Настаўніцкая газета
№ 24 (8886), 29 сакавіка 2024 года

Процессы и свойства

В централизованном экзамене (ЦЭ) по химии в 2023 г. приняли участие 2881 выпускник в основной день и 2 выпускника в резервный день. Максимальный балл (100) получили 155 выпускников; самый низкий балл (1) – двое выпускников.

В структуре экзаменационной работы 2023 года произошли следующие изменения:

– уменьшилось общее количество тестовых заданий в одном варианте до 38 (ЦТ–2022 – 44);

– уменьшилось количество заданий в части А до 16 (ЦТ-2022 – 28);

– увеличилось количество заданий в части В до 22 (ЦТ-2022 – 16);

– в часть А были включены два задания (А1 и А2) с множественными вариантами ответов.

Как и в предыдущие годы, с помощью тестовых заданий, предложенных на ЦЭ-2023, проверялось владение учебным материалом по двум разделам: *Неорганическая химия* (задания А1–А12 и В5–В22) и *Органическая химия* (задания А13–А16 и В1–В4). Проанализируем результаты выполнения экзаменационных заданий по разделам.

Неорганическая химия

Первые семь заданий части А были направлены на проверку у экзаменуемых базовых знаний по темам «Строение атома, периодический закон и периодическая система химических элементов» (А2–А5), а также «Химическая связь и строение вещества» (А1, А6, А7).

Большинство участников ЦЭ (93 %) справились с заданием А4, выявляющим уровень усвоения знаний об электронной конфигурации атома и умений определять, является указанный элемент металлом или неметаллом.

С высоким показателем, равным 89 %, также было выполнено задание А1, с помощью которого проверялась сформированность таких учебных элементов знаний, как *атом, ион, анион, катион*. Из предложенного списка частиц необходимо было выбрать анионы.

Почти 80 % экзаменуемых показали высокий результат при проверке знаний о щелочных металлах в задании А2 и столько же при определении массового числа одного из нуклидов химического элемента в задании А3. Вместе с тем более 14 % испытуемых вместо щелочных металлов отметили щелочноземельные; 7 % допустили ошибку, выбрав металлы бериллий и магний. Это значит, что пятая часть участников ЦЭ не имела четкого представления, какие металлы относятся к щелочным. При выборе массового числа элемента с указанным количеством нейтронов в атоме (задание А3) наиболее привлекательным для тестируемых был дистрактор, соответствующий относительной атомной массе этого элемента (см. периодическую систему химических элементов).

Понимание периодичности изменения свойств атомов химических элементов проверялось посредством задания А5 (средний процент выполнения – 72). Участникам ЦЭ необходимо было сравнить радиусы атомов пяти различных элементов и выбрать атом с наименьшим радиусом. Третья часть испытуемых ответили неверно.

Умение определять тип химической связи в веществах определялось с помощью задания А6. Результаты тестирования показали, что этим умением овладели 79 % выпускников. Анализ статистических данных выполнения задания свидетельствует, что 9 % выпускников, выполнявших 3, 4, 5 варианты, неверно определили связь в кислоте как ионную, 10 % выпускников, выполнявших 1 и 2 варианты, не смогли верно определить тип связи между металлом и неметаллом. Вероятнее всего, причиной допущенных ошибок явилось отсутствие у испытуемых представления об ионной и ковалентной полярной связях, о разнице между данными типами химических связей.

Результаты статистической информации подтверждают, что базовым учебным материалом о строении атома, химической связи, свойствах химических элементов и образуемых ими простых веществ овладела большая часть участников ЦЭ. Допущенные ошибки экзаменуемых, скорее всего, связаны с непониманием сущности причинно-следственной связи между строением атома химического элемента и его положением в периодической системе.

Практико-ориентированные задания А8–А10, В8 и В10 содержали смоделированный химический эксперимент и позволили проверить знания выпускников, необходимые для безопасного обращения с веществами и простейшим лабораторным оборудованием. Приведем пример задания из варианта 1.

А8. С помощью прибора, изображенного на рисунке, целесообразно разделять смесь:

1) воды и бромида бария ;
2) мраморной крошки и сахара;
3) воды и нефти;
4) воды и хлороводорода ;
5) воды и глюкозы.

Анализ результатов выполнения задания показал, что более 88 % экзаменуемых понимали, с какой целью следует использовать делительную воронку, и выбрали ответ, соответствующий разделению несмешивающихся жидкостей (воды и растительного масла, воды и нефти, воды и бензина). Именно этот процесс изображен на рисунке 2, с. 8 учебного пособия по химии для 11 класса. Неверные ответы выпускников, скорее всего, связаны с недостаточным пониманием предназначения лабораторного оборудования, показанного на рисунке, или низким уровнем знаний о физических свойствах приведенных веществ.

