Вникнуть в химические процессы

Централизованный экзамен (ЦЭ) по химии, в котором приняли участие 2572 выпускника, проходил 27 мая 2024 г. Средний тестовый балл составил 63,82. Абсолютный результат (100 баллов) показал 31 человек. В текущем году с помощью тестовых заданий проверялось усвоение учебного материала по двум разделам: *Общая и неорганическая химия* (задания А1–А12 и В5–В22) и *Органическая химия* (задания А13–А16 и В1–В4). Проанализируем результаты выполнения экзаменационных заданий по разделам.

Раздел «Общая и неорганическая химия» содержал 12 заданий (А1–А12) в части А и 18 заданий в части В (В5–В22). Как и в предыдущем году, задания А1–А4 были ориентированы на проверку усвоения у тестируемых базовых понятий по темам: «Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева», «Строение атома», «Химическая связь». Свыше 86% экзаменуемых успешно справились с заданиями, продемонстрировав отличное владение учебным материалом.

Однако некоторая часть выпускников, несмотря на то, что в периодической системе металлы и неметаллы разграничены ломаной линией, а *s-, p-, d-, f*-элементы отмечены разной цветовой гаммой, не сумели правильно указать *p*-элементы-неметаллы в задании А1. При этом 12% экзаменуемых ошибочно отнесли к р-элементам гелий, который, находясь в одном периоде с водородом, является *s*-элементом.

Кроме того, пятая часть участников экзамена неверно определила элементы, имеющие электронно-графическую схему, представленную в задании А2. Например, в варианте 1 вместо электронно-графических схем бора и алюминия они указали схему азота; в варианте 2 вместо электронно-графической схемы атома благородного газа отметили схему кислорода. В варианте 5 электронно-графическую схему внешнего энергетического уровня атома углерода тестируемые приняли за схему атома бериллия. Причина допущенных ошибок в заданиях А1–А4, скорее всего, связана с тем, что выпускники ЦЭ-2024 не в полной мере овладели навыками работы с периодической системой Д.И.Менделеева, им не хватило знаний о существующей зависимости между положением элемента в периодической системе и строением атома.

Снимок используется в качестве иллюстрации.

Фото Олега ИГНАТОВИЧА.

Подавляющее большинство участников экзамена справились с заданиями А5 и А8, представляющими собой смоделированные эксперименты, содержащие невербальную поддержку в виде рисунков используемых установок и приборов. Свыше 88% экзаменуемых знали, с помощью какого прибора можно разделить смеси двух нерастворимых между собой жидкостей в задании А5. Выполняя задание А8, более 80% испытуемых определили конструкцию установки, необходимой для собирания газов в лаборатории способом вытеснения воздуха.

Кроме заданий А5 и А8, практическую направленность имели задания А6–А7, посредством которых выявлялись знания, характеризующие свойства оснований и кислот.

Теоретической основой задания А6 явились химические понятия *кислотный* и *несолеобразующий оксиды.*

Пример задания:

А6. Водород, загрязненный примесью другого газа, очистили, пропустив (20°С) через водный раствор гидроксида кальция. Укажите газ, входящий в состав примеси:

1) N_2O; **3) SO_2;** 5) C_2H_6.
2) NO; 4) CO;

Большинство участников экзамена (средний процент выполнения – 75) поняли логику эксперимента, суть которого заключалась в понимании того, что очистка одного газа от другого происходит в результате взаимодействия газа-загрязнителя с веществом-реагентом. Однако, несмотря на регулярное использование аналогичных заданий в экзаменационных (тестовых) материалах на репетиционном тестировании и репетиционном ЦЭ, четверть выпускников не смогла определить газ, загрязняющий водород. В качестве газа-загрязнителя вместо кислотных оксидов SO_2 или CO_2, реагирующих с водным раствором гидроксида кальция, они ошибочно указали на несолеобразующие оксиды NO или N_2O.

Рассмотрим еще одно задание, направленное на проверку учебного материала о важнейших классах неорганических соединений, – А7:

А7. В раствор объемом 1 дм^3, содержащий 0,04 моль КОН, добавили несколько капель метилоранжа и к полученной смеси прилили раствор объемом 1 дм^3, содержащий 0,1 моль H_2SO_4. Укажите цвет раствора до и после добавления кислоты соответственно:

1) желтый, желтый; 3) синий, красный;
2) красный, желтый; 4) фиолетовый, синий;
5) желтый, красный.

