{x}{2}$ $\nu(\text{N}_2)_B = \frac{3}{2} \nu(\text{C}_9\text{H}_{13}\text{N}_3\text{O}_5) = \frac{3y}{2}$ $\frac{\nu(\text{N}_2)_A}{\nu(\text{N}_2)_B} = 2 \quad \frac{0,5x}{1,5y} = 2 \quad 0,5x = 3y \quad x = 6y$<br>$\nu(\text{осадка})_{\text{в опыте №1}}$ $\nu(\text{CaCO}_3)_1 = \nu(\text{CO}_2)_1 = 3x$ $\nu(\text{CaSO}_3) = \nu(\text{SO}_2) = x$ $m(\text{CaCO}_3)_1 = 3x \cdot 100 = 300 \cdot 6y = 1800y$ $m(\text{CaSO}_3) = 120x = 120 \cdot 6y = 720y$ $\sum m = 720y + 1800y = 2520y$<br>$\nu(\text{осадка})_{\text{в опыте №2}}$ $\nu(\text{CaCO}_3)_2 = \nu(\text{CO}_2)_2 = 9y$ $\frac{m(\text{осадок 1})}{m(\text{осадок 2})} = \frac{2520y}{900y} = 2,8$ $m(\text{CaCO}_3)_1 = 9y \cdot 100 = 900y$ <p>в 2,8 раза</p> | 2 |
| <p>Декарбоксилирование цистеина</p> $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2\text{S} \xrightarrow{\text{Декарбоксилаза+пиридоксальфосфат}} \text{SH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2 + \text{CO}_2$ $\nu(\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2\text{S}) = \frac{m}{M} = \frac{24,2}{121} = 0,2$ $\nu(\text{CO}_2) = 0,2$ $V(\text{CO}_2) = 0,2 \cdot 22,4 = 4,48\text{л}$  | 2 |
| 8  |   |

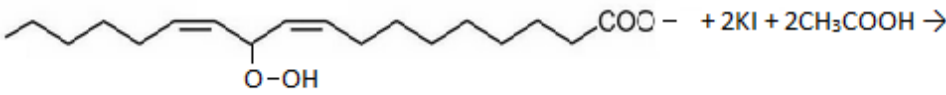
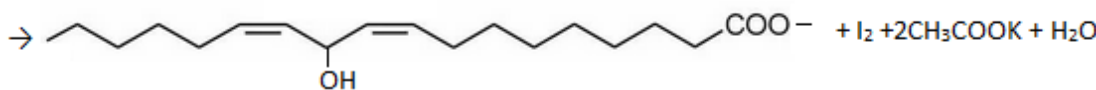
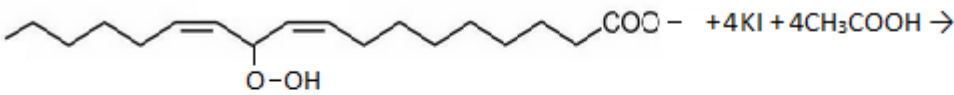

### ЗАДАНИЕ 10.2

Персиковое масло (*Oleum Persicorum*) оказывает смягчающее, питательное и тонизирующее действие, способствует регенерации поврежденной и чувствительной кожи. Противовоспалительные свойства персикового масла находят широкое применение в народной медицине. Его используют при дерматитах, ожогах, экземе, при воспалении среднего уха различной этиологии. Персиковое масло относится к невысыхающим маслам и состоит, в основном, из олеиновой (до 65%) и линолевой кислоты (до 25%).

Одним из количественных показателей доброкачественности жирных масел является перекисное число. Перекисным числом ( $I_p$ ) называют количество пероксидов, выраженное в миллимоль активного кислорода, содержащегося в 1000 г данного жирного масла. Метод йодометрического определения перекисного числа

(метод Вилера) основан на способности пероксидов и гидропероксидов, содержащихся в масле, окислять йодид калия в кислой среде. Перекисное число персикового масла не должно превышать 2,5 ммоль/кг.

Определение перекисного числа персикового масла проводили в соответствии с методикой: Навеску масла массой 5,20 г помещают в сухую коническую колбу с притертой пробкой вместимостью 250 мл. Прибавляют 30 мл смеси уксусной кислоты ледяной и хлороформа (3:2), встряхивают до растворения масла, прибавляют 0,5 мл насыщенного раствора калия йодида и закрывают колбу пробкой. Встряхивают точно в течение 1 мин, прибавляют 30 мл воды и титруют раствором натрия тиосульфата 0,01 М, прибавляя титрант медленно при постоянном энергичном встряхивании до светло-желтой окраски раствора. Затем прибавляют 5 мл раствора крахмала и продолжают титрование при постоянном встряхивании до обесцвечивания раствора. Проводят контрольный опыт (вместо навески масла берут 5 мл дистиллированной воды) в тех же условиях. На титрование было израсходовано 3,5 мл раствора тиосульфата натрия (основной опыт) и 0,2 мл раствора тиосульфата натрия (контрольный опыт). Приведите структурную формулу молекулы масла, считая, что основное вещество – триглицерид, содержащий два остатка олеиновой и один остаток линолевой кислот. Напишите уравнения реакций, лежащих в основе данного метода. Для реакции возьмите гидропероксид линолевой (*цис,цис*-9,12-октадекадиеновой) кислоты и учтите, что промежуточная частица – радикал аллильного типа. Рассчитайте перекисное число персикового масла и сделайте заключение о его доброкачественности.

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)  | Баллы |
|--|-------|
| <p>Структурная формула:</p> $\begin{array}{l} \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CO} - \text{C}_{17}\text{H}_{33} \\   \\ \text{CH} - \text{O} - \text{CO} - \text{C}_{17}\text{H}_{33} \\   \\ \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CO} - \text{C}_{17}\text{H}_{31} \end{array}$   | 2     |
| <p>Уравнения реакций:</p> $\text{C}_{18}\text{H}_{33}\text{O}_2\text{COO}^- + 2\text{KI} + 2\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow$  $\rightarrow \text{C}_{18}\text{H}_{33}\text{O}\text{COO}^- + \text{I}_2 + 2\text{CH}_3\text{COOK} + \text{H}_2\text{O}$    | 4     |
| <p><math>\text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6</math><br/>         Или (на результат вычисления не влияет):</p> $\text{C}_{18}\text{H}_{33}\text{O}_2\text{COO}^- + 4\text{KI} + 4\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow$  $\rightarrow \text{C}_{18}\text{H}_{33}\text{O}\text{COO}^- + 2\text{I}_2 + 4\text{CH}_3\text{COOK} + 2\text{H}_2\text{O}$  | 2     |
| <p><math>V_o - V_k = 3,5 - 0,2 = 3,3 \text{ м}</math></p>  | 2     |
| <p><math>v(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,01 \cdot 3,3 = 0,033 \text{ ммоль}</math></p>  | 2     |
| <p><math>v(\text{I}_2) = 0,033/2 = 0,0165 \text{ ммоль}</math></p>   | 2     |
| <p><math>v(\text{O}) = 0,0165 \text{ ммоль} - \text{ в } 5 \text{ г масла}</math></p>  | 2     |
| <p><math>v(\text{O}) = 0,0165 \cdot 1000/5,2 = 3,17 \text{ ммоль} - \text{ в } 1000 \text{ г масла}</math></p>   | 4     |

|  |    |
|--|----|
| $I_p = 3,17$ ммоль/кг – персиковое масло является недоброкачественным. |    |
| Максимальный балл  | 20 |

### Вариант 3

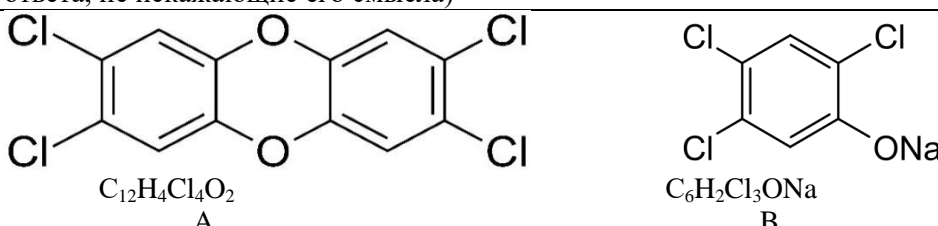
#### ЗАДАНИЕ 1.3

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.

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 районах из 150 видов птиц осталось 18, произошло почти полное уничтожение земноводных и насекомых.

В состав диоксиновых реагентов по-прежнему входят (А) 2,3,7,8 тетрахлордибензо-пара-диоксин и (В) 2,4,5 трихлорфенолят натрия.

