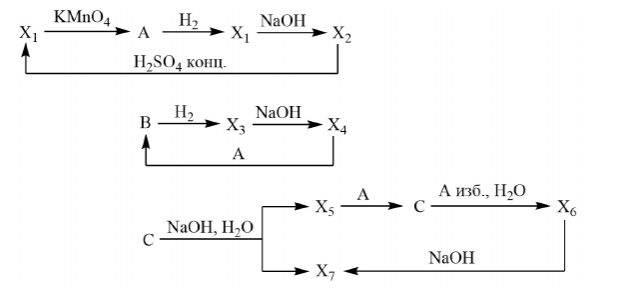
**Решение заданий Всероссийской олимпиады школьников по химии**

**(муниципальный этап)**

**11 класс**

**2025-2026 учебный год**

**Задача 11-1.** Даны простые вещества: А-желто-зеленый газ, ядовит; В – красно-бурая жидкость, ядовита, С – темно-серые кристаллы с металлическим блеском. Для каждого из этих веществ предложены схемы превращений. Определите вещества А, В, С, Х1-Х7 и дайте им названия.



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№п/п** | **Этапы решения** | **Кол-во баллов** |
| 1 | Определены формулы простых веществ:  А – хлор Cl2;  В – бром Br2;  С – иод I2. | 3 |
| 2 | Х1 – хлороводород ;  H2 + Cl2 = 2HCl | 1 |
| 3 | Х2 – хлорид натрия NaCl;  HCl + NaOH = NaCl + H2O | 2 |
| 4 | NaCl (тв.) + H2SO4 (конц.) = HCl↑ + NaHSO4  16HCl + 2KMnO4 = 2KCl + 2MnCl2 + 5Cl2↑ + 8H2O | 2 |
| 5 | Х3 – бромоводород HBr:  H2 + Br2 = 2HBr | 2 |
| 6 | Х4 – бромид натрия NaBr  HBr + NaOH = NaBr + H2O  2NaBr + Cl2 = Br2 + 2NaCl | 3 |
| 7 | Х5 – иодид натрия NaI  Х7 — иодат натрия NaIO3  3I2 + 6NaOH = 5NaI + NaIO3 + 3H2O  2NaI + Cl2 = I2 + 2NaCl | 4 |
| 8 | Х6 – иодноватая кислота HIO3;  I2 + 5Cl2 + 6H2O = 10HCl + 2HIO3  HIO3 + NaOH = NaIO3 + H2O | 3 |
| **20 баллов** | | |

**Задача 11-2.** Закись азота N2O представляет собой бесцветный негорючий газ с приятным сладковатым запахом и привкусом, который более 170 лет применяется в анестезии при проведении хирургических операций. В настоящее время его обычно применяют в смеси с кислородом в сочетании с более сильным анестетиком. Плотность смеси закись азота с кислородом по воздуху равна 1,393.

Вопросы.

1. Определите массовую, объёмную и мольную долю закиси азота в смеси.

2. Напишите уравнение реакции, которое применяют для получения закиси азота из нитрата аммония в лаборатории.

3. Какую массу нитрата аммония необходимо взять для получения 100 г смеси, применяемой для анестезии на основе закиси азота. При расчётах используете данные, полученные в пункте 1?