С заданием А7 справились свыше 71% наиболее подготовленных тестируемых, которые, во-первых, обладали знаниями о химических свойствах кислот и щелочей, во-вторых, имели представления об изменении окраски кислотно-основных индикаторов в водных растворах кислот и щелочей и, в-третьих, умели определять среду раствора, полученного в результате химического опыта.

Невыполнение определенной группой выпускников заданий, подобных А5–А8, свидетельствует о том, что фрагментарных теоретических знаний, не подкрепленных практикой, не достаточно для решения ситуаций, с которыми можно справиться, обладая соответствующими умениями и навыками.

Наиболее высокие показатели имело задание А12 (средний процент выполнения – 80), направленное на выявление знаний о химических свойствах солей. Пример задания:

А12. Белый осадок образуется при смешивании растворов веществ пары:

1) KOH и $CuCl_2$; **3) HCl и $AgNO_3$;** 5) $FeCl_3$ и NaOH.
2) $BaBr_2$ и Na_2S; 4) $Ca(HCO_3)_2$ и HI;

Анализ выборки дистракторов пяти вариантов этого задания позволил сделать вывод, что чаще всего испытуемые допускали ошибки из-за предположения, что белым цветом окрашены труднорастворимые соли иодид и фосфат серебра(I) (на самом деле у них желтая окраска) или гидроксид меди(II) (имеет ярко-голубую окраску).

С помощью задания А9 оценивалась сформированность знаний о свойствах веществ, которые часто применяются в быту и промышленности, – карбонатов кальция и магния, входящих в состав накипи. Конструкция задания, совмещающая теоретические знания и их прикладной характер, позволяет оценить большее количество элементов содержания и, соответственно, точнее определить уровень подготовки выпускников. Пример задания:

А9. Накипь ($CaCO_3$, $MgCO_3$) со стенок отопительного котла можно удалить, если в котел с чистой водой добавить:

1) кальцинированную соду; 3) известковую воду;
2) поваренную соль; **4) соляную кислоту;**
5) аммиачную воду.

Показатели выполнения свидетельствуют, что 72% участников экзамена сделали правильный вывод: накипь со стенок отопительного котла удаляется кислотой, если в результате реакции образуются растворимые соли кальция и магния. Наиболее распространенной ошибкой экзаменуемых был выбор соды, которая не реагирует с солями, образующими накипь.

Задание В5 позволило проверить умение классифицировать неорганические соединения, основываясь на их составе. Пример задания:

В5. Установите соответствие между формулой вещества и его принадлежностью к соответствующему классу (группе) неорганических соединений.

А) $Ba(OH)_2$	1) кислотный оксид
Б) Na_2O	2) основный оксид
В) Al_2O_3	3) амфотерный оксид
Г) $Zn(OH)_2$	4) основание
	5) амфотерный гидроксид

Ответ запишите в виде сочетания букв и цифр, соблюдая алфавитную последовательность букв левого столбца, **например: А2Б3В5Г1.**

Ответ: А4Б2В3Г5.

Более 81% выпускников сумели по формуле определить класс, к которому принадлежит вещество. Основная часть неверных ответов была обусловлена недостаточным знанием формул амфотерных соединений.

Более глубокий уровень усвоения учебного материала о химических свойствах и способах получения неорганических веществ основных классов оценивалось посредством задания В10, которое удалось выполнить лишь 56% тестируемых. Пример задания:

В10. Для осуществления превращений (обозначены буквами А–Г):

$$Ba(OH)_2 \xrightarrow{А} Ba(HCO_3)_2 \xrightarrow{Б} BaCO_3 \xrightarrow{В} \rightarrow Ba(NO_3)_2 \xrightarrow{Г} BaSO_4$$

выберите четыре разных реагента из предложенных:

1) $PbSO_4$; 2) HNO_3; 3) $Ba(OH)_2$;
4) $NaNO_3$; 5) $CaCO_3$; 6) Na_2SO_4; 7) CO_2.

Ответ запишите в виде сочетания букв и цифр, соблюдая алфавитную последовательность букв, **например: А2Б5В1Г3.**

Ответ: А7Б3В2Г6.

Каждая третья ошибка, допущенная испытуемыми, связана с неверным выбором реактивов, необходимых для осуществления реакций, протекающих между солями. Недостаточное знание участниками ЦЭ учебного материала о взаимодействии кислот и оснований с солями также повлияло на результаты выполнения задания.