С самым низким процентом, равным 61, в части А было выполнено задание А9. С его помощью выявлялись знания о способах получения щелочей и их влиянии на индикатор фенолфталеин. Приведем пример такого задания из 4 варианта и статистику его выполнения.

А9. Водный раствор фенолфталеина окрасится, если к нему добавить:

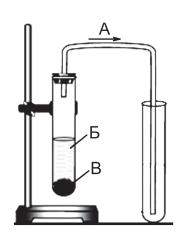
1) PbO – 1,78 %;
2) KBr – 4,09 %;
3) $Zn(OH)_2$ – 36,3 %;
4) **Li_2O** – 46,44 %;
5) HI – 12,1 %.

Для получения верного ответа испытуемые должны были владеть такими понятиями, как *индикатор*, *кислота*, *основание*, *щелочь*, *соль*, формирование которых начинается в 7 классе и продолжается на протяжении всего курса химии в УОСО. Поскольку данный учебный материал является базовым для формирования системных химических знаний, в учебные программы 7–11 классов включены лабораторные опыты и практические работы, содержание которых предполагает исследование влияния индикаторов на растворы электролитов. Всего таких работ восемь: три в программе 7 класса, две в программе 11 и по одной работе в программах 8–10 классов. Несмотря на это, почти 40 % выпускников не справились с заданием А9. Свыше 14 % экзаменуемых сделали выбор в пользу кислоты или кислотного оксида, не изменяющих окраску водного раствора фенолфталеина. Остальные случаи выбора неверных ответов пришлись на растворимые соли.

Задание А10 было направлено на проверку знаний о способах экспериментального подтверждения наличия в сосуде газа водорода. Данный материал изучается в курсе химии 7 класса и актуализируется в 11 классе. Это позволило 80 % экзаменуемых верно определить, что легким хлопком сопровождается горение чистого водорода. Среди наиболее часто ошибочно выбранных ответов были газы аммиак, оксид серы(IV) и др.

Посредством задания В8 удалось определить сформированность знаний и умений, необходимых для получения газа кислорода в лаборатории. Приведем пример.

В8. На рисунке изображен прибор для получения и собирания газа.
Установите соответствие между буквой на рисунке и названием вещества:
1) водород;
2) катализатор оксид марганца(IV);
3) кислород;
4) вода;
5) пероксид водорода (р-р).



Вещества, обозначенные на рисунке, верно определили почти 56 % участников экзамена. Вместе с тем более 14 % экзаменуемых не знали, какой газ является продуктом реакции, и выбрали ответ водород. Их не смутило, что рисунок иллюстрирует собирание более тяжелого, чем воздух, газа. Владение методами собирания газов в лаборатории могло поспособствовать выбору правильного ответа.

Таким образом, можно предположить, что ошибки, допущенные выпускниками в заданиях, построенных на основе эксперимента, обусловлены недостаточной отработкой умений в процессе лабораторной практики или отсутствием опыта реальной экспериментальной деятельности в УОСО.

С помощью заданий А11–А12 проверялось усвоение учебного материала об областях практического использования неорганических соединений. Около 80 % испытуемых успешно справились с заданием А11, поскольку знали, что к селитрам – широко применяемым в сельском хозяйстве азотным удобрениям – относят нитраты аммония, щелочных и щелочно-земельных металлов. Однако более 12 % экзаменуемых ошиблись, указав в качестве селитры мочевину, сульфат или хлорид аммония. Выполняя задание А12, почти 62 % участников экзамена выбрали правильную схему реакции, соответствующую процессу алюмотермии. При этом 14 % выпускников ошибочно отнесли к алюмотермии схему термического сплавления оксида алюминия с карбонатами. Частота выбора остальных вариантов ответа приблизительно одинакова.

Задания В6 и В7 были направлены на выявление знаний по теме «Основные классы неорганических соединений». Средний показатель выполнения задания В6 равен 66 %. Более 11 % участников ЦЭ допустили ошибки в реакциях между растворами солей и растворами кислот. Около 8 % экзаменуемых для превращения фосфата железа(II) в соответствующий хлорид указали в качестве реагента хлорид кальция, несмотря на то, что данная реакция не протекает. Вероятно, они забыли, что нерастворимый фосфат железа(II) не реагирует с другими солями. Свыше 13 % участников экзамена посчитали возможными реакции между сульфатом натрия и соляной кислотой, а также азотной кислотой и хлоридом аммония.

Фото Олега ИГНАТОВИЧА.
Снимок используется в качестве иллюстрации.

Целью задания В7 (средний процент выполнения – 56) была проверка знаний химических свойств оксидов щелочных металлов. Сопоставляя показатели статистики и содержание задания, можно предположить, что наличие в списке реагентов амфотерного оксида снизило процент выполнения достаточно стандартного для курса химии УОСО вопроса.