4. Рассчитайте объём, занимаемый 100 г смеси для анестезии на основе закиси азота при 20 оС и давлении 150 кПа.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№п/п** | **Этапы решения** | **Кол-во баллов** |
| 1 | Определены массовая и объёмная доли закиси азота в смеси.  Средняя молярная масса смеси равна:  Мср. = 29 г/моль ‧ 1,393 = 40,397 г/моль.  Пусть в смеси содержится: n(О2) = х моль, n(N2O) = y моль,  тогда m(О2) = 32x г, m(N2O) = 44y г.  Рассчитываем среднюю молярную массу смеси:  Мср. = (32x + 44y) : (х + y) = 40,397  40,397х + 40,397y = 32x + 44y  40,397х – 32x = 44y – 40,397y  8,397 х = 3,603y  2,331х = y  χ (O2) = х : (2,331х + х) = 0,30 (или 30%)  χ (N2O) = 100% - 30% = 70%.  Объем газа прямо пропорционален его количеству. В смеси газов: φ (N2O) = χ (N2O) = 70%. | 6 |
| 2 | Рассчитана массовая доля закиси азота в смеси.  Пусть n(смеси) = 1 моль, тогда m(N2O) = 0,7 моль ‧ 44 г/моль = 30,8 г,  m(O2) = 0,3 моль ‧ 32 г/моль = 9,6 г,  W(N2O) = 30,8 г : (30,8 г + 9,6 г) = 0,76 (или 76%). | 4 |
| 3 | Составлено уравнение реакции получения закиси азота в условиях лаборатории:  tоС  NH4NO3 = N2O + 2H2O | 2 |
| 4 | Произведён расчет массы нитрата аммония.  **m(**N2O) = 100 г ‧ 0,76 = 76 г  n(N2O) = 76 г : 44 г/моль = 1,73 моль  n(NH4NO3) = n(N2O) = 1,73 моль  **m(**NH4NO3) = 1,73 моль ‧ 80 г/моль = 138,4 г. | 4 |
| 5 | Рассчитан объём смеси анестетика.  Рассчитываем объёмы, занимаемые каждым газом отдельно, а затем сложим их.  По уравнению Менделеева-Клапейрона:  р ‧ V = ‧ R ‧ T ; V = (m ‧ R ‧ T) / (M ‧ р)  V(O2) = **(**9,6 г ‧ 8,31 Дж/(К ‧ моль) ‧ 293 К**)** : **(**32 г/моль ‧ 150000 Па**)** = 0,0049 м3 = 4,9 л  V(N2O) = **(**30,8 г ‧ 8,31 Дж/(К ‧ моль) ‧ 293 К**)** : **(**44 г/моль ‧ 150000 Па**)** = 0,0114 м3 = 11,4 л  Полученные объемы складываем: V(смеси) = 4,9 л + 11,4 л = 16,3 л | 4 |
| **20 баллов** | | |

**Задача 11-3.** В качестве консерванта в шампунях часто применяют парабены. Они проявляют антисептические и фунгицидные (противогрбковые) свойства. Поэтому в промышленности осуществляют масштабный синтез парабенов и контроль качества готовой продукции.

При оценке химического состава парабена **А** сначала провели его элементный анализ: массовая доля углерода составила 65,06%. Затем соединение **А** подвергли кислотному гидролизу. В результате образовались гидроксикислота **В** и вещество **С**. При окислении вещества **С** перманганатом калия в присутствии серной кислоты при нагревании в продуктах реакции было обнаружено органическое вещество **D**.

При обработке вещества **В** раствором гидроксида натрия образовалась соль монокарбоновой кислоты – ***пара*-гидроксибензоат натрия**.

Вещество **D**, имеющее специфический кислый запах продуктов брожения, выделили из смеси. При добавлении к его водному раствору спиртового раствора метилоранжа раствор приобрёл красный цвет. При добавлении к веществу **D** гидрокарбоната натрия выделился газ без цвета и запаха, не поддерживающий горение.

В промышленности парабен **А** получают 2 основными способами:

1) реакцией этерификации соответствующей гидроксикислоты в присутствии концентрированной серной кислоты;

2) методом Кольбе-Шмитта – карбоксилированием фенолята натрия (или калия) углекислым газом с обработкой образующегося продукта реакции раствором соляной кислоты, в результате чего получается смесь 2-х изомеров, и последующей этерификацией одного из изомеров.

Вопросы.

1. Напишите структурную формулу парабена (вещество **А**), о котором идёт речь в задаче. Ответ подтвердите расчётами.