Составьте структурные формулы указанных веществ и рассчитайте массу образца, содержащего  $6,622 \cdot 10^{23}$  атомов хлора и  $3,01 \cdot 10^{23}$  атомов кислорода

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)   | Баллы |
|---|-------|
|  <p style="text-align: center;"><math>C_{12}H_4Cl_4O_2</math><br/>А</p> <p style="text-align: center;"><math>C_6H_2Cl_3ONa</math><br/>В</p>  | 2     |
| $\begin{aligned} \nu(C_{12}H_4Cl_4O_2) &= X & \nu(Cl) &= 4x + 3y \\ \nu(C_6H_2Cl_3ONa) &= Y & \nu(O) &= 2x + y \end{aligned}$ $\nu(Cl) = \frac{N(Cl)}{N_a} = \frac{6,622 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 1,1$ $\nu(O) = \frac{N(O)}{N_a} = \frac{3,01 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 0,5$              | 2     |
| $\left. \begin{aligned} 2x + y &= 0,5 \\ 4x + 3y &= 1,1 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} y &= 0,5 - 2x \\ x &= 0,2 & y &= 0,1 \end{aligned}$ $\begin{aligned} m(C_{12}H_4Cl_4O_2) &= 0,2 \cdot 322 = 64,4 \\ m(C_6H_2Cl_3ONa) &= 0,1 \cdot 219,5 = 21,95 \\ \Sigma m &= 64,4 + 21,95 = 86,35 \end{aligned}$ | 2     |
| Максимальный балл   | 6     |

#### ЗАДАНИЕ 2.3

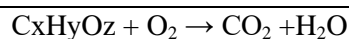
Есть версия, что вещество X впервые было получено в IX веке алхимиком Джабир ибн Хайяном. Однако историческим фактом является синтез данного вещества в 1540 г. Валерием Кордусом, который назвал полученный продукт «Сладким купоросным маслом» (*Oleum Dulce vitrioli*). Кордус первым отметил его анестезирующие свойства. В 1680 г. Роберт Бойль вторично синтезировал данное вещество. В третий раз синтез вещества был проведен Исааком Ньютоном в 1704 году. В медицине используется в качестве лекарственного средства общеанестезирующего действия, так как его влияние на нейронные мембраны и свойство «Обездвиживать» ЦНС очень специфично и полностью обратимо. В стоматологии применяется местно для обработки кариозных полостей и корневых каналов зуба при подготовке и пломбированию.

При сгорании образца вещества X массой 14,8 г. образуется 17,92 л CO<sub>2</sub>, и 18 мл H<sub>2</sub>O.

К 45 г раствора вещества X в этилацетате добавили 200 мл 4М раствора NaOH. Полученную смесь упарили, а сухой остаток прокалили до удаления газа. Массовая доля атомарного натрия в полученном остатке составила 46.2%. Определите вещество X.

Найти массовую долю вещества X

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|---|-------|
|   | 2     |
|   | 2     |
|   | 2     |
|   | 2     |
|   | 2     |
| Максимальный балл   | 10    |



$$1) \nu(CO_2) = \frac{V(CO_2)}{V_m} = \frac{17,92}{22,4} = 0,8$$

$$2) \nu(C_{\text{орг.в-ва}}) = \nu(C_{\text{в } CO_2}) = \nu(CO_2) = 0,8$$

$$3) m(C_{\text{в орг.в-ва}}) = \nu(C_{\text{орг.в-ва}}) * M(C) = 0,8 * 12 = 9,6 \text{ г}$$

$$4) \nu(H_2O) = \frac{18}{18} = 1$$

$$5) \nu(H_{\text{орг.в-ва}}) = \nu(H_{\text{в } H_2O}) = \nu(H_2O) = 1 * 2 = 2$$

$$6) m(H_{\text{в орг.в-ва}}) = \nu(H_{\text{орг.в-ва}}) * M(H) = 2 * 1 = 2 \text{ г}$$

$$7) m(O_{\text{в орг.в-ва}}) = m(\text{орг.в-ва}) - m(C_{\text{в орг.в-ва}}) - m(H_{\text{в орг.в-ва}}) = 14,8 - 9,6 - 2 = 3,2$$

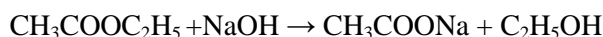
$$8) \nu(O_{\text{в орг.в-ва}}) = m(O_{\text{в орг.в-ва}}) / M(H_2O) = 3,2 / 16 = 0,2$$

$$9) C(x)H(y)O(z)$$

$$x:y:z = m(C_{\text{в орг.в-ва}}) : m(H_{\text{в орг.в-ва}}) : m(O_{\text{в орг.в-ва}})$$

$$0,8 \quad 2 \quad 0,2$$

$$4 \quad 10 \quad 1$$



После упаривания диэтиловый эфир и спирт улетают

В сухом остатке находится ацетат натрия и избыток NaOH



В остатке может находиться Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> и избыток NaOH

$$\nu(NaOH) = C * V = 4 * 0,2 = 0,8 \text{ моль}$$

Пусть  $\nu(CH_3COOC_2H_5) = X$  моль

$$\nu(Na_2CO_3) = X \text{ моль}$$

$$\nu(NaOH) = X \text{ моль}$$

}

$$v(\text{NaOH}) = X \text{ моль} \quad 2X$$

$$v(\text{NaOH})_{\text{в сухом остатке}} = v(\text{NaOH})_{\Sigma} - v(\text{NaOH})_{\text{израсход}} = 0,8 - 2X$$

$$m(\text{сухого остатка}) = m(\text{Na}_2\text{CO}_3) + m(\text{NaOH})_{\text{остат}} = 106X + 40(0,8 - 2X) \\ = 26X + 32$$

$$v(\text{Na})_{\text{из Na}_2\text{CO}_3} = 2X$$

$$v(\text{Na})_{\text{из NaOH}} = (0,8 - 2X) \quad \left. \begin{array}{l} v(\text{Na})_{\text{из Na}_2\text{CO}_3} \\ v(\text{Na})_{\text{из NaOH}} \end{array} \right\} \Sigma v(\text{Na}) = 0,8$$

$$m(\text{Na}) = 0,8 * 23 = 18,4 \text{ г}$$

$$X = 0,3 \text{ моль}$$

$$m(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = 88 * 0,3 = 26,4$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{-O-C}_2\text{H}_5) = 18,6$$

$$\omega = 41,3\%$$

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|---|-------|
| Правильно определено вещество X   | 2     |
| Представлены обе реакции  | 2     |
| Правильно определен состав сухого остатка   | 2     |
| Рассчитано количества веществ в сухом остатке   | 2     |
| Рассчитана массовая доля вещества   | 2     |
| Максимальный балл   | 10    |

### ЗАДАНИЕ 3.3

В медицине 10 % раствор аммиака, также называемый нашатырным спиртом, применяется при обморочных состояниях (для возбуждения дыхания), для стимуляции рвоты, а также наружно — невралгии, миозиты, укусах насекомых, для обработки рук хирурга. При неправильном применении может вызвать ожоги пищевода и желудка (в случае приёма неразведённого раствора), рефлекторную остановку дыхания (при вдыхании в высокой концентрации). Применяют местно, ингаляционно и внутрь. Для выведения больного из обморочного состояния осторожно подносят небольшой кусок марли или ваты, смоченный нашатырным спиртом, к носу больного (на 0,5—1 с). Внутрь (только в разведении) для индукции рвоты. При укусах насекомых — в виде примочек; при невралгиях и миозитах - растирания аммиачным линиментом. В хирургической практике разводят в тёплой кипячёной воде и моют руки.

Химический цилиндр с внутренним диаметром дна 5 см высотой 25 см и заполнили дистиллированной водой на 80% и через газоотводную трубку пропустили газообразный аммиак (н.у.), объемом в 25 раз превышающим объем воды. Рассчитайте pH полученного раствора.  $pK_b(\text{NH}_3) = 4,76$

|   |   |
|---|---|
| Рассчитан объем цилиндра $V = h * \pi * R^2$<br>$V = 25 * 3,14 * 6,25 = 490,625 \text{ см}^3$     | 1 |
| Рассчитан объем воды<br>$0,8 * 490,625 = 392,5 \text{ мл}$  | 1 |
| Рассчитан объем аммиака $V = 25 * 0,3925 = 9,8 \text{ л}$   | 1 |
| Рассчитана количество вещества аммиака $n(\text{NH}_3) = 9,8 / 22,4 = 0,4375 \text{ моль}$        | 1 |
| Рассчитана концентрация аммиака<br>$C = 0,4375 / 0,3925 = 1,11 \text{ моль/л}$                    | 1 |
| Записана формула для расчета pH<br>$\text{pH}(\text{NH}_3) = 14 - 0,5(pK_b - \lg C(\text{NH}_3))$ | 1 |
| $\text{pH}(\text{NH}_3) = 14 - 0,5(4,76 - \lg 1,11) = 11,64$                                      | 2 |
|   | 8 |

### ЗАДАНИЕ 4.3

При обработке смеси лактозы и D-маннозы аммиачным раствором оксида серебра получено такое же количество металла, которое образуется при обработке оксида серебра 17г 30% раствором перекиси водорода

Такая же смесь при окислении перманганата калия в сернокислой среде образует и газообразного 28,7 л продукта (при 20С и 101,8 кПа)