Понимание закономерностей возникновения и протекания химических реакций оценивалось с помощью заданий В11–В12. Задание В11 (средний процент выполнения – 68) позволило проверить уровень усвоения тестируемыми учебного материала о влиянии внешних факторов на скорость химической реакции. Наиболее распространенной при выполнении этого задания оказалась ошибка в прогнозировании влияния изменения концентрации реагента на скорость реакции.

Посредством задания В12 выявлялось знание процессов, происходящих в обратимой реакции, и факторов, ведущих к смещению равновесия. Приведем пример.

В12. Установите соответствие между обратимой реакцией и направлением смещения равновесия в результате повышения давления.

А) $2NO_2$ (г) ⇔ N_2O_4 (г) + *Q* Б) CO (г) + Cl_2 (г) ⇔ $COCl_2$ (г) + *Q* В) 2NOCl (г) ⇔ 2NO (г) + Cl_2 (г) – *Q* Г) H_2S (г) ⇔ H_2 (г) + S (ж) – *Q*	1) влево 2) вправо 3) НЕ смещается

Ответ запишите в виде сочетания букв и цифр, соблюдая алфавитную последовательность букв левого столбца, **например: А1Б2В3Г3**.

Правильный ход рассуждений выбрали почти 63 % испытуемых и получили верный ответ. Наиболее распространенная в данном задании ошибка связана с уравнением реакции Г. Около 6 % экзаменуемых, видимо, невнимательно прочли задание и не учли, что сера в данном задании представлена в жидкой фазе. Это значит, что химические количества реагентов и продуктов в газовой фазе одинаковы, следовательно, давление не смогло повлиять на смещение равновесия в данной реакции.

Умение составлять уравнения реакций, протекающих в растворах, в том числе в ионном виде, проверялось с помощью заданий В13 и В14. В задании В13 требовалось записать молекулярные и полные ионные уравнения, затем подсчитать сумму коэффициентов в правой части уравнения. Половина экзаменуемых выполнила это задание верно. Ошибки в основном связаны с образованием гидроксида бария: либо участники экзамена посчитали это вещество слабым электролитом, либо не учли образование двух гидроксид-ионов при его диссоциации. Кроме того, некоторые тестируемые ошиблись в реакциях, продуктами которых были малорастворимые вещества, так как представили их в виде отдельных ионов.

В задании В14 надо было определить вещество, необходимое для обнаружения ионов, существующих в водных растворах указанных электролитов. Правильный ответ получили около 62 % экзаменуемых. Почти 10 % участников ЦЭ не смогли выбрать реагент для определения кислоты.

Знание свойств классов неорганических соединений, а также умение рассчитывать молярную массу вещества помогло 40 % участников экзамена успешно справиться с заданием В15, содержащим цепочку превращений кальцийсодержащих веществ. При этом почти 35 % экзаменуемых не учли образование кислой соли в реакции гидроксида или оксида кальция с избытком углекислого газа в водном растворе, 5 % выпускников допустили ошибки в расчете молярной массы вещества.

Результаты анализа итогов выполнения экзаменационных (тестовых) заданий по неорганической химии свидетельствуют, что наиболее сложным для выпускников 2023 года явился учебный материал по темам «Химические реакции», «Растворы», «Получение и химические свойства основных классов неорганических соединений».

Органическая химия

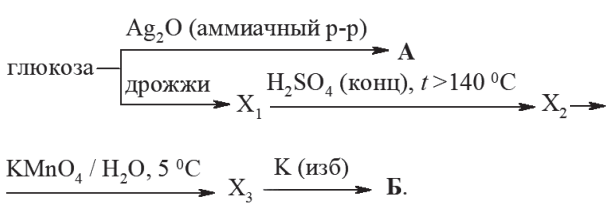
Раздел «Органическая химия» на ЦЭ был представлен заданиями, с помощью которых проверялись наиболее значимые элементы знаний, включающие химическое строение, классификацию, номенклатуру, характерные химические свойства, способы получения и применение органических соединений. Усвоение учебного материала по данному разделу продемонстрировали около 71 % участников экзамена.

С наиболее высоким показателем было выполнено задание А15 – почти 93 % выпускников подтвердили свои знания об элементном составе полипептидов.

С наименьшим процентом, равным 36, в разделе «Органическая химия» было выполнено задание В3. Каждый десятый участник экзамена вообще не определился с ответом. Задание представляло собой цепочку превращений, с помощью которой осуществлялась проверка знаний о взаимосвязи между важнейшими классами органических соединений. Кроме того, экзаменуемым в задании необходимо было определить, молекулярное или немолекулярное строение имеет указанное в задании вещество, затем рассчитать его молярную массу. Можно предположить, что именно необходимость свободного владения большим объемом материала различных тем, разнообразие требуемых для выполнения действий и стали причиной невысокого результата. Анализ ответов выпускников выявил допущенные ошибки. Проанализируем некоторые из них.