Статистические данные, характеризующие уровень усвоения учебного материала по теме «Основные классы неорганических соединений» (А6, А7, А9, А12, В5, В10), свидетельствуют, что необходимыми знаниями и умениями овладело ¾ всех экзаменуемых.

Посредством заданий А10, В13 и В14 (средний процент выполнения – 67) осуществлялась проверка элементов содержания темы «Химические реакции».

Задание А10 выявляло сформированность понятия *классификация химических реакций*. Прикладной характер позволил ввести в конструкцию задания такие сопутствующие элементы, как реакции кислот с металлами и электрохимический ряд активности металлов. Несмотря на это, участники ЦЭ показали высокий уровень подготовки: средний процент выполнения – 80. Пример задания:

А10. Монету из латуни (Cu и Zn) опустили в разбавленную серную кислоту, в результате чего масса монеты уменьшилась. В эксперименте протекала реакция:

1) соединения; 3) гомогенная; **5) замещения.**
2) обмена; 4) обратимая;

Анализируя неверные ответы, отметим, что наибольшее количество ошибок обусловлено несформированностью понятий *реакция замещения* и *реакция обмена.* Вместо реакции замещения участники экзамена выбирали реакцию обмена. Некоторая часть экзаменуемых отмечала также в качестве правильных реакции соединения и разложения. Неверные ответы относительно обратимости реакции, наличия в реакционной среде поверхности раздела фаз были одинаково привлекательны для тестируемых, что подтверждается равномерным распределением выборов между данными дистракторами.

Задание В14 было направлено на проверку умений расставлять коэффициенты в уравнениях окислительно-восстановительных реакций и определять роль химических элементов в соответствующих процессах. Анализ результатов (средний процент выполнения – 57) позволил выявить типичные ошибки, связанные со смешением понятий *окислитель* и *восстановитель,* а также *реагент-восстановитель* и *продукт восстановления.*

Сформированность умения прогнозировать направление смещения равновесия в результате внешнего воздействия стало объектом контроля в задании В13. С ним справилось свыше 64% выпускников. Пример задания:

В13. Дана обратимая реакция:

$$2SO_2\,(г) + O_2\,(г) \rightleftarrows 2SO_3\,(г) + Q.$$

Установите соответствие между воздействием на реакцию и направлением смещения равновесия в результате этого воздействия.

А) добавление катализатора	1) НЕ смещается
Б) понижение температуры	2) влево
В) повышение давления	
Г) уменьшение концентрации SO_2	3) вправо

Ответ запишите в виде сочетания букв и цифр, соблюдая алфавитную последовательность букв левого столбца, **например: А1Б2В3Г2.**

Ответ: А1Б3В3Г2.

Данные статистики свидетельствуют, что 89% тестируемых на высоком уровне овладели знаниями о влиянии на равновесие катализатора, подавляющее большинство экзаменуемых верно указали роль давления. Наиболее часто повторяемая ошибка была обусловлена непониманием, как на равновесную систему влияет температура.

Усвоение учебного материала о свойствах растворов и процессах, происходящих при их смешивании, контролировались с помощью заданий А11, А12, В12 и В15.

Пример задания А11:

А11. Одновременно разбавленным и насыщенным может быть водный раствор вещества:

1) $CaCO_3$; 2) H_2SO_4; 3) CH_3OH; 4) $NaNO_3$; 5) HNO_3.

Оно было выполнено с наименьшим в части А результатом (средний процент выполнения – 41). Можно констатировать, что существенная часть испытуемых не различали

►►► 22 стр.

Настаўніцкая газета
№ 9 (8971), 7 лютага 2025 года

◄◄◄ 21 стр.

понятия *насыщенный* и *концентрированный, ненасыщенный* и *разбавленный* растворы, а также плохо знали вещества, которые могут смешиваться с водой в любых соотношениях. Например, две из трех допущенных ошибок были обусловлены тем, что выпускники считали возможным существование насыщенных растворов, образованных неограниченно смешивающимися с водой веществами. Положительному результату выполнения задания могло бы поспособствовать владение учебным материалом, приведенным на с. 130 учебного пособия 11 класса для УОСО *(Химия : учеб. пособие для 11 кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / Д. И. Мычко [и др.] ; под ред. Т. Н. Воробьевой. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2021).*

С целью проверки теоретических знаний по теме «Электролитическая диссоциация» в экзаменационный материал было включено задание В15. Пример задания:

В15. Выберите верные утверждения.