Рассчитайте массу смеси углеводов, а также массу маннита (вещество представляющего собой осмотический диуретик, применяемый при отеке мозга, острой почечной недостаточности и т.д.), который может быть получен при восстановлении маннозы, количественно выделенной из первоначальной смеси, если выход реакции составляет 60%

|  |   |
|--|---|
| $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{Ag}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7 + 2\text{Ag}\downarrow \quad \text{D-манноза}$ $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + \text{Ag}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{12} + 2\text{Ag}\downarrow \quad \text{Лактоза}$ $\text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{Ag}\downarrow + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$  | 2 |
| $5\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 24\text{KMnO}_4 + 36\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 30\text{CO}_2 + 24\text{MnSO}_4 + 66\text{H}_2\text{O} + 12\text{K}_2\text{SO}_4$ $5\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + 48\text{KMnO}_4 + 72\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 60\text{CO}_2 + 48\text{MnSO}_4 + 127\text{H}_2\text{O} + 24\text{K}_2\text{SO}_4$   | 2 |
| $\nu(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = x \quad \nu(\text{Ag})_1 = 2x$ $\nu(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = y \quad \nu(\text{Ag})_2 = 2y \quad 0,3$ $\nu(\text{H}_2\text{O}_2) = \frac{m \cdot \omega}{M} = \frac{17 \cdot 0,3}{34} = 0,3$ $\nu(\text{Ag}) = \nu(\text{AgNO}_3) = 0,3 \text{ моль}$ $2x + 2y = 0,3$ $x + y = 0,15$ $\nu(\text{CO}_2) = \frac{PV}{RT} = \frac{101,5 \cdot 27,8}{8,31 \cdot 283} = 1,2 \text{ моля}$ $\nu(\text{CO}_2)_1 = \frac{30}{5} \nu(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 6x$ $\nu(\text{CO}_2)_2 = \frac{60}{5} \nu(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 12y$ $x + y = 0,15$ $6x + 12y = 1,2 \quad x = 0,1 \quad y = 0,05$ $m \text{ смеси} = m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) + m(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 0,1 \cdot 180 + 0,05 \cdot 342 = 35,1$ | 2 |
| $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + [\text{H}] \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_6$ $0,1 \quad \quad \quad 0,1$ $m(\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_6) = 0,1 \cdot 182 = 18,2 \text{ (100\%)} \rightarrow 18,2 \cdot 0,6 = 10,92 \text{ (60\%)}$   | 2 |
|  | 8 |

### ЗАДАНИЕ 5.3

Стоматологический сплав содержащий палладий платину и золото имеет плотность 12781,5 кг/м<sup>3</sup> Выпускают сплав в виде правильной пирамиды с основанием площадью 4 см<sup>2</sup> и высотой 3,4 см. Такой образец последовательно обработали концентрированной азотной кислотой, а затем «Царской водкой». Рассчитайте массовые доли металлов в сплаве, если известно, что объем газа, выделившегося после обработки сплава концентрированной азотной кислотой оказался в 8,34 раза больше объема собранного, после обработки остатка «царской водки» и равен объему газа, выделяющегося при обработке 272 г AgNO<sub>3</sub> пероксидом водорода в среде калия гидроксида.

|   |   |
|---|---|
| $\text{Pd} + 4\text{HNO}_3 \leftrightarrow \text{Pd}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \quad 2x$ $3\text{Pt} + 4\text{HNO}_3 + 18\text{HCl} \leftrightarrow 3\text{H}_2[\text{PtCl}_6] + 4\text{NO} + 8\text{H}_2\text{O} \quad 4/3y$ $\text{Au} + \text{HNO}_3 + 4\text{HCl} \leftrightarrow \text{H}[\text{AuCl}_4] + \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O} \quad z$ $2\text{AgNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{KOH} \leftrightarrow 2\text{Ag} + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{KNO}_3 \quad 0,8$ | 2 |
| $\nu(\text{AgNO}_3) = \frac{m}{M} = \frac{272}{190} = 1,6$ $\nu(\text{O}_2) = \frac{1}{2} \nu(\text{AgNO}_3) = 0,8 \quad 2x = 0,8 \quad x = 0,4$ $V_{\text{пирамиды}} = \frac{1}{3} S_{\text{осн}} H = \frac{1}{3} \cdot 4 \cdot 3,4 = 4,53$  | 2 |

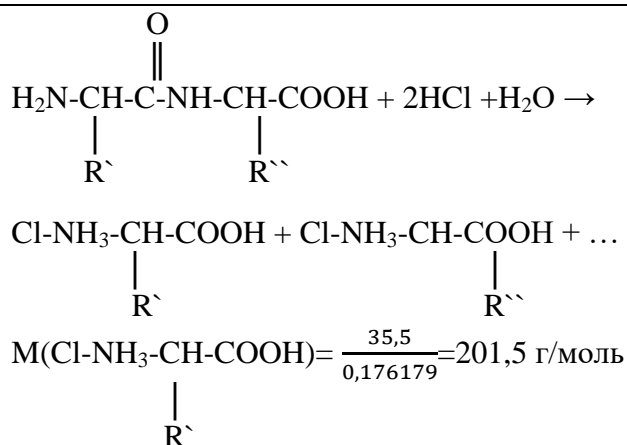
|   |   |
|---|---|
| $m = V \cdot \rho = 4,53 \cdot \frac{12781,5}{1000} = 57,9 \text{ г}$<br>$\nu(\text{Pd}) = \frac{1}{2} \nu(\text{NO}_2) = 0,4$<br>$m(\text{Pd}) = 0,4 \cdot 106 = 42,4 \text{ г}$<br>$m(\text{Pt/Au}) = 57,9 - 42,4 = 15,5$<br>$\nu(\text{NO}) = \frac{V(\text{NO}_2)}{8,34} = \frac{0,8}{8,34} = 0,0959 \text{ моль}$<br>$\nu(\text{NO}_2)_\Sigma = 8,34 \cdot \nu(\text{NO})$<br><br>$195Y + 197Z = 15,5$<br>$4/3y + z = 0,0959$<br><br>$195y + 18,89 - 262,6y = 15,5$<br>$3,39 = 67,6y$<br>$y = 0,0501 \text{ моль}$<br>$z = 0,028 \text{ моль}$ |   |
| $m(\text{Pd}) = 0,4 \cdot 106 = 42,4$<br>$m(\text{Pt}) = 0,0501 \cdot 195 = 9,7695 = 9,8$<br>$m(\text{Au}) = 0,029 \cdot 197 = 5,713 = 5,7$<br><br>$\omega(\text{Pd}) = \frac{42,4}{57,9} = 0,73 = 73\%$<br>$\omega(\text{Pt}) = \frac{9,8}{57,9} = 0,169 = 17\%$<br>$\omega(\text{Au}) = \frac{5,7}{57,9} = 0,098 = 9,8\% \approx 10\%$  | 2 |
|   | 6 |

### ЗАДАНИЕ 6.3

Ученые обнаружили удивительное свойство некоторых моллюсков, образовывать прочные адгезивные соединения с металлами даже в морской воде, что приводит к серьезной проблеме – обрастанию моллюсками корпусов кораблей. Установлено, что столь сильные адгезивные свойства обеспечиваются наличием в секреторных выделениях моллюсков сложных пептидов, способных создавать прочные комплексы с ионами железа, которые и формируют высокую адгезию. В анализе пептидного комплекса моллюсков были выделены дипептиды. При анализе одного из таких дипептидов с концентрированной хлороводородной кислотой были получены два продукта; При анализе одного из таких дипептидов массовая доля атомарного хлора в одном из них составила 17,6179%. массовая доля второго составляет 8,9533%. Одна из аминокислот, входящих в состав дипептида является незаменимой.

Установите аминокислотный состав дипептида и напишите для него **две** возможные структурные формулы.

|  |    |
|--|----|
| Правильно установлена формула первой аминокислоты      | 3  |
| Правильно установлена формула второй аминокислоты      | 3  |
| Правильно представлены формулы дипептидов              | 2  |
| Правильно прописаны уравнения реакций с хлороводородом | 2  |
|  | 10 |

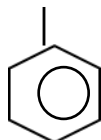




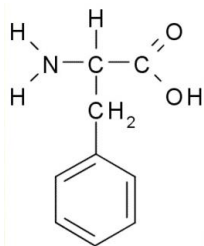
$$M(\text{NH}_2\text{-CH-COOH}) = 165 \text{ г/моль}$$



$$M(\text{R}) = 165 - 74 = 91$$



Аминокислота фенилаланин – она незаменимая

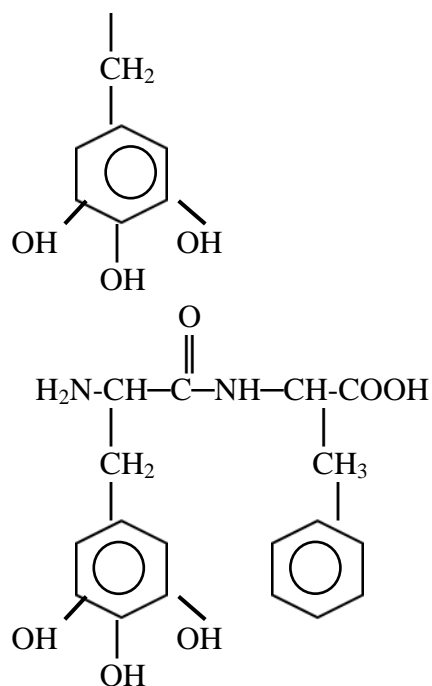


$$M(\text{Дипептид} \cdot \text{HCl}) = \frac{35,5}{0,089533} = 396,5 \text{ г/моль}$$