Задание В3, вариант 2.

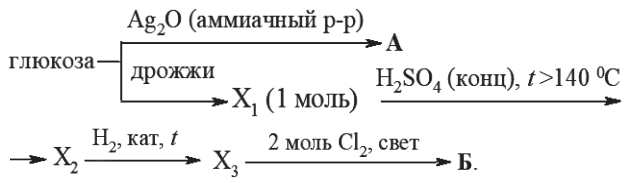
В3. Определите сумму молярных масс (г/моль) органических веществ **А** и **Б**, полученных в результате следующих превращений (**А** имеет молекулярное строение):



В процессе записи уравнений реакций в данной цепочке некоторые экзаменуемые неверно предположили, что в превращении X_1 (этанол) в X_2 концентрированная серная кислота, являясь окислителем, превращает этанол в этаналь (X_2), который затем превращается в этановую кислоту (X_3) и далее – в этаноат калия. На практике при температуре выше 140 ^{0}C серная кислота, выполняя роль водоотнимающего средства, превращает этанол (X_1) в этилен (X_2), который затем в указанных условиях образует этиленгликоль (X_3). Продуктом Б, полученным в результате полного замещения атомов водорода в молекуле этиленгликоля на калий, является $CH_2OK – CH_2OK$.

Задание В3, вариант 3.

В3. Определите сумму молярных масс (г/моль) органических веществ А и Б, полученных в результате следующих превращений (А имеет молекулярное строение):



При переходе от X_3 к Б некоторые выпускники, выполнявшие данный вариант, не обратили внимание на коэффициент 2 перед реагентом Cl_2 и получили неправильный ответ – хлорэтан вместо дихлорэтана (продукт замещения в молекуле этана двух атомов водорода на атомы хлора).

Таким образом, можно сделать вывод, что при изучении данного материала не все участники ЦЭ детально изучили химические свойства органических соединений, уделив должное внимание условиям осуществления химических реакций.

Умение анализировать модели молекул органических соединений немаловажно для понимания строения и свойств веществ. Задание А13 было составлено с использованием изображений моделей веществ, изучаемых в рамках программы по химии 10 класса базового уровня для УОСО. При выполнении задания испытуемым необходимо было выбрать модель молекулы углеводорода, содержащего только одинарные связи. Воспроизвести знакомый из учебного пособия материал смогли около 87,58 % участников экзамена. Вместе с тем при выполнении задания были допущены ошибки. Так, около 4 % экзаменуемых в качестве ответа выбрали этилен; около 6 % выполнявших 1, 3 и 5 варианты ошибочно указали на бензол; а 4 % выпускников, которые решали 2 и 4 варианты, отметили бутадиен-1,3, что было также неверно.

Задание А14 было направлено на проверку знаний о составе мыла как смеси широко применяемых солей высших карбоновых кислот. Процент выполнения задания составил более 78,5. Чаще других неверных ответов в нем встречается указание формулы высшей карбоновой кислоты вместо формулы ее соли.

В задании А16 требовалось из перечня различных азотсодержащих веществ выбрать первичный амин. Для выполнения указанного задания нужно было четко разграничить классы аминокислот и аминов. Также необходимо было понимать, что анилин – производное аммиака, в молекуле которого один атом водорода замещен на углеводородный радикал фенил. Поэтому анилин относят к первичным аминам. Две трети участников экзамена верно выполнили задание. Однако каждый пятый испытуемый вместо формулы первичного амина отметил формулу аминокислоты. Около 40 % участников ЦЭ, которые решали варианты 3 и 4, не выбрали в качестве первичного амина молекулу анилина. Это свидетельствует о том, что сведения о функциональных группах веществ классов аминов и аминокислот каждым третьим участником экзамена усвоены не в полной мере.

Посредством задания В1 выявлялись знания общих формул гомологических рядов важнейших классов органических соединений, а также умения составлять формулы веществ по их названиям с применением систематической номенклатуры ИЮПАК. С ним справились почти 72 % выпускников. Самой распространенной ошибкой при выполнении задания стало отнесение насыщенного одноатомного спирта к гомологическому ряду насыщенных альдегидов.