1	концентрация катионов в растворе может быть больше концентрации анионов
2	можно получить раствор, содержащий только катионы и нейтральные молекулы
3	при диссоциации фосфорной кислоты в воде образуется только один вид анионов – PO_4^{3-}
4	NH_4Cl – это сильный электролит
5	электропроводность раствора $NaNO_3$ меньше электропроводности чистой воды
6	степень диссоциации слабого электролита увеличивается при разбавлении его раствора

Ответ запишите цифрами (порядок записи цифр не имеет значения), **например: 125.**

Ответ: 146.

Более 33% выпускников продемонстрировали понимание сущности процессов, протекающих в растворах электролитов. Анализ результатов показал, что экзаменуемые чаще допускали ошибки при: оценке влияния разбавления раствора слабого электролита на его электропроводность; сравнении электропроводности чистой воды и указанных растворов электролитов; а также определении возможных соотношений концентраций анионов и катионов в растворе.

Для выполнения задания В12 (средний процент выполнения – 83) требовалось умение составлять молекулярные уравнения по сокращенным ионным. Это типичное задание, подобное которому можно встретить в школьных учебных пособиях по химии для учреждений общего среднего образования. Вызванные затруднения, скорее всего, были обусловлены недостаточной сформированностью у выпускников навыка работы с таблицей растворимости, а также с заблуждением, что фосфорная кислота – это сильный электролит.

Задания В6, В7, В8, В9 и В11 были включены в материал для экзамена с целью диагностики знаний по химии элементов.

В задании В6 (средний процент выполнения – 65) требовалось выбрать верные утверждения, комплексно характеризующие кислород. Анализ полученных ответов позволяет заметить, что свыше 23% испытуемых не смогли правильно указать возможные степени окисления элемента, а также определить строение простого вещества кислорода. Каждый пятый выпускник ошибся при выборе продуктов реакции O_2 с серой или азотом. Столько же тестируемых не сумели отметить верные способы получения кислорода в лаборатории.

Посредством заданий В8 и В11 осуществлялась проверка знаний по теме «Металлы». Задание В8 позволило оценить представление выпускников о строении атома, классификации, физических свойствах, а также биологической и промышленной роли металлов и их соединений. С заданием справились почти 81% тестируемых. В качестве типичной ошибки следует отметить причисление металла магния к щелочноземельным. Некоторые выпускники были также не осведомлены о биологической роли магния как элемента, содержащегося в хлорофилле.

Задание В11 (средний процент выполнения – 40,5) было направлено на выявление знаний о химических свойствах металлов на примере алюминия. Для его правильного выполнения наряду с необходимостью умело оперировать рядом активности металлов требовались знания о специфических свойствах алюминия, включающие сведения о его возможной пассивации концентрированной серной и азотной кислотами. Опыт предыдущих лет тестирований подсказывает, что указанный учебный материал является объективно трудным для значительной части экзаменуемых.

Вникнуть

Снимок используется в качестве иллюстрации.

Фото Олега ИГНАТОВИЧА.

Задание В7, представляющее собой *качественную* задачу о щелочных металлах и неметалле-галогене иоде, предполагало моделирование химических процессов. С его помощью выявлялась сформированность знаний о свойствах и способах получения веществ на основе их состава и строения. Свыше 74% участников экзамена продемонстрировали высокий уровень подготовки.

Одно из важнейших направлений применения химии – это использование минеральных удобрений для повышения урожайности. Рассчитать нормы их расходования невозможно без учета массовой доли питательного элемента. Сформированность понятия *питательный элемент* и знание формул тривиальных названий основных минеральных удобрений оценивалось посредством задания В9. Задание вызвало затруднения у большинства выпускников. Лишь каждый пятый верно соотнес название удобрения и формулу элемента или вещества, отражающую питательную ценность удобрения. Наиболее распространенная ошибка была связана с неверным выбором питательных элементов: для фосфорных удобрений Р вместо P_2O_5 и для калийных К вместо K_2O.

Органическая химия

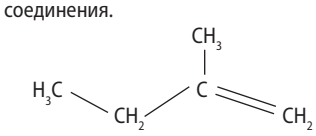
Раздел «Органическая химия» на ЦЭ был представлен заданиями А13–А16 и В1–В4. С их помощью проверялось знание строения, классификации, номенклатуры, характерных физических и химических свойств, способов получения и применения органических соединений как наиболее значимых элементов содержания Программы вступительных испытаний. Усвоение учебного материала по данному разделу продемонстрировали около 65% участников экзамена.