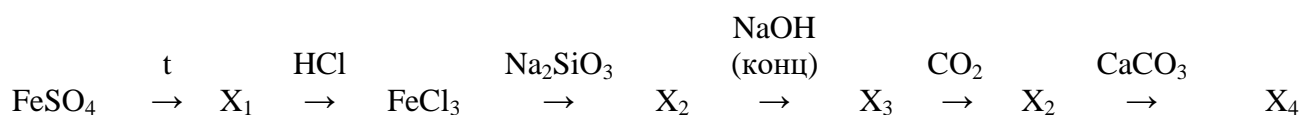
$$M(\text{Дипептид}) = 396,5 \text{ г/моль} - 36,5 = 360 \text{ г/моль}$$

$$\begin{aligned} M(\text{аминокислота}) &= M(\text{дипептид}) + M(\text{H}_2\text{O}) - M(\text{фенилаланин}) = \\ &= 360 + 18 - 165 = 213 \text{ г/моль} \end{aligned}$$

$$M(\text{R}) = 213 - 74 = 139 \text{ г/моль}$$



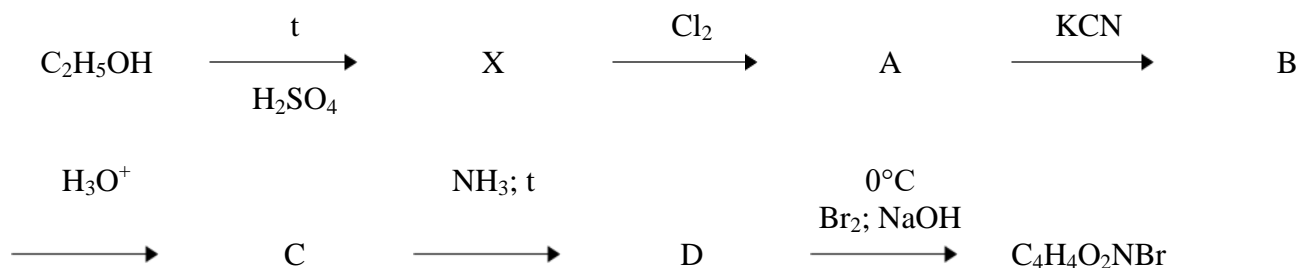
### ЗАДАНИЕ 7.3



| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)  | Баллы |
|--|-------|
| 1) $4\text{FeSO}_4 \xrightarrow{t} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{SO}_2 + \text{O}_2$<br>$2\text{FeSO}_4 \xrightarrow{t} \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SO}_2 + \text{SO}_3$ | 2     |

|   |    |
|---|----|
| 2) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$   | 2  |
| 3) $2\text{FeCl}_3 + 3\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2\text{SiO}_3 \downarrow + 6\text{NaCl}$    | 2  |
| 4) $\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{NaOH} (\text{конц}) \xrightarrow{t} \text{Na}_3[\text{Fe}(\text{OH})_6] \quad (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O})$ | 2  |
| 5) $\text{Na}_3[\text{Fe}(\text{OH})_6] + 3\text{CO}_2 \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{Na}_2\text{CO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$                     | 2  |
| 6) $2\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{CaCO}_3 \xrightarrow{t} \text{Ca}(\text{FeO}_2)_2 + \text{CO}_2 \uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$                             | 2  |
| Максимальный балл   | 12 |

### ЗАДАНИЕ 8.3



|                                 |  |                        |                             |  |                             |  |
|---------------------------------|--|------------------------|-----------------------------|--|-----------------------------|--|
|                                 | $\xrightarrow[\text{H}_2\text{SO}_4]{t}$ | <b>X</b>               | $\xrightarrow{\text{Cl}_2}$ | <b>A</b>   | $\xrightarrow{2\text{KCN}}$ | <b>B</b>   |
| $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ |  | $\text{C}_2\text{H}_4$ |                             | $  \begin{array}{c}  \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\    \quad   \\  \text{Cl} \quad \text{Cl}  \end{array}  $ |                             | $  \begin{array}{c}  \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\    \quad   \\  \text{CN} \quad \text{CN}  \end{array}  $ |
| 2 балла                         |  |                        | 2 балла                     |  | 2 балла                     |  |

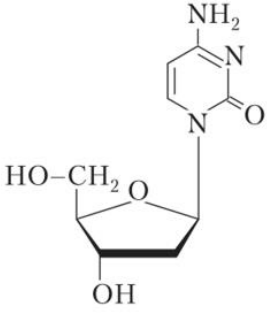
|                        |  |                                |  |   |   |          |
|------------------------|--|--------------------------------|--|---|---|----------|
| $\text{H}_3\text{O}^+$ | <b>C</b>   | $\xrightarrow{\text{NH}_3; t}$ | <b>D</b>   | $\xrightarrow[0^\circ\text{C}]{\text{Br}_2; \text{NaOH}}$ |   |          |
|                        | $  \begin{array}{c}  \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\    \quad   \\  \text{HOOC} \quad \text{COOH}  \end{array}  $ |                                | $  \begin{array}{c}  \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\    \quad   \\  \text{C} \quad \text{C} \\  // \quad \backslash \quad // \quad \backslash \\  \text{O} \quad \text{N} \quad \text{O} \\    \\  \text{H}  \end{array}  $ |   | $  \begin{array}{c}  \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\    \quad   \\  \text{C} \quad \text{C} \\  // \quad \backslash \quad // \quad \backslash \\  \text{O} \quad \text{N} \quad \text{O} \\    \\  \text{Br}  \end{array}  $ |          |
| 2 балла                |  | 2 балла                        |  | 2 балла   |   | 12баллов |

### ЗАДАНИЕ 9.3

В лаборатории сожгли в избытке кислорода образцы Цистеина и Дезоксицитидина. Объем непоглощаемого газа, образовавшийся при сжигании цистеина в 1,5 раза больше объема непоглощаемого газа, образовавшегося при сжигании дезоксицитидина.

Продукты сгорания полученные в ходе сжигания каждого из веществ пропустили через избыток известковой воды.

Рассчитайте во сколько раз будут различаться массы осадков. Рассчитайте также массу продукта, образовавшегося при взаимодействии 3,63 г цистеина с формальдегидом.

|  |   |
|--|---|
| <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <math display="block">  \begin{array}{c}  \text{COOH} \\    \\  \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{SH}  \end{array}  </math> <p>Цистеин</p> <p><math>\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2\text{S}</math></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>дезоксцитидин</p> <p><math>\text{C}_9\text{H}_{13}\text{N}_3\text{O}_4</math></p> </div> </div>   | 2 |
| <p> <math>2\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2\text{S} + 9,5\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + \text{N}_2 + 2\text{SO}_2 + 7\text{H}_2\text{O}</math><br/> <math>2\text{C}_9\text{H}_{13}\text{N}_3\text{O}_4 + 20,5\text{O}_2 \rightarrow 18\text{CO}_2 + 3\text{N}_2 + 13\text{H}_2\text{O}</math> </p> <p> <math>\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2\text{S} + \text{H}-\text{COH} \rightarrow \text{C}_4\text{H}_9\text{NO}_3\text{S}</math><br/>         N-метильное производное цистеина       </p> <p> <math>\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}</math><br/> <math>\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{SO}_2 \rightarrow \text{CaSO}_3 + \text{H}_2\text{O}</math> </p>   | 2 |
| <p> <math display="block">  \begin{aligned}  \nu(\text{N}_2)_A &amp;= \frac{1}{2} \nu(\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2\text{S}) = \frac{x}{2} \\  \nu(\text{N}_2)_B &amp;= \frac{3}{2} \nu(\text{C}_9\text{H}_{13}\text{N}_3\text{O}_4) = \frac{3x}{2} \\  \frac{\nu(\text{N}_2)_A}{\nu(\text{N}_2)_B} &amp;= 1,5 \quad \frac{0,5x}{1,5y} = 1,5 \quad 0,5x = 2,25y \quad x = 4,5y  \end{aligned}  </math> </p> <p> <math>\nu(\text{осадка})_{\text{в опыте №1}}</math><br/> <math>\nu(\text{CaCO}_3)_1 = \nu(\text{CO}_2)_1 = 3x</math><br/> <math>\nu(\text{CaSO}_3) = \nu(\text{SO}_2) = x</math><br/> <math>m(\text{CaCO}_3)_1 = 3x \cdot 100 = 300 \cdot 4,5y = 1350y</math><br/> <math>m(\text{CaSO}_3) = 120x = 120 \cdot 4,5y = 540y</math><br/> <math>\sum m = 540y + 1350y = 1890y</math> </p> <p> <math>\nu(\text{осадка})_{\text{в опыте №2}}</math><br/> <math>\nu(\text{CaCO}_3)_2 = \nu(\text{CO}_2)_2 = 9y</math><br/> <math>m(\text{осадок 1}) = \frac{1890y}{900y} = 2,1</math><br/>         в 2,1 раза       </p> | 2 |
| <p> <math>\nu(\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2\text{S}) = \frac{m}{M} = \frac{3,63}{121} = 0,03</math><br/> <math>\nu(\text{C}_4\text{H}_9\text{NO}_3\text{S}) = 0,03</math><br/> <math>m(\text{C}_4\text{H}_9\text{NO}_3\text{S}) = 0,03 \cdot 151 = 4,53\text{л}</math> </p>  | 2 |
|  | 8 |

### ЗАДАНИЕ 10.3

Касторовое масло (*Oleum Ricini*) используется в медицине в качестве слабительного средства, а также как основа для мазей (мазь Вишневского), входит в состав препарата уролесан. Одним из количественных показателей доброкачественности жирных масел является йодное число. Йодным числом ( $I_1$ ) называют количество йода, выраженное в граммах, связываемое 100 г данного жирного масла. Йодное число касторового масла должно составлять 82 – 88.