Задание В2 было предложено для проверки знаний о строении и номенклатуре полимеров. Испытуемым необходимо было найти соответствие между систематическим или тривиальным названием мономера и формулой полученного из него полимера. Около 72 % выпускников получили верный ответ. При этом около 14 % участников ЦЭ, которые решали варианты 1 и 3, не знали, из каких веществ получают полиэфирное волокно лавсан. Кроме того, на результативность выполнения задания повлиял выбор номенклатур (тривиальная или номенклатура ИЮПАК). В частности, мономер под систематическим названием бутадиен-1,3 верно соотнесли с соответствующим полимером почти 88 % испытуемых. Аналогичное задание, предложенное с тривиальным названием мономера изопрен, было выполнено 58 % экзаменуемых. Отсюда следует, что при подготовке к ЦЭ следует уделять особое внимание умению называть вещества не только по номенклатуре ИЮПАК, но и с применением тривиальной номенклатуры.

Выполнение задания В4 предполагало моделирование химических процессов и знание свойств и способов получения веществ на основе их состава и строения. С ним справились свыше 63 % участников экзамена. Наиболее распространенная ошибка связана с уравнением окисления спирта оксидом меди(II). Экзаменуемые посчитали продуктом реакции не альдегид, а карбоновую кислоту.

По итогам ЦЭ следует отметить, что в рамках раздела «Органическая химия» большинство участников экзамена имели представление об основных положениях теории строения органических соединений, называли вещества в соответствии с систематической номенклатурой ИЮПАК, знали основные способы получения классов органических соединений, химические свойства и области применения.

Вместе с тем экзаменуемые испытывали затруднения в интеграции материала различных тем, затруднения при записи уравнений реакций между одними и теми же реагентами, но в различных условиях. Неверно использовали тривиальные названия веществ.

Перечень типовых расчетов по химии

Умение проводить типовые расчеты и решать составленные на их основе задачи проверялось посредством семи заданий открытого типа (В16–В22). Задачи были сконструированы на основе алгоритмов решений, которые имеются в учебных пособиях по химии, допущенных Министерством образования Республики Беларусь. Кроме того, в экзаменационной (тестовой) работе присутствовали теоретические задачи, направленные на проверку знаний с использованием расчетов (В4, В10).

С наиболее высокими показателями были решены задачи В16 и В17 (52 % и более 56 % соответственно). Задание В16 включает вычисление химического количества газа (н. у.) по его объему и расчеты по термохимическим уравнениям. Приведем пример.

В16. В результате полного сгорания этилена, протекавшего по схеме:

C_2H_4 (г) + O_2 (г) → CO_2 (г) + H_2O (г) + Q,

образовался углекислый газ объемом (н. у.) 235,2 дм^3. При этом выделилось 9100 кДж теплоты. Найдите количество теплоты (кДж), которая выделится при сгорании 1 моль этилена в соответствии с уравнением реакции.

Решение:

1) Найдем химическое количество углекислого газа, образующегося в реакции:

$n = V / V_m$, $n(CO_2)$ = 235,2 дм^3 : 22,4 дм^3/моль = 10,5 моль.

2) Рассчитаем химическое количество этилена, вступающего в реакцию:

x моль 10,5 моль

C_2H_4 (г) + $3O_2$ (г) → $2CO_2$ (г) + $2H_2O$ (г) + Q,

1 моль 2 моль

x = 5,25 моль.

3) Определим количество теплоты, которое выделится при сгорании 1 моль этилена:

5,25 моль 9100 кДж

C_2H_4 (г) + $3O_2$ (г) → $2CO_2$ (г) + $2H_2O$ (г) + Q,

1 моль x кДж

x = 1733, Q = 1733 кДж.

Ответ: 1733.

Алгоритмы решения подобных расчетов предлагаются на страницах § 19 (Химия : учеб. пособие для 11-го кл. учреждений общ. сред. образования / Д. И. Мычко [и др.] ; под ред. Т. Н. Воробьевой. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2021).

Задание В17 включено в экзамен для проверки умения расставлять коэффициенты в уравнениях окислительно-восстановительных реакций и проводить по ним вычисления массы по известному объему (для газов, при н. у.) одного из вступивших в реакцию или полученных веществ. Рассмотрим решение одной из предложенных на экзамене задач.

В17. Взаимодействие хлорной кислоты с углеродом протекает по схеме:

$HClO_4 + C → Cl_2 + CO_2 + H_2O$.

В результате реакции выделилось 32,48 дм^3 оксида углерода(IV). Вычислите массу (г) вступившего в реакцию окислителя.

Решение:

1) Найдем химическое количество углекислого газа, образующегося в реакции:

$n = V/V_m$, $n(CO_2)$ = 32,48 дм^3 : 22,4 дм^3/моль = 1,45 моль.

2) Запишем уравнение реакции и вычислим массу окислителя:

x моль 1,45 моль

$4HClO_4 + 7C → 2Cl_2 + 7CO_2 + 2H_2O$, окислитель – $HClO_4$

4 моль 7 моль

x = 0,829 моль.