2. Составьте уравнения реакций образования веществ **В**, **С, D** и **пара-гидроксибензоата натрия**.

3. Приведите уравнения реакций, применяемые для синтеза вещества **А** 2-мя указанными способами.

4. Какую массу вещества **А** можно получить из 1 кг фенола по методу Кольбе-Шмитта? Приведите соответствующие расчёты, принимая выход на каждом этапе – 80%.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№п/п** | **Этапы решения** | **Кол-во баллов** |
| 1 | Этилпарабен – сложный эфир пара-гидроксибензойной кислоты и этилового спирта (вещество **А**): | 2 |
| 2 | Произведён расчёт массовой доли углерода в этилпарабене, подтверждающий химический состав вещества **А**.  В продуктах брожения могут быть обнаружены кислоты, которые изменяют окраску метилоранжа на красную: уксусная, пропионовая, масляная и другие кислоты придают бродильной массе специфический запах. Поэтому в задаче идёт речь о сложном эфире пара-гидроксибензойной кислоты.  По расчётам подходит эфир уксусной кислоты:  W(С в этилпарабене) = (12 ‧ 9) / (12 ‧ 9 + 16 ‧ 3 + 1 ‧ 10) = 0,6506 (или 65,06%). | 4 |
| 3 | Составлены уравнения реакций образования веществ **В**, **С, D, E** и **пара-гидроксибензоата натрия:**    **А** **В С**  C2H5OH + 2KMnO4 + 3H2SO4 → CH3COOH + 2MnSO4 + K2SO4 + 4H2O  **С D**    **В *пара*-гидроксибензоат**  **натрия**    Вещество **В** – *пара*-гидроксибензойная кислота.  Вещество **С** – этанол.  Вещество **D** – уксусная кислота. | 6 |
| 4 | Приведены уравнения реакций, применяемые для синтеза вещества **А** 2-мя указанными способами (по 2 балла за каждый способ).  Реакция этерификации соответствующей гидроксикислоты этанолом в присутствии концентрированной серной кислоты:    Карбоксилирование фенолята натрия (или калия) углекислым газом с обработкой продукта реакции раствором соляной кислоты (метод Кольбе-Шмитта), в результате чего получается смесь 2-х изомеров и последующей этерификацией этанолом: | 4 |
| 5 | Расчёт массы вещества **А** по методу Кольбе-Шмитта, исходя из фенола:  nтеор.(HO-С6Н4-СОО-C2H5) = n(HO-С6Н4-СООН) =  = n(НО-С6Н5-COОNa) = n(С6Н5-ОNa) = n(С6Н5-ОH) =  = 1000 г : 94,11 г/моль = 10,63 моль  m теор.(HO-С6Н4-СОО-C2H5) = 10,63 моль ‧ 166,17 г/моль = 1766 г.  m практ.(HO-С6Н4-СОО-C2H5) = 1766 г ‧ 0,8 ‧ 0,8 ‧ 0,8 ‧ 0,8 = 723 г. | 4 |
| **20 баллов** | | |

**Задача 11-4.** Вещество **Х** представляет собой вязкую прозрачную густую сиропообразную жидкость со сладким вкусом. Поэтому первоначально на этапе его открытия в начале XVIII в. учёные относили его к сахарам, к которым, как выяснилось позже, оно не имеет отношения. Аналогичные свойства проявляет белый кристаллический порошок вещества **Z**, обнаруженный гораздо позже в водорослях и некоторых плесенях, не имеющий запаха, но также обладающий сладким вкусом, из-за чего вещество **Z** иногда применяют в пищевой промышленности в качестве диетического подсластителя.