Определение йодного числа касторового масла проводили в соответствии с методикой: навеску масла массой 0,25 г помещают в сухую коническую колбу с притертой пробкой, растворяют в 3 мл эфира, прибавляют 20,0 мл 0,1М раствора монохлорида йода, закрывают колбу пробкой, осторожно встряхивают и выдерживают в темном месте в течение 1 часа. Прибавляют последовательно 1,0 г йодида калия, 50 мл воды и титруют 0,2М раствором тиосульфата натрия при постоянном энергичном встряхивании до светло-желтой окраски раствора. Прибавляют 3 мл хлороформа, сильно встряхивают, затем прибавляют 1 мл раствора крахмала и продолжают титрование до обесцвечивания раствора. Проводят контрольный опыт (без навески масла) в тех же условиях. На титрование было израсходовано 9,6 мл раствора тиосульфата натрия (основной опыт) и 18,0 мл раствора тиосульфата натрия (контрольный опыт). Напишите уравнения реакций, лежащих в основе данного метода (считать, что основное вещество касторового масла – триглицерид рицинолевой (12-гидрокси-9-октадеценовой) кислоты. Рассчитайте йодное число касторового масла и

сделайте заключение о его доброкачественности. Рассчитайте массовую долю в образце масла непредельных кислот в пересчете на рицинолеву кислоту.

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)  | Баллы  |
|--|--|
| <p>Уравнения реакций:</p> $\text{ICl} + \text{KI} \rightarrow \text{I}_2 + \text{KCl}$ $\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CO}(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH} - \text{O} - \text{CO}(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CO}(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3 \end{array} + 3\text{I}_2 \rightarrow$ $\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CO}(\text{CH}_2)_7\text{CHI} - \text{CHI}-\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH} - \text{O} - \text{CO}(\text{CH}_2)_7\text{CHI} - \text{CHI}-\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CO}(\text{CH}_2)_7\text{CHI} - \text{CHI}-\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3 \end{array}$ $\text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ <p><math>v(\text{ICl}) = 20 \cdot 0,1 = 2 \text{ ммоль} \Rightarrow v(\text{I}_2) = 2 \text{ ммоль}</math></p> <p><math>v(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)_{\text{контр.}} = 18 \cdot 0,2 = 3,6 \text{ ммоль} \Rightarrow v(\text{I}_2) = 3,6/2 = 1,8 \text{ ммоль}</math></p> <p><math>v(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)_{\text{осн.}} = 9,6 \cdot 0,2 = 1,92 \text{ ммоль} \Rightarrow v(\text{I}_2) = 1,92/2 = 0,96 \text{ ммоль}</math></p> <p><math>v(\text{I}_2_{\text{на масло}}) = 1,8 - 0,96 = 0,84 \text{ ммоль} - \text{ в } 0,25 \text{ г масла}</math></p> <p><math>v(\text{I}_2_{\text{на масло}}) = 0,84 \cdot 100/0,25 = 336 \text{ ммоль} = 0,336 \text{ моль} - \text{ в } 100 \text{ г масла}</math></p> <p><math>m(\text{I}_2) = 0,336 \cdot 254 = 85,3 - \text{ йодное число} \Rightarrow \text{касторовое масло является доброкачественным.}</math></p> <p><math>v(\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_3) = v(\text{I}_2) = 0,336 \text{ моль}</math></p> <p><math>m(\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_3) = 0,336 \cdot 298 = 100,12 \text{ г}</math></p> <p><math>\omega(\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_3) = 100,12 \cdot 100\%/100 = 100,12\%</math></p> <p style="text-align: right;"><i>Или:</i></p> $I_{\text{ч}} = \frac{T \cdot (V_{\text{контр}} - V_{\text{осн}}) \cdot 100}{m}$ $T = \frac{C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot M(\frac{1}{2}\text{I}_2)}{1000}$ <p style="text-align: center;"><math>T = 0,2 \cdot 127/1000 = 0,0254 \text{ г/мл}</math></p> <p style="text-align: center;"><math>I_{\text{ч}} = 0,0254 \cdot (18 - 9,6) \cdot 100/0,25 = 85,3</math></p> | <p>2</p> <p>4</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> |
| Максимальный балл  | 20   |

## Вариант 4

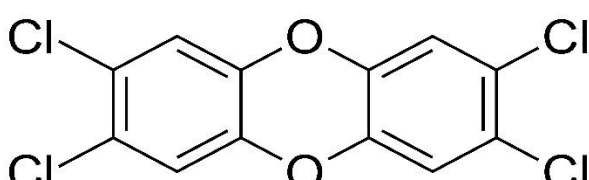
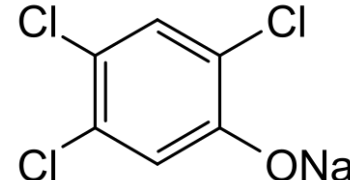
### ЗАДАНИЕ 1.4

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.

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 районах из 150 видов птиц осталось 18, произошло почти полное уничтожение земноводных и насекомых.

В состав диоксиновых реагентов по-прежнему входят (А) 2,3,7,8 тетрахлордibenзо-пара-диоксин и (В) 2,4,5 трихлорфенолят натрия.

Составьте структурные формулы указанных веществ и рассчитайте массовые доли компонентов, если в смеси 2,3,7,8 тетрахлордibenзо-пара-диоксина и 2,4,5 трихлорфенолят натрия, число атомов хлора в 2,2 раза больше числа атомов кислорода

| 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><math>C_{12}H_4Cl_4O_2</math><br/>А</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><math>C_6H_2Cl_3ONa</math><br/>В</p> </div> </div> | 2     |
| $\begin{aligned} \nu(C_{12}H_4Cl_4O_2) &= X & m(C_{12}H_4Cl_4O_2) &= 322X \\ \nu(C_6H_2Cl_3ONa) &= Y & m(C_6H_2Cl_3ONa) &= 219,5Y \end{aligned}$ $\omega(C_{12}H_4Cl_4O_2) = \frac{322x}{322x+219,5y}$ $\begin{aligned} \Sigma \nu(Cl) &= 4x+3y \\ \Sigma \nu(O) &= 2x+y \end{aligned}$  | 2     |
| $\frac{\nu(Cl)}{\nu(O)} = \frac{4x+3y}{2x+y} = 2,2$ $4x+3y=4,4x+2,2y$ $0,8y=0,4x$ $X=2y$ $\omega(C_{12}H_4Cl_4O_2) = \frac{322x}{322x+219,5y} = \frac{322 \cdot 2y}{322 \cdot 2y+219,5y} = \frac{644y}{863,5y} = 75\%$ $\omega(C_6H_2Cl_3ONa) = 25\%$  | 2     |
| Максимальный балл  | 6     |

### ЗАДАНИЕ 2.4

Есть версия, что вещество X впервые было получено в IX веке алхимиком Джабир ибн Хайяном. Однако историческим фактом является синтез данного вещества в 1540 г. Валерием Кордусом, который назвал полученный продукт «Сладким купоросным маслом» (Oleum Dulce vitrioli). Кордус первым отметил его анестезирующие свойства. В 1680 г. Роберт Бойль вторично синтезировал данное вещество. В третий раз синтез вещества был проведен Исааком Ньютоном в 1704 году. В медицине используется в качестве лекарственного средства общеанестезирующего действия,

так как его влияние на нейронные мембраны и свойство «Обездвиживать» ЦНС очень специфично и полностью обратимо. В стоматологии применяется местно для обработки кариозных полостей и корневых каналов зуба при подготовке и пломбированию.

При сгорании образца вещества X массой 11,1 г. образуется 14,72 л CO<sub>2</sub> измеренного при 22°C и 99,9 кПа и 13,5 мл H<sub>2</sub>O.

К 15 г раствора вещества X в метилацетате добавили 200 мл 1,25 М раствора КОН. Полученную смесь упарили, а сухой остаток прокалили до удаления газа. Массовая доля калия в полученном остатке неорганических соединений калия, составила 58.73 %. Определить вещество X. Найти массовую долю вещества X в растворе.