3) Рассчитаем массу окислителя:

$M(HClO_4)$ = 100,5 г/моль;

$m(HClO_4)$ = 0,829 моль · 100,5 г/моль = 83,3, или 83 г.

Ответ: 83.

Алгоритмы подобных расчетов предлагаются в § 5 (Химия : учеб. пособие для 9-го кл. учреждений общ. сред. образования / И. Е. Шиманович [и др.] ; по ред. И. Е. Шиманович. – Минск : Нар. асвета, 2019).

Целью включения в экзаменационный (тестовый) материал задания В18 является проверка умений проводить расчеты количества вещества по его массе и массы вещества по его количеству, рассчитывать массовую долю вещества в смеси. Данную задачу решили около 34,6 % участников ЦЭ. Приведем решение такой задачи.

В18. В результате полного восстановления водородом 51,6 г смеси никеля и оксида никеля(II) было получено 45,2 г твердого остатка. Определите массовую долю (%) металлического никеля в исходной смеси.

Решение:

1) Запишем уравнение протекающей реакции и вычислим количество кислорода в оксида никеля(II):

$NiO + H_2 = Ni + H_2O$.

Изменение массы смеси – масса элемента кислорода в составе оксида никеля(II):

$m(O)$ = 51,6 г – 45,2 г = 6,4 г;

$n = m / M$, $n(O)$ = 6,4 г : 16 г/моль = 0,4 моль.

► ► ► 26 стар.

Настаўніцкая газета
№ 24 (8886), 29 сакавіка 2024 года

Процессы и свойства

◄ ◄ ◄ 25 стар.

2) Рассчитаем массу оксида никеля.

Поскольку в 1 формульной единице NiO содержится 1 атом кислорода, то

$n(NiO) = n(O) = 0{,}4$ моль;

$m(NiO) = 0{,}4$ моль · 75 г/моль = 30 г.

3) Определим массовую долю никеля в исходной смеси:

$$w(Ni) = \frac{m(\text{смеси}) - m(NiO)}{m(\text{смеси})}$$

$$w(Ni) = \frac{51{,}6 - 30}{51{,}6} = 0{,}419 \text{ или } 42\%$$

Ответ: 42.

Примеры подобных расчетов предлагаются на страницах § 1, 5 (Химия : учеб. пособие для 11-го кл. учреждений общ. сред. образования / Д.И. Мычно [и др.] ; под ред. Т. Н. Воробьевой. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2021); § 6 (Химия : учеб. пособие для 8-го кл. учреждений общ. сред. образования / И. Е. Шиманович [и др.] ; под ред. И. Е. Шимановича. – Минск : Нар. асвета, 2018), а также на страницах § 4, пример 1 (Сборник задач по химии : учеб. пособие для 7-го кл. учреждений общ. сред. образования / под ред. В. Н. Хвалюка. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2019).

Задание В19 предполагает вычисление по химическим уравнениям массы по известной массе одного из вступивших в реакцию или полученных веществ. Указанное задание верно решили 31,36 % участников ЦЭ. Приведем пример.

В19. Медную стружку массой 16 г при нагревании растворили в избытке концентрированной серной кислоты. Полученный газ полностью поглотили раствором гидроксида стронция в мольном соотношении 1 : 1 соответственно. Рассчитайте, на сколько увеличилась масса (г) сосуда, содержавшего щелочь, в результате протекания реакции.

Решение:

1) Найдем химическое количество меди, вступившей в реакцию:

$M(Cu) = 64$ г/моль;

$n = m/M$, $n(Cu) = 16$ г : 64 г/моль = 0,25 моль.

2) Запишем уравнения протекающих реакций и определим состав образовавшейся соли:

$$\overset{0{,}25\text{ моль}}{Cu} + 2H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + \underset{1\text{ моль}}{\overset{x\text{ моль}}{SO_2}} + 2H_2O$$

$$\underset{1\text{ моль}}{Cu} \qquad \underset{1\text{ моль}}{SO_2}$$

x = 0,25 моль.

Кислая соль в данном случае не образуется, так как по условию задачи реагенты вступают в реакцию в соотношении 1 : 1, что соответствует реакции образования средней соли.

$$\underset{1\text{ моль}}{SO_2} + Sr(OH)_2 \rightarrow \underset{1\text{ моль}}{SrSO_3} + H_2O$$

3) Определим, на сколько увеличилась масса сосуда.

Масса сосуда увеличивается на массу поглощенного раствором газа:

$m(SO_2) = 0{,}25$ моль · 64 г/моль = 16 г.

Ответ: 16.