Для формирования знаний о строении и свойствах органических соединений является немаловажным умение анализировать модели молекул веществ. На проверку этого элемента знаний было ориентировано задание А13, составленное с использованием моделей углеводородов. При его выполнении испытуемым необходимо было указать число моделей молекул углеводородов, содержащих только σ-связи. Задание было выполнено с наиболее высоким показателем (средний процент выполнения – 80) в разделе «Органическая химия».

С целью проверки сформированности понятий *гомологи, гомологический ряд,* умений называть органические соединения по номенклатуре ИЮПАК, составлять структурные формулы соединений по их названию в экзамен были включены задания А14 и В1.

Приведем пример задания А14 и проанализируем результаты его выполнения:

А14. Дана структурная формула органического соединения.



Укажите название его гомолога:

1) 2-метилбутен-1; 3) бутадиен-1,3; 5) пентин-1.
2) пропен; 4) 2-метилбутан;

Отметим, что свыше 72% экзаменуемых овладели контролируемыми элементами содержания. Чаще всего тестируемые ошибались, когда вместо гомолога соединения, структура которого приведена в задании, участники ЦЭ указывали либо его название, либо название подобного ему по строению вещества из другого гомологического ряда.

Задание В1 было направлено на более глубокую и обширную проверку знаний и умений по теме «Классификация органических соединений. Номенклатура. Гомология». Выпускникам необходимо было по названиям написать формулы соединений, найти гомологи и определить общее количество гомологических рядов. С заданием успешно справились свыше 58% участников экзамена.

Способность определить количество пептидных связей в пептиде, представив общий план строения его молекулы, имеет значение для понимания строения и химических свойств полиамидных волокон, а также белков – веществ, играющих важную роль в биологических процессах. На проверку данного умения было ориентировано задание А16. Более 63% экзаменуемых на основании данных о количестве аминокислотных остатков путем логических умозаключений пришли к правильному выводу и верно выполнили задание.

Уровень сформированности знаний о свойствах, получении и применении органических соединений различных классов в ЦЭ-2024 контролировалось посредством заданий А15 и В2–В4.

Задание В2 (средний процент выполнения – 51) было комплексным, поскольку утверждения, предложенные участникам экзамена, затрагивали все аспекты характеристики органического вещества глюкозы: состав, строение, свойства, получение, применение. Половина тестируемых, владеющих учебным материалом, получили высокий результат. Анализ допущенных ошибок свидетельствует, что у каждого четвертого выпускника недостаточно четко сформировано представление о строении молекулы глюкозы. Это стало одной из причин того, что они не узнали формулы ее изомеров. Половина выполнявших вариант 2 ошибочно указали, что при нормальных условиях глюкоза – сладкая бесцветная жидкость, а не белый порошок. Вероятно, при выборе ответа приоритетным оказался жизненный опыт участников экзамена, ведь именно в виде раствора это твердое вещество в основном и применяется в медицинских целях.

Посредством задания В3 проверялись теоретические знания характерных свойств органических соединений, на основе которых можно их идентифицировать в лабораторной практике. Пример задания:

В3. Даны четыре пронумерованные пробирки с веществами. О них известно следующее:

– в пробирке 1 находится кристаллическое вещество, в остальных пробирках – жидкости;

– содержимое пробирок 2 и 3 смешивается с водой в любых соотношениях;

– вещество из пробирки 3 окрашивает лакмус в красный цвет;

– вещества из пробирок 1 и 4 реагируют с бромной водой, при этом образуются белые осадки. Все агрегатные состояния веществ указаны при н. у.

Установите соответствие между названием вещества и номером пробирки, в которой оно находится.

А) фенол	1) 1
Б) анилин	2) 2
В) пропановая кислота	3) 3
Г) этиловый спирт	4) 4

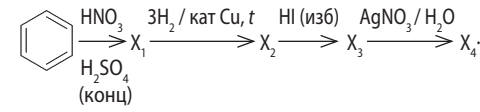
Ответ запишите в виде сочетания букв и цифр, соблюдая алфавитную последовательность букв левого столбца, **например: А2Б1В4Г3.**

Ответ: А1Б4В3Г2.

Почти 70% испытуемых, обладающих прочными знаниями о физических и химических особенностях органических соединений, верно установили соответствие между названием вещества и номером пробирки. Вместе с тем анализ полученных результатов показал, что наибольшее количество ошибок было обусловлено слабым знанием физических свойств анилина и фенола, а также заблуждением, что в реакции спиртов с бромной водой образуются белые осадки.