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|---|-------|
| Правильно определено вещество X   | 2     |
| Представлены обе реакции  | 2     |
| Правильно определен состав сухого остатка   | 2     |
| Рассчитано количества веществ в сухом остатке   | 2     |
| Рассчитана массовая доля вещества   | 2     |
| Максимальный балл   | 10    |

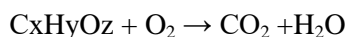
$$PV = \frac{m}{M}RT \quad PV = \nu RT$$

$$99,9 * 14,72 = \frac{m}{M} * 8,31 * 295K$$

$$99,9 * 14,72 = \nu * 8,31 * 295K$$

$$1470,528 = \nu * 8,31 * 293K$$

$$\nu = 0,6$$



$$\nu(C_{\text{орг.в-ва}}) = \nu(C_{\text{в CO}_2}) = \nu(CO_2) = 0,6$$

$$m(C_{\text{в орг.в-ва}}) = \nu(C_{\text{орг.в-ва}}) * M(C) = 0,6 * 12 = 7,2 \text{ г}$$

$$\nu(H_2O) = \frac{13,5}{18} = 0,75$$

$$\nu(H_{\text{орг.в-ва}}) = \nu(H_{\text{в H}_2O}) = \nu(H_2O) = 0,75 * 2 = 1,5$$

$$m(H_{\text{в орг.в-ва}}) = \nu(H_{\text{орг.в-ва}}) * M(H) = 1,5 * 1 = 1,5 \text{ г}$$

$$m(O_{\text{в орг.в-ва}}) = m(\text{орг.в-ва}) - m(C_{\text{в орг.в-ва}}) - m(H_{\text{в орг.в-ва}}) = 11,1 - 7,2 - 1,5 = 2,4$$

$$\nu(O_{\text{орг.в-ва}}) = m(O_{\text{в орг.в-ва}}) / M(H_2O) = 2,4 / 16 = 0,15$$



$$x:y:z = m(C_{\text{в орг.в-ва}}) : m(H_{\text{в орг.в-ва}}) : m(O_{\text{в орг.в-ва}})$$

$$0,6 \quad 1,5 \quad 0,15$$

$$4 \quad 10 \quad 1$$



$$\nu(KOH) = V * C = 0,2 * 1,25 = 0,25 \text{ моль}$$

$$\nu(CH_3COOCH_3) = X \quad \nu(K_2CO_3) = X$$

$$\nu_{\text{на реакцию}}(KOH) = 2X \quad \nu(KOH) = 0,25 - 2X$$

$$m_{\text{сухого остатка}} = m(K_2CO_3) + m(KOH)_{\text{остат}}$$

$$= \nu(K_2CO_3) * M(K_2CO_3) + \nu(KOH) * M(KOH)$$

$$=138X+56(0,25-2X)$$

$$=138X+14-112X$$

$$=26X+14$$

$$v(K) = 0,25 \text{ моль}$$

$$m(K) = v \cdot M = 0,25 \text{ моль} \cdot 39 = 9,75$$

$$\frac{9,75}{26X + 14} = 0,5873$$

$$X = 0,1$$

$$m(\text{CH}_3\text{COOCH}_3) = 74 \cdot 0,1 = 7,4$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{-O-C}_2\text{H}_5) = 7,6$$

$$\omega = 50,7\%$$

### ЗАДАНИЕ 3.4

Уксус известен как эффективное медицинское средство с давних времен. В древних трактатах описано его применение не только для приготовления пищи, но и в лечебных целях при различных заболеваниях, особенно при наличии инфекции. Скорее всего, он был одним из первых известных антимикробных средств. Гиппократ рекомендовал его для сохранения пищи и в качестве тоника, а также для лечения ран. Уксусная кислота обладает бактериостатической активностью при концентрации 0,1 % и бактерицидной активностью при концентрациях от 2 до 10 %

Уксусная кислота показывает хороший результат при интертриго (воспалении складок), пододерматитах, на инфицированных областях лихенификации при хроническом течении аллергии. Часто уксусная кислота применяется при лечении отитов, как наружных, так и средних, благодаря своему хорошему действию на биопленку. Биопленка — это сообщество микробов, крепко сцепленных друг с другом и поверхностью, на которой они находятся, погруженных в субстанцию из внеклеточных полисахаридных веществ.

В цилиндр высотой 30 см и диаметром внутреннего основания 7 см прилили 50 мл уксусной кислоты с массовой долей 65% и плотностью 1,0666 г/мл. после этого цилиндр наполнили дистиллированной водой на 70% его объема. Рассчитайте pH полученного раствора.  $pK_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 4,76$

|   |   |
|---|---|
|   |   |
| Рассчитан объем цилиндра $V = h \cdot \pi \cdot R^2$<br>$V = 30 \cdot 3,14 \cdot 12,25 = 1153,95 \text{ cm}^3$                | 1 |
| Рассчитан объем раствора после разбавления<br>$0,7 \cdot 1153,95 = 807,765 \text{ мл}$  | 1 |
| $C = 10 \cdot w \cdot \rho / M = 10 \cdot 65 \cdot 1,0666 / 60 = 11,54 \text{ моль/л}$  | 1 |
| Рассчитана количество вещества уксусной кислоты $n = C \cdot V$<br>$n = 11,54 \text{ моль/л} \cdot 0,05 = 0,577 \text{ моль}$ | 1 |
| Рассчитана концентрация уксусной кислоты<br>$C = 0,577 / 0,8078 = 0,714 \text{ моль/л}$                                       | 1 |
| Записана формула для расчета pH<br>$pH(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,5(pK_a - \lg C(\text{CH}_3\text{COOH}))$                   | 1 |
| $pH(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,5(4,76 - \lg 0,714) = 2,45$   | 2 |
|   | 8 |

### ЗАДАНИЕ 4.4

При обработке смеси мальтозы и глюкозы гидроксидом меди образуется такое количество оксида меди (1), при взаимодействии которого с диметиламином при нагревании образуется 1,12 л газовой смеси. Такая же смесь при окислении перманганата калия в сернокислой среде образует и газообразного 27,8 л продукта (при 10С и 101,5 кПа)

Рассчитайте массу смеси углеводов, а также массу продукта, который может быть получен при обработке количественно выделенной из смеси глюкозы с гидроксиламином, если выход реакции составляет 90%

|       |                     |                     |   |
|-------|---------------------|---------------------|---|
| $x+y$ | $\frac{4}{15}(x+y)$ | $\frac{1}{15}(x+y)$ | 2 |
|-------|---------------------|---------------------|---|

|   |   |
|---|---|
| $15\text{Cu}_2\text{O} + 2\text{CH}_3\text{-NH-CH}_3 \rightarrow 30\text{Cu} + 4\text{CO}_2 + \text{N}_2\uparrow + 7\text{H}_2\text{O}$<br>$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 2\text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7 + \text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$ глюкоза<br>$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + 2\text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{12} + \text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$ мальтоза  |   |
| $5\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 24\text{KMnO}_4 + 36\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 30\text{CO}_2 + 24\text{MnSO}_4 + 66\text{H}_2\text{O} + 12\text{K}_2\text{SO}_4$<br>$5\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + 48\text{KMnO}_4 + 72\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 60\text{CO}_2 + 48\text{MnSO}_4 + 127\text{H}_2\text{O} + 24\text{K}_2\text{SO}_4$   | 2 |
| $\nu(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = x$ $\nu(\text{Cu}_2\text{O})_1 = x$<br>$\nu(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = y$ $\nu(\text{Cu}_2\text{O})_2 = y$<br><br>$\sum \nu_{\text{газа}} \frac{1,12}{22,4} = 0,05 \text{ моль}$<br>$\frac{4}{15}(x+y) + \frac{1}{15}(x+y) = 0,05$<br>$4(x+y) + 1(x+y) = 0,75$<br>$5(x+y) = 0,75$<br>$(x+y) = 0,15$<br><br>$\nu(\text{CO}_2) = \frac{PV}{RT} = \frac{101 \cdot 29,42}{8,31 \cdot 298} = 1,2 \text{ моля}$<br>$\nu(\text{CO}_2)_1 = \frac{30}{5} \nu(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 6x$<br>$\nu(\text{CO}_2)_2 = \frac{60}{5} \nu(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 12y$<br><br>$\frac{5}{15}(x+y) = 0,05$<br>$6x + 12y = 1,2$ $x = 0,1$ $y = 0,05$ | 2 |
| $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{NH}_2\text{OH} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{13}\text{O}_6\text{N} + \text{H}_2\text{O}$<br>0,1      0,1<br>$m(\text{C}_6\text{H}_{13}\text{O}_6\text{N}) = 0,1 \cdot 195 = 19,5 (100\%) \rightarrow 19,5 \cdot 0,9 = 17,55 (90\%)$  | 2 |
|   | 8 |

### ЗАДАНИЕ 5.4

Стоматологический сплав содержащий палладий платину и золото имеет плотность  $13032 \text{ кг/м}^3$  Выпускают сплав в виде шара с радиусом  $1,02 \text{ см}^2$

Такой образец последовательно обработали концентрированной азотной кислотой, а затем «Царской водкой». Рассчитайте массовые доли металлов в сплаве, если известно, что объем газа, выделившегося после обработки сплава концентрированной азотной кислотой оказался в 8,34 раза больше объема собранного, после обработки остатка «царской водки» и равен объему газа, выделяющегося при обработке  $216 \text{ г}$   $\text{CuCl}_2$  гидроксиламином в растворе натрия гидроксида.

|  |   |
|--|---|
| $\text{Pd} + 4\text{HNO}_3 \leftrightarrow \text{Pd}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ $2x$<br>$3\text{Pt} + 4\text{HNO}_3 + 18\text{HCl} \leftrightarrow 3\text{H}_2[\text{PtCl}_6] + 4\text{NO} + 8\text{H}_2\text{O}$ $4/3y$<br>$\text{Au} + \text{HNO}_3 + 4\text{HCl} \leftrightarrow \text{H}[\text{AuCl}_4] + \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$ $z$<br>$2 \text{CuCl}_2 + 2\text{NH}_2\text{OH} + 2\text{NaOH} \leftrightarrow 2\text{CuCl} + \text{N}_2 \uparrow + 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{NaCl}$ $0,8$ | 2 |
| $\nu(\text{CuCl}_2) = \frac{m}{M} = \frac{216}{135} = 1,6$<br>$\nu(\text{N}_2) = \frac{1}{2} \nu(\text{CuCl}_2) = 0,8$ $2x = 0,8$ $x = 0,4$<br>$V_{\text{шара}} = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot 1,02^3 = 4,443$<br>$m = V \cdot \rho = 4,443 \cdot \frac{13032}{1000} = 57,9 \text{ г}$<br>$\nu(\text{Pd}) = \frac{1}{2} \nu(\text{NO}_2) = 0,4$<br>$m(\text{Pd}) = 0,4 \cdot 106 = 42,4 \text{ г}$   | 2 |