Алгоритмы решения подобных расчетов предлагаются в § 9, 23 (Химия : учеб. пособие для 8-го кл. учреждений общ. сред. образования / И. Е. Шиманович [и др.] ; под ред. И. Е. Шимановича. – Минск : Нар. асвета, 2018); § 5 (Химия : учеб. пособие для 11-го кл. учреждений общ. сред. образования / Д. И. Мычко [и др.] ; под ред. Т. Н. Воробьевой. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2021).

Задание В20 позволило проверить умение осуществлять расчеты по химическим уравнениям, если одно из реагирующих веществ взято в избытке. Верно решили это задание около 30 % экзаменуемых. Приведем один из способов решения такой задачи.

В20. Смешали равные массы хлороводородной кислоты с массовой долей хлороводорода 7 % и раствора нитрата серебра(I) с массовой долей соли 36 %. Рассчитайте массовую долю (%) образовавшейся кислоты в растворе после полного завершения реакции.

Решение:

1) Найдем химические количества веществ, вступающих в реакцию.

Пусть массы смешиваемых растворов равны 100 г.

$n = m / M$, $m(\text{в-ва}) = m(\text{р-ра}) \cdot w$; $M(HCl) = 36{,}5$ г/моль;

$$n(HCl) = \frac{m_{\text{р-ра}}(HCl) \cdot w(HCl)}{M(HCl)},\ n(HCl) = \frac{100 \text{ г} \cdot 0{,}07}{36{,}5 \text{ г/моль}} = 0{,}192 \text{ моль}.$$

$M(AgNO_3) = 170$ г/моль;

$$n(AgNO_3) = \frac{m_{\text{р-ра}}(AgNO_3) \cdot w\ (AgNO_3)}{M(AgNO_3)};$$

$$n(AgNO_3) = \frac{100 \text{ г} \cdot 0{,}36}{170 \text{ г/моль}} = 0{,}212 \text{ моль}.$$

2) Запишем уравнение протекающей реакции и рассчитаем массы продуктов.

В данном случае $AgNO_3$ ($n = 0{,}212$ моль) находится в избытке, HCl ($n = 0{,}192$ моль) в недостатке, расчет ведем по недостатку:

Снимок используется в качестве иллюстрации.

Фото Олега ИГНАТОВИЧА.

$$AgNO_3 + \overset{0{,}192\text{ моль}}{HCl} = \overset{y\text{ моль}}{AgCl} + \overset{x\text{ моль}}{HNO_3}$$

$$\underset{1\text{ моль}}{HCl} \qquad \underset{1\text{ моль}}{AgCl} \qquad \underset{1\text{ моль}}{HNO_3}$$

x = y = 0,192 моль,

$M(AgCl) = 36{,}5$ г/моль,

$m(AgCl) = 0{,}192$ моль · 143,5 г/моль = 27,55 г;

$M(HNO_3) = 63$ г/моль,

$m(HNO_3) = 0{,}192$ моль · 63 г/моль = 12,096 г.

$$w(HNO_3) = \frac{m(HNO_3)}{m_{\text{раств}}(HCl) + m_{\text{раств}}(AgNO_3) - m(AgCl)};$$

$$w(HNO_3) = \frac{12{,}096 \text{ г}}{100 \text{ г} + 100 \text{ г} - 27{,}55 \text{ г}} = 0{,}07, \text{ или } 7\%.$$

Ответ: 7.

С проведением подобных расчетов можно ознакомиться в § 13 (Химия : учеб. пособие для 9-го кл. учреждений общ. сред. образования / И. Е. Шиманович [и др.] ; под ред. И. Е. Шимановича. – Минск : Нар. асвета, 2019); § 9, примеры 15–16 (Сборник задач по химии : учеб. пособие для 8-го кл. учреждений общ. ср. образования. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2019).

Задание В21 включало расчеты по химическим уравнениям с учетом практического выхода продукта реакции. Средний процент выполнения задания всеми участниками ЦЭ составил почти 40. Рассмотрим решение такой задачи.

В21. Для производства чугуна был использован магнетит массой 240 кг с массовой долей Fe_3O_4 92,8 % (других железосодержащих веществ в руде не содержалось). Определите массу (кг) полученного чугуна с массовой долей железа 96 %, если выход продукта составляет 84 %.

Решение:

1) Рассчитаем массу и химическое количество чистого Fe_3O_4:

$M(Fe_3O_4) = 232$ г/моль;

$$w(Fe_3O_4) = \frac{m(Fe_3O_4)}{m_{\text{магнетита}}},\ m(Fe_3O_4) = w(Fe_3O_4) \cdot m_{\text{магнетита}};$$

$m(Fe_3O_4) = 0{,}928 \cdot 240$ кг = 222,72 кг = 222 720 г;

$$n(Fe_3O_4) = \frac{m(Fe_3O_4)}{M(Fe_3O_4)} = \frac{222\,720 \text{ г}}{232 \text{ г/моль}} = 960 \text{ моль}.$$

2) Вычислим теоретическую массу железа.