В начале XIX в. химический состав сахаров начали описывать в качестве гидратов углерода (Cn(H2O)m), например, глюкозу (молекулярная формула – С6Н12О6) представляли так: C6(H2O)6. Соотношение n : m в составе веществ **Х** и **Z** близко к 1:1, но не соответствует данному соотношению. Вещества **Х** и **Z** подвергаются обезвоживанию. При нагревании вещества **Х** со жжёной магнезией (обезвоживающее вещество) выделяется газ **Y** с характерным резким удушающим запахом и пары воды. При прокаливании порошка вещества **Z** в присутствии серной кислоты также выделяются пары воды.

Вещества **Х** и **Z** не дают реакции «серебряного зеркала», а элементный состав показывает, что массовая доля углерода в веществе **Х** составляет 39,13%. При добавлении свежеосаждённого гидроксида меди (II) к водному раствору каждого из них осадок растворяется, а растворы окрашиваются в васильковый цвет.

Молярные массы данных веществ соотносятся: М(Z) : М(Х) = 1,337.

Вопросы.

1. Назовите вещества **Х** и **Z**. Напишите их структурные формулы. Ответ подтвердите расчётами.

2. Из 36,51 мл вещества **Х** (плотность – 1,26 г/см3 при 20 °C) при дегидратации в присутствии жжёной магнезии образуется 18 г паров воды. Напишите структурную формулу вещества **Y** и определите объём данного вещества (при н.у.), который при этом выделяется.

3. Составьте уравнения реакций дегидратации вещества **Х** и его взаимодействия со свежеосаждённым гидроксидом меди (II).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№п/п** | **Этапы решения** | **Кол-во баллов** |
| 1 | Приведены названия веществ **Х** и **Z**.  **Х** – глицерин**, Z** – бутантетраол-1,2,3,4. | 2 |
| 2 | Написаны структурные формулы веществ **Х** и **Z**.    глицерин бутантетраол-1,2,3,4 | 4 |
| 3 | Произведены расчёты, подтверждающие определение структурных формул веществ.  Исходя из химического состава вещества **Х** и химической реакции со свежеосаждённым гидроксидом меди (II), можно предположить, что речь идёт о многоатомных спиртах (не менее 2-х гидроксильных групп в молекулах).  W(C) = А(С) ‧ N(С) / M(Х); M(Х) = А(С) ‧ N(С) / W(C).  При n = 2, M(Х) = 12 ‧ 2 / 0,3913 = 61 г /моль.  М (этиленгликоля) = 62 г/моль.  При n = 3, M(Х) = 12 ‧ 3 / 0,3913 = 92 г /моль.  Возможные соединения, содержащие две ОН-группы:  М (пропиленгликоля) = 76 г/моль.  **М (глицерина) = 92 г/моль.**  При n = 4, M(Х) = 12 ‧ 4 / 0,3913 = 122 г /моль.  М(бутантриола-1,2,4) = 106 г/моль.  М(бутантетраола-1,2,3,4) = 123 г/моль.  При n = 5, M(Х) = 12 ‧ 5 / 0,3913 = 153 г /моль.  При n = 6, M(Х) = 12 ‧ 6 / 0,3913 = 184 г /моль.  При большем числе атомов углерода нет подходящих спиртов.  Результат: по молярной массе подходит глицерин.  Определяет вещество **Z**:  М(Z) : М (глицерина) = x : 92 = 1,337.  М(Z) = 92 ‧ 1,1337 = 123 (г/моль), следовательно, вещество Z – бутантетраол-1,2,3,4. | 4 |
| 4 | Приведена структурная формула вещества **Y**.  n(Н2О) = 18 г : 18 г/моль = 1 моль  m(глицерина) = 36,51 мл ‧ 1,26 г/мл = 46,00 г.  n(глицерина) = 46,00 г : 92 г/моль = 0,5 моль.  n(акролеина) = n(глицерина) = 0,5 моль.    0,5 моль 1 моль  C3Н8О3  2Н2О\_  С3Н4О (молекулярная формула акролеина: С3Н4О.  Структурная формула вещества **Y**: | 4 |
| 5 | Определён объём вещества **Y** (при н.у.):  V(акролеина) = 0,5 моль ‧ 22,4 л/моль = 11,2 л. | 2 |
| 6 | Составляем уравнения реакций дегидратации вещества **Х** и его взаимодействия со свежеосаждённым гидроксидом меди (II):    Picture background | 4 |
| **20 баллов** | | |