Теоретической основой задания В4, которое представляло собой цепочку превращений органических соединений, явился учебный материал по теме «Анилин». Пример задания:

В4. Определите сумму молярных масс (г/моль) органических веществ X_2 (имеет молекулярное строение) и X_4 (имеет немолекулярное строение).



Ответ: 249.

Для осуществления указанных превращений экзаменуемые должны были обладать системными знаниями о том, как протекают реакции нитрования бензола, взаимодействие анилина с кислотами и солей фениламмония с другими солями, а также иметь представление о возможных способах получения анилина. Кроме того, выполнение задания предполагало знание особенностей строения веществ молекулярного и немолекулярного строения, а также умение правильно определять молярные массы продуктов реакций.

Можно предположить, что объективная сложность материала, разнообразие требуемых для выполнения действий и стали причиной того, что с заданием справились только наиболее подготовленные выпускники (средний процент выполнения – 32,5).

в химические процессы

Проанализируем ошибки, допущенные тестируемыми.

В результате взаимодействия $C_6H_5NH_3I$ (X_3) с водным раствором нитрата серебра(I) образуются два вещества немолекулярного строения: нитрат фениламмония $C_6H_5NH_3NO_3$ и иодид серебра(I) AgI. Выбирая органическое соединение немолекулярного строения, каждый пятый участник ЦЭ вместо $C_6H_5NH_3NO_3$ остановился на неорганической соли AgI. Вероятно, они не были уверены, что из двух полученных продуктов органическим соединением немолекулярного строения является нитрат фениламмония. Неправильно также был спрогнозирован продукт второй реакции цепочки, что обусловлено нетвердым знанием испытуемыми реакции восстановления нитробензола до анилина. Около 5% экзаменуемых получили молярные массы, значения которых отличаются на 1–2 единицы от верного ответа. Это позволяет предположить, что погрешности были совершены при записи формул веществ и подсчете количества атомов водорода в молекулах органических соединений.

Сведения о применении органических веществ в пищевой промышленности легли в основу при составлении задания А15. В перечень предложенных веществ были включены в том числе и ядовитые вещества, что позволило проверить осведомленность выпускников о воздействии органических соединений на человеческий организм. Пример задания:

А15. В пищевой промышленности в качестве консерванта широко используется:

1) уксусная кислота;
2) стеариновая кислота;
3) бензол;
4) акриловая кислота;
5) уксусный альдегид.

Почти 90% участников экзамена выполнили задание правильно. При этом 6% экзаменуемых ошибочно выбрали в качестве ответа токсичные формальдегид (муравьиный альдегид) или уксусный альдегид. Анализ результатов выполнения задания продемонстрировал, что тестируемые имели проблемы с тривиальными названиями органических соединений. Например, при включении в формулировку задания названия *муравьиный альдегид* было допущено в 2,26 раза меньше ошибок, чем в случае использования другого тривиального названия – *формальдегид*.

Задания открытого типа В16–В22 позволили проверить умение проводить типовые расчеты и решать составленные на их основе задачи. 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 и задания, направленные на проверку знаний с использованием расчетов (В4 и В7).

С наиболее высокими показателями были решены задачи В17 (свыше 58%) и В22 (около 47%). Задание В17 включает три вида основных расчетов: вычисление химического количества вещества по его массе, объема газа (н. у.) по его количеству, а также расчеты по уравнению реакции с учетом практического выхода продукта реакции. Приведем пример:

В17. Электролизом расплава хлорида натрия массой 163,8 г с выходом 77% получен металл, который полностью растворили в воде. Рассчитайте объем ($дм^3$, н. у.) выделившегося при этом водорода.

Решение:

Запишем уравнения протекающих реакций:

$2NaCl \xrightarrow{электролиз} 2Na + Cl_2$;

$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2\uparrow$.

1) Рассчитаем количество взятого для реакции хлорида натрия:

$n = m / M$; $M(NaCl) = 58,5$ г/моль;

$n(NaCl) = 163,8$ г / 58,5 г/моль = 2,8 моль.

2) Найдем теоретический объем водорода. Расчет проведем по схеме:

$\underset{2\text{ моль}}{2Na} \rightarrow \underset{1\text{ моль}}{H_2}$;

$x = 1,4$ моль;

$n = V / V_m$, $V = n \cdot V_m$, $V_m = 22,4$ $дм^3$/моль;

$V(H_2) = 1,4$ моль · 22,4 $дм^3$/моль = 31,36 $дм^3$.