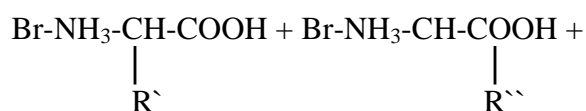
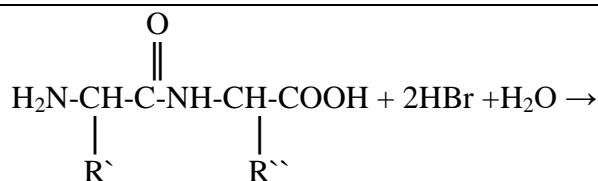


|   |   |
|---|---|
| $m(\text{Pt}/\text{Au})=57,9-42,4=15,5$<br>$\nu(\text{NO})=\frac{V(\text{NO}_2)}{8,34}=\frac{0,8}{8,34}=0,0959 \text{ моль}$<br>$\nu(\text{NO}_2)_\Sigma=8,34*\nu(\text{NO})$<br><br>$195Y+197Z=15,5$<br>$4/3y+z=0,0959$<br><br>$195y+18,89-262,6y=15,5$<br>$3,39=67,6y$<br>$y=0,0501 \text{ моль}$<br>$z=0,028 \text{ моль}$ |   |
| $m(\text{Pd})=0,4*106=42,4$<br>$m(\text{Pt})=0,0501*195=9,7695=9,8$<br>$m(\text{Au})=0,029*197=5,713=5,7$<br><br>$\omega(\text{Pd})=\frac{42,4}{57,9}=0,73=73\%$<br>$\omega(\text{Pt})=\frac{9,8}{57,9}=0,169=17\%$<br>$\omega(\text{Au})=\frac{5,7}{57,9}=0,098=9,8\%\approx 10\%$   | 2 |
|   | 6 |

#### ЗАДАНИЕ 6.4

Ученые обнаружили удивительное свойство некоторых моллюсков, образовывать прочные адгезивные соединения с металлами даже в морской воде, что приводит к серьезной проблеме – обрастанию моллюсками корпусов кораблей. Установлено, что столь сильные адгезивные свойства обеспечиваются наличием в секреторных выделениях моллюсков сложных пептидов, способных создавать прочные комплексы с ионами железа, которые и формируют высокую адгезию. В анализе пептидного комплекса моллюсков были выделены дипептиды. При нагревании одного из выделенных дипептидов с 40% бромоводородной кислотой получили 2 продукта; массовая доля атомарного брома в одном из них составила 32,52%. При реакции этого же дипептида с разбавленным раствором бромоводородной кислоты получен продукт, в котором массовая доля брома составляет 18,141%. Одна из аминокислот, входящих в состав дипептида является незаменимой. Установите аминокислотный состав дипептида и напишите для него **две** возможные структурные формулы.

|  |    |
|--|----|
| Правильно установлена формула первой аминокислоты      | 3  |
| Правильно установлена формула второй аминокислоты      | 3  |
| Правильно представлены формулы дипептидов              | 2  |
| Правильно прописаны уравнения реакций с хлороводородом | 2  |
|  | 10 |

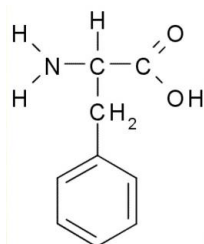
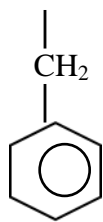


$$M(\text{Br}-\text{NH}_3-\text{CH}-\text{COOH})=\frac{80}{0,3252}=246 \text{ г/моль}$$

$$\begin{array}{c} | \\ \text{R}' \end{array}$$

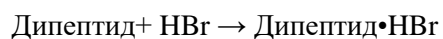
$$M(\text{Аминокислоты})=165\text{г/моль}$$

$$M(R)=165-74=91$$



Аминокислота фенилаланин – она незаменимая

С разбавленной бромоводородной кислотой дипептид образует соль.

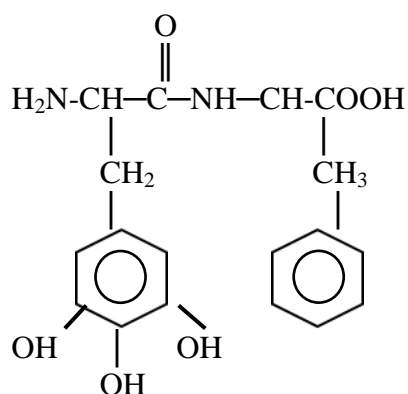
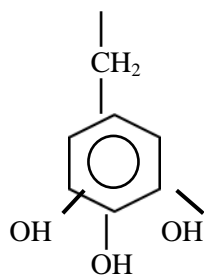


$$M(\text{Дипептид} \cdot \text{HBr}) = \frac{80}{0,18141} = 441 \text{ г/моль}$$

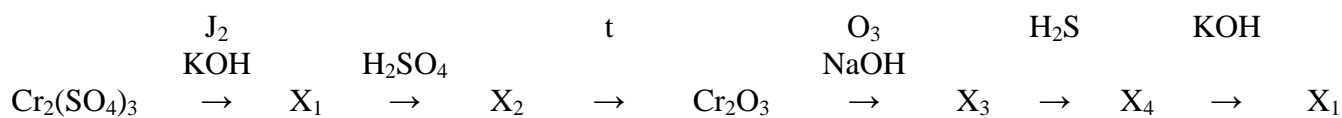
$$M(\text{Дипептид}) = 441 \text{ г/моль} - 80,91 = 360 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{аминокислота}) = M(\text{дипептид}) + M(\text{H}_2\text{O}) - M(\text{фенилаланин}) = \\ = 360 + 18 - 165 = 213 \text{ г/моль}$$

$$M(R) = 213 - 74 = 139 \text{ г/моль}$$

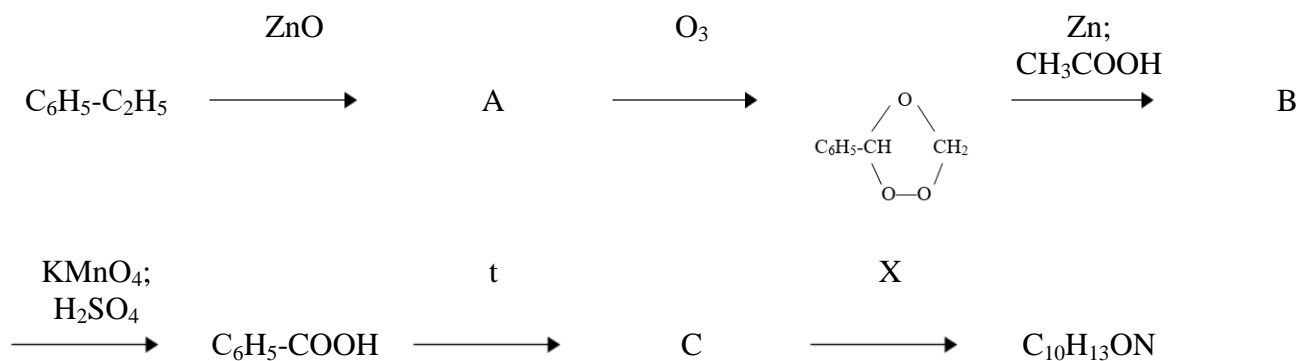


#### ЗАДАНИЕ 7.4

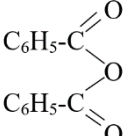
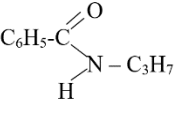


| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)  | Баллы |
|--|-------|
| 1) $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{J}_2 + 16\text{KOH} \rightarrow 2\text{K}_2\text{CrO}_4 + 6\text{KJ} + 8\text{H}_2\text{O} + 3\text{K}_2\text{SO}_4$ | 2     |
| 2) $2\text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$                | 2     |
| 3) $4\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \xrightarrow{t} 2\text{Cr}_2\text{O}_3 + 4\text{K}_2\text{CrO}_4 + 3\text{O}_2$   | 2     |
| 4) $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{O}_3 + 4\text{NaOH} \rightarrow 2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$  | 2     |
| 5) $2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 3\text{H}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Cr}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{S} + 4\text{NaOH}$          | 2     |
| 6) $\text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{Cl}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$                                  | 2     |
| Максимальный балл  | 12    |

### ЗАДАНИЕ 8.4



|  |         |   |                |  |                             |                                      |
|--|---------|---|----------------|--|-----------------------------|--------------------------------------|
|  | ZnO     | A   | O <sub>3</sub> |  | Zn;<br>CH <sub>3</sub> COOH |                                      |
| C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> -C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> | →       | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> -CH=CH <sub>2</sub> | →              |  | →                           | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> -C(O)H |
|  | 2 балла |   | 2 балла        |  | 2 балла                     |                                      |