Поскольку в условии задачи не указан способ получения железа из его оксида, расчеты теоретической массы железа проводим по схеме:

$$\overset{960\text{ моль}}{Fe_3O_4} \rightarrow \overset{x\text{ моль}}{3Fe}$$

$$\underset{1\text{ моль}}{Fe_3O_4} \qquad \underset{3\text{ моль}}{3Fe}$$

x = 960 моль · 3 = 2880 моль;

$m_{\text{теор}}(Fe) = 2880 \cdot 56$ г/моль = 161 280 г.

3) Рассчитаем массу полученного железа с учетом его практического выхода:

$m_{\text{практ}}(Fe) = m_{\text{теор}}(Fe) \cdot ń$,

$m_{\text{практ}}(Fe) = 161\,280$ г · 0,84 = 135 475 г.

4) Определим массу полученного чугуна:

$$m_{\text{чугуна}} = \frac{m(Fe)}{w(Fe \text{ в чугуне})} = \frac{135\,475 \text{ г}}{0{,}96} = 141\,120 \text{ г} = 141 \text{ кг}.$$

Ответ: 141.

Подобные задачи приводятся на страницах § 39 (Химия : учеб. пособие для 9-го кл. учреждений общ. сред. образования / И. Е. Шиманович [и др.] ; под ред. И. Е. Шимановича. – Минск : Нар. асвета, 2019); § 39, пример 13 (Сборник задач по химии : учеб. пособие для 9-го кл. учреждений общ. сред. образования / под ред. В. Н. Хвалюка. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2020); § 40 (Химия : учеб. пособие для 11-го кл. учреждений общ. сред. образования / Д. И. Мычко [и др.] ; под ред. Т. Н. Воробьевой. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2021).

Задание В22 (процент выполнения – около 40) позволило проверить умения проводить вычисление массовой доли компонента в смеси, анализировать результаты мысленного эксперимента, а также провести контроль знаний о химических свойствах металлов и их соединений в зависимости от положения в ряду активности. Предлагаем один из способов решения такой задачи.

В22. Для определения состава латуни (сплав меди с цинком) к ее образцу массой 19 г сначала добавили избыток азотной кислоты, затем – избыток цинкового порошка, затем – избыток соляной кислоты, причем каждый последующий реагент добавляли после завершения реакции с предыдущим. В результате всех превращений получили бесцветный раствор и осадок массой 12 г. Вычислите массовую долю (%) меди в латуни.

Решение:

На результат расчетов в задаче не влияет концентрация азотной кислоты. В общем виде превращения металлов и их соединений в реакции с азотной кислотой можно представить схематично.

1) Составим схемы и уравнения протекающих реакций и определим массу меди в исходном образце латуни:

$Cu \rightarrow Cu(NO_3)_2$;

$Zn \rightarrow Zn(NO_3)_2$;

$Zn + Cu(NO_3)_2 = Zn(NO_3)_2 + Cu$;

$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$.

Полученный в результате всех превращений осадок представляет собой медь массой 12 г, которая содержалась в латуни. Схема, по которой протекали реакции с медьсодержащими веществами:

$$Cu \xrightarrow{HNO_3} Cu(NO_3)_2 \xrightarrow{Zn} Cu.$$

2) Вычислим массовую долю меди в образце латуни.

$$w(\text{Cu в латуни}) = \frac{m(Cu)}{m_{\text{латуни}}} = \frac{12 \text{ г}}{19 \text{ г}} = 0{,}632, \text{ или } 63\%.$$

Ответ: 63.

Примеры подобных расчетов приведены в § 4 (Химия : учеб. пособие для 7-го кл. учреждений общ. сред. образования / И. Е. Шиманович [и др.] ; под ред. И. Е. Шимановича. – Минск : Нар. асвета, 2017); § 9, 23 (Химия : учеб. пособие для 8-го кл. учреждений общ. сред. образования / И. Е. Шиманович [и др.] ; под ред. И. Е. Шимановича. – Минск : Нар. асвета, 2018); §1, 40 (Химия : учеб. пособие для 11-го кл. учреждений общ. сред. образования / Д. И. Мычко [и др.] ; под ред. Т. Н. Воробьевой. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2021).

На основании проведенного анализа можно утверждать, что самым сложным для участников ЦЭ был материал, который требует системных знаний о свойствах веществ и понимания протекания химических процессов, особенно в рамках смоделированного химического эксперимента. Также экзаменуемые испытывали затруднения при решении расчетных задач по химии. Не все выпускники умели эффективно использовать при выполнении заданий информацию справочных материалов, разрешенных на экзамене.

Материал подготовлен Республиканским институтом контроля знаний.