3) Рассчитаем объем водорода с учетом практического выхода:

$\eta = V_{практ} / V_{теор}$, $V_{практ} = V_{теор} \cdot \eta$;

$V_{практ}(H_2) = V_{теор}(H_2) \cdot \eta$;

$V_{практ}(H_2) = 31,36$ $дм^3 \cdot 0,77 = 24,147 \approx 24$ $дм^3$.

Ответ: 24.

Алгоритмы проведения подобных расчетов предлагаются на страницах учебных пособий в § 39 *(Химия: учеб. пособие для 9 кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / И. Е. Шиманович [и др.] ; под ред. И. Е. Шимановича. – Минск : Народная асвета, 2019),* а также в § 39, пример 13 *(Сборник задач по химии: учеб. пособие для 9 кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / В. Н. Хвалюк, В. И. Резяпкин; под ред. В. Н. Хвалюка. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2020).*

Целью включения в экзаменационный материал задания В22 явилась проверка умения осуществлять вывод формул химических соединений на основании данных по их количественному составу. Приведем пример:

В22. Два оксида элементов третьего периода при спекании реагируют в мольном соотношении 1 : 1, образуя вещество X. Действие избытка соляной кислоты на X приводит к получению в растворе двух солей, только одна из которых взаимодействует с раствором фосфата калия с образованием осадка массой 40,26 г. Рассчитайте массу (г) фосфата калия, который вступил в реакцию.

Решение:

Элементы, соединения которых обладают свойствами, соответствующими условию задачи, – натрий и алюминий. Запишем уравнения протекающих реакций:

$Na_2O + Al_2O_3 = 2NaAlO_2$;

$NaAlO_2 + 4HCl = NaCl + AlCl_3 + 2H_2O$;

$AlCl_3 + K_3PO_4 = AlPO_4\downarrow + 3KCl$.

1) Найдем количество фосфата алюминия:

$n = m / M$; $M(AlPO_4) = 122$ г/моль;

$n(AlPO_4) = 40,26$ г / 122 г/моль = 0,33 моль.

2) Рассчитаем массу фосфата калия, который вступил в реакцию:

$\underset{1\text{ моль}}{AlCl_3} + \underset{1\text{ моль}}{K_3PO_4} = \underset{1\text{ моль}}{AlPO_4}\downarrow + 3KCl$;

$x = 0,33$ моль;

$n = m / M$; $m = n \cdot M$; $M(K_3PO_4) = 212$ г/моль;

$m(K_3PO_4) = 0,33$ моль · 212 г/моль = 69,96 ≈ 70 г.

Ответ: 70.

Алгоритмы подобных расчетов предлагаются на страницах учебного пособия в главе 1.1, задача 45 *(Сборник задач по химии : учеб. пособие для 10 кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения (баз. и пов. уровни) / В. Э. Матулис [и др.]. – Минск : Национальный институт образования, 2021).*

Задание В21 содержало вычисления по закону сохранения массы с учетом относительной плотности газов. Задача вызвала затруднения у большинства экзаменуемых (средний процент выполнения – более 20). Приведем пример:

В21. Смесь хлороводорода и бромоводорода имеет относительную плотность по аргону 1,2. Данную смесь объемом (н. у.) 67,2 $дм^3$ растворили в 480 $см^3$ воды. Затем в раствор опустили железную гайку массой 98 г. Вычислите суммарную массу (г) солей в растворе, полученном после полного завершения реакции.

Решение:

Запишем уравнения протекающих реакций:

$Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2\uparrow$;

$Fe + 2HBr = FeBr_2 + H_2\uparrow$.

Обозначим Cl и Br как «Г» (галоген) и запишем реакцию в общем виде:

$Fe + 2HГ = FeГ_2 + H_2\uparrow$.

1) Найдем массу исходной газовой смеси:

$n = V / V_m$, $V_m = 22,4$ $дм^3$/моль;

$n(смеси) = 67,2$ $дм^3$ / 22,4 $дм^3$/моль = 3 моль;

$D_{Ar}(смеси) = M(смеси) / M(Ar)$;

$M(смеси) = D_{Ar}(смеси) \cdot M(Ar)$, $M(Ar) = 40$ г/моль;

$M(смеси) = 1,2 \cdot 40$ г/моль = 48 г/моль;

$n = m / M$; $m = n \cdot M$;

$m(смеси) = 3$ моль · 48 г/моль = 144 г.