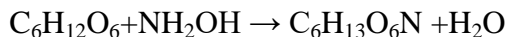
|   |                                     |         |   |   |   |          |
|---|-------------------------------------|---------|---|---|---|----------|
| KMnO <sub>4</sub> ;<br>H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> |                                     | t       | C   | C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> NH <sub>2</sub> |   |          |
| →   | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> -COOH | →       |  | →   |  |          |
| 2 балла   |                                     | 2 балла |   | 2 балла                                       |   | 12баллов |

$$\frac{5}{15}(x + y) = 0,05$$

$$6x + 12y = 1,2$$

$$x = 0,1$$

$$y = 0,05$$



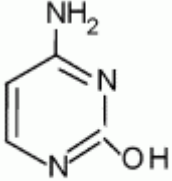
0,1

0,1

$$m(C_6H_{13}O_6N) = 0,1 * 195 = 19,5 \text{ (100\%)} \rightarrow 19,5 * 0,9 = 17,55 \text{ (90\%)}$$

### ЗАДАНИЕ 9.4

В лаборатории сожгли в избытке кислорода Образцы Метионина и Пиримидинового основания, комплементарного гуанину. Продукты сгорания пропустили через избыток известковой воды. Объем непоглощаемого газов в том и другом случае оказались одинаковыми. Рассчитайте, во сколько раз будут различаться массы осадков. Рассчитайте также объем газа, который может быть получен при взаимодействии метионина массой 14,9 г с азотистой кислотой

|  |   |
|--|---|
| <p><b>Метионин</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <math display="block">  \begin{array}{c}  \text{S}-\text{CH}_3 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{CH}-\text{NH}_2 \\    \\  \text{COOH}  \end{array}  </math> <p><math>C_5H_{11}NO_2S</math></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>ЦИТОЗИН<br/><math>C_4H_5N_3O</math></p> </div> </div>  | 2 |
| $2C_5H_{11}NO_2S + 15,5 O_2 \rightarrow 10CO_2 + N_2 + 2SO_2 + 11H_2O$ $2C_4H_5N_3O + 9,5 O_2 \rightarrow 8CO_2 + 3N_2 + 5H_2O$ $Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$ $Ca(OH)_2 + SO_2 \rightarrow CaSO_3 + H_2O$  | 2 |
| $v(C_5H_{11}NO_2S) = x \qquad v(CO_2)_1 = 5x \qquad v(N_2)_1 = \frac{x}{2} \qquad v(SO_2) = x$ $v(C_4H_5N_3O) = y \qquad v(CO_2)_2 = 4x \qquad v(N_2)_2 = \frac{3y}{2}$ $V(N_2)_1 = V(N_2)_2 \Rightarrow \frac{x}{2} = \frac{3y}{2} \qquad X = 3y$ $v(\text{осадка})_{\text{в опыте №1}}$ $v(CaCO_3)_1 = v(CO_2)_1 = 5x$ $v(CaSO_3)_1 = v(SO_2)_1 = x$ $m(CaCO_3)_1 = 5x * 100 = 500 * 3y = 1500y$ $m(CaSO_3)_1 = 120x = 120 * 3y = 360y$ $\Sigma m = 1500y + 360y = 1860y$ $v(\text{осадка})_{\text{в опыте №2}}$ $v(CaCO_3)_2 = v(CO_2)_2 = 4y$ $m(CaCO_3)_2 = 4y * 100 = 400y$ $\frac{m(\text{осадок 1})}{m(\text{осадок 2})} = \frac{1860y}{400y} = 4,65$ <p style="text-align: center;">в 4,65 раза</p>                   | 2 |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <math display="block">  \begin{array}{c}  \text{S}-\text{CH}_3 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{CH}-\text{NH}_2 \\    \\  \text{COOH}  \end{array}  </math> </div> <div style="text-align: center;"> <math display="block">  \begin{array}{c}  \text{S}-\text{CH}_3 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{CH}_2 \\    \\  \text{CH}-\text{NH} \cdot \text{HO} \cdot \\    \\  \text{COOH}  \end{array}  </math> </div> </div> $+ HNO_2 \rightarrow N_2 + \dots$ $v(C_5H_{11}NO_2S) = \frac{m}{M} = \frac{14,9}{149} = 0,1$ $v(N_2) = 0,1$ $V(N_2) = 0,1 * 22,4 = 2,24 \text{ л}$ | 2 |
|  | 8 |

## ЗАДАНИЕ 10.4

Льняное масло (*Oleum Lini*) применяют в медицине в качестве противовоспалительного, мочегонного, бактерицидного средства, входит в состав препаратов винизоль, лифузоль. Одним из количественных показателей доброкачественности жирных масел является йодное число. Йодным числом ( $I_2$ ) называют количество йода, выраженное в граммах, связываемое 100 г данного жирного масла. Йодное число льняного масла должно составлять 169 – 192.

Определение йодного числа льняного масла проводили в соответствии с методикой: навеску масла массой 0,10 г помещают в сухую коническую колбу с притертой пробкой, растворяют в 3 мл эфира, прибавляют 20,0 мл 0,1М раствора монохлорида йода, закрывают колбу пробкой, осторожно встряхивают и выдерживают в темном месте в течение 1 часа. Прибавляют последовательно 1,0 г йодида калия, 50 мл воды и титруют 0,25 М раствором тиосульфата натрия при постоянном энергичном встряхивании до светло-желтой окраски раствора. Прибавляют 3 мл хлороформа, сильно встряхивают, затем прибавляют 1 мл раствора крахмала и продолжают титрование до обесцвечивания раствора. Проводят контрольный опыт (без навески масла) в тех же условиях. На титрование было израсходовано 8,8 мл раствора тиосульфата натрия (основной опыт) и 16,0 мл раствора тиосульфата натрия (контрольный опыт). Напишите уравнения реакций, лежащих в основе данного метода (считать, что основное вещество льняного масла – триглицерид  $\alpha$ -линоленовой (9,12,15-октадекатриеновой) кислоты. Рассчитайте йодное число льняного масла и сделайте заключение о его доброкачественности. Рассчитайте массовую долю в навеске масла непредельных кислот в пересчете на линоленовую кислоту.

### РЕШЕНИЕ

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)  | Баллы |
|--|-------|
| Уравнения реакций:<br>$ICl + KI \rightarrow I_2 + KCl$   | 2     |
| $  \begin{array}{c}  CH_2 - O - CO(CH_2)_7(CH=CH-CH_2)_3CH_3 \\    \\  CH - O - CO(CH_2)_7(CH=CH-CH_2)_3CH_3 \\    \\  CH_2 - O - CO(CH_2)_7(CH=CH-CH_2)_3CH_3  \end{array}  + 9I_2 \rightarrow  $ | 4     |
| $  \begin{array}{c}  CH_2 - O - CO(CH_2)_7(CHI-CHI-CH_2)_3CH_3 \\  \rightarrow \\  CH - O - CO(CH_2)_7(CHI-CHI-CH_2)_3CH_3 \\    \\  CH_2 - O - CO(CH_2)_7(CHI-CHI-CH_2)_3CH_3  \end{array}  $     | 2     |
| $I_2 + 2Na_2S_2O_3 \rightarrow 2NaI + Na_2S_4O_6$  | 2     |
| $v(ICl) = 20 \cdot 0,1 = 2 \text{ ммоль} \Rightarrow v(I_2) = 2 \text{ ммоль}$   | 2     |
| $v(Na_2S_2O_3)_{\text{контр.}} = 16 \cdot 0,25 = 4,0 \text{ ммоль} \Rightarrow v(I_2) = 4,0/2 = 2 \text{ ммоль}$   |       |
| $v(Na_2S_2O_3)_{\text{осн.}} = 8,8 \cdot 0,25 = 2,2 \text{ ммоль} \Rightarrow v(I_2) = 2,2/2 = 1,1 \text{ ммоль}$  | 2     |
| $v(I_2 \text{ на масло}) = 2 - 1,1 = 0,9 \text{ ммоль} - \text{ в } 0,1 \text{ г масла}$   | 2     |
| $v(I_2 \text{ на масло}) = 0,9 \cdot 100/0,1 = 900 \text{ ммоль} = 0,9 \text{ моль} - \text{ в } 100 \text{ г масла}$  | 2     |
| $m(I_2) = 0,9 \cdot 254 = 228,6 - \text{ йодное число} \Rightarrow \text{касторовое масло является недоброкачественным.}$  |       |
| $v(C_{17}H_{29}COOH) = v(I_2) : 3 = 0,9/3 = 0,3 \text{ моль}$  | 2     |
| $m(C_{17}H_{29}COOH) = 0,3 \cdot 278 = 83,4 \text{ г}$   |       |
| $\omega(C_{17}H_{29}COOH) = 83,4 \cdot 100\%/100 = 83,4\%$   |       |

|  |    |
|--|----|
| <p style="text-align: right;"><i>Или:</i></p> $I_q = \frac{T \cdot (V_{\text{контр}} - V_{\text{очн}}) \cdot 100}{m}$ $T = \frac{C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot M\left(\frac{1}{2}I_2\right)}{1000}$ $T = 0,25 \cdot 127 / 1000 = 0,03175 \text{ г/мл}$ $I_q = 0,03175 \cdot (16 - 8,8) \cdot 100 / 0,1 = 228,6$ |    |
| Максимальный балл  | 20 |