**Задача 11-5.** После проведения опыта по сжиганию серы и угля в кислороде на химическом кружке у учащегося остались 4 грязные пробирки, который использовались для получения одного из веществ. Ученик заполнил пробирки водой, из-за чего раствор приобрёл зелёный цвет. Он стал тщательно мыть пробирки ёршиком, но оставшийся на них налёт грязно-коричневого цвета отчистить не удалось. Тогда ученик добавил в пробирки следующие реактивы, которые оказались под рядом: в 1-ую – раствор соляной кислоты, во 2-ую – раствор щавелевой кислоты, в 3-ью – раствор пероксида водорода, в 4-ую – раствор гидроксида натрия. Содержимое всех пробирок ученик осторожно нагрел. В результате в 1-й и 2-й пробирках постепенно осадок растворился. В 3-й наблюдалось образование пузырьков газа. В 4-й пробирке внешних изменений не наблюдалось.

Вопросы.

1. Исходя из информации о проводимом на кружке эксперименте, предположите, что представляют собой вещества, оставшиеся в пробирке после проведения опыта. Напишите их химические формулы

2. Напишите уравнение химической реакции, которое соответствует опыту, который проводили на кружке в пробирках для получения одного вещества, после чего пробирки долго и тщательно отмывать от продуктов реакции.

3. Поясните процессы, происходящие во всех пробирках с веществом тёмно-коричневого цвета при добавлении химических реактивов, которые ученик применил для мытья пробирок. Ответ подтвердите уравнениями химических реакций.

4. Рассчитайте массу кристаллов дигидрата щавелевой кислоты, которая необходима для того, чтобы растворить 0,10 г вещества тёмно-коричневого цвета, находящегося на поверхности пробирки в описанной ситуации.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№п/п** | **Этапы решения** | **Кол-во баллов** |
| 1 | Получение кислорода из перманганата калия в лаборатории привело к образованию манганата калия (соль, раствор которой имеет зелёный цвет) и оксида марганца (IV) (нерастворим в воде, тёмно-коричневого цвета). | 4 |
| 2 | Приведено уравнение реакции получения кислорода из перманганата калия.  tоС  2KMnO4 = K2MnO4 + MnO2 + O2↑  манганат калия | 2 |
| 3 | Составлены уравнения реакций, соответствующие описанной ситуации (по 3 балла за каждое уравнение реакции) и указано на отсутствие взаимодействии я пероксида водорода с гидроксидом натрия (2 балла).  При действии растворами кислот происходит растворение осадка тёмно-коричневого цвета – MnO2:  MnO2 + 4HCl = MnCl2 + Cl2 + 2H2O  MnO2 + H2C2O4 + H2SO4 = MnSO4 + 2CO2↑ + 2H2O  MnO2 выступает в качестве катализатора при разложении пероксида водорода:  MnO2  2H2O2 = 2H2O + O2↑.  H2O2 + NaOH | 8 |
| 4 | Рассчитана масса кристаллов дигидрата щавелевой кислоты.  MnO2 + H2C2O4‧2H2O + H2SO4 = MnSO4 + 2CO2 + 4H2O  n(MnO2) = 0,10 г: **86,94 г/моль = 0,0012 моль (1 балл)**  n(H2C2O4‧2H2O) = n(MnO2) = **0,0012 моль (1 балл)**  **m(**H2C2O4‧2H2O) = **0,0012 моль ‧ 126,06 г/моль = 0,15 г (1 балл)** | 6 |
| **20 баллов** | | |