2) Рассчитаем количество взятого для реакции железа:

$n = m / M$; $M(Fe) = 56$ г/моль;

n(Fe) = 98 г / 56 г/моль = 1,75 моль.

3) Рассчитаем массу железа, которое прореагировало, и массу выделившегося водорода. Согласно уравнению реакции газовая смесь количеством 3 моль способна растворить 1,5 моль железа. Значит, железо взято в избытке, расчет будем вести по количеству газовой смеси.

$\underset{1\text{ моль}}{Fe} + \underset{2\text{ моль}}{2HГ} = \underset{}{FeГ_2} + \underset{1\text{ моль}}{H_2}\uparrow$;

$x = 1,5$ моль; $n = m / M$;

$m = n \cdot M$; $M(Fe) = 56$ г/моль;

$m(Fe) = 1,5$ моль · 56 г/моль = 84 г;

y = 1,5 моль;

$n = m / M$; $m = n \cdot M$;

$M(H_2) = 2$ г/моль;

$m(H_2) = 1,5$ моль · 2 г/моль = 3 г.

4) Найдем массу образовавшихся солей, приняв ее за x г. В соответствии с законом сохранения массы веществ m(исх. веществ) = m(продуктов):

$m(смеси) + m(Fe\ реаг) = m(солей) + m(H_2)$;

144 + 84 = x + 3, x =225, $m(солей) = 225$ г.

Ответ: 225.

Подобные задачи приводятся на страницах учебного пособия в § 14, примеры 2, 3 *(Сборник задач по химии: учеб. пособие для 9 кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / В. Н. Хвалюк, В. И. Резяпкин; под ред. В. Н. Хвалюка. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2020).*

Расчетная задача В16 была включена в экзамен для проверки умения осуществлять вычисления по химическим уравнениям массы вещества по известной массе одного из вступивших в реакцию или полученных веществ. С ней справилось около 43% экзаменуемых. Приведем пример:

В16. Для получения стекла состава $K_2O \cdot CaO \cdot 6SiO_2$ массой 612 г были использованы поташ, мел и песок. Найдите массу (г) израсходованного поташа, в котором массовая доля карбоната калия 80%. Примеси в других компонентах сырья не учитывать.

Решение:

Запишем уравнение реакции получения стекла из поташа, мела и песка:

$K_2CO_3 + CaCO_3 + 6SiO_2 \xrightarrow{t^\circ} K_2O \cdot CaO \cdot 6SiO_2 + 2CO_2$.

1) Найдем массу израсходованного на реакцию карбоната калия:

$M(K_2CO_3) = 138$ г/моль;

$M(K_2O \cdot CaO \cdot 6SiO_2) = 510$ г/моль;

$\underset{1\text{ моль} \cdot 138\text{ г/моль}}{\overset{x\text{ г}}{K_2CO_3}} + CaCO_3 + 6SiO_2 = \underset{1\text{ моль} \cdot 510\text{ г/моль}}{\overset{612\text{ г}}{K_2O \cdot CaO \cdot 6SiO_2}} + 2CO_2\uparrow$.

$x = 165,6$ г.

2) Рассчитаем массу израсходованного поташа с учетом содержащихся в нем примесей:

$w = m(в\text{-}ва) / m(смеси)$, $m(смеси) = m(в\text{-}ва) / w$;

$m(поташа) = 165,6$ г / 0,8 = 207 г.

Ответ: 207.

Алгоритмы проведения подобных расчетов предлагаются на страницах учебных пособий в § 5 *(Химия: учеб. пособие для 11 кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / Д. И. Мычко [и др.] ; под ред. Т. Н. Воробьевой. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2021);* а также в § 9, пример 14; § 15, пример 18 учебного пособия *(Сборник задач по химии : учеб. пособие для 8 кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / В. Н. Хвалюк, В. И. Резяпкин; под ред. В. Н. Хвалюка. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2019).*

Задание В19 предполагает расчет масс или объемов веществ, необходимых для приготовления раствора с заданной молярной концентрацией растворенного вещества. Его решили почти 37% участников ЦЭ. Приведем пример:

В19. В водном растворе массой 88,2 г с массовой долей серной кислоты 10% растворили оксид серы(VI) массой 16 г. Вычислите, какой объем ($см^3$) раствора гидроксида калия с молярной концентрацией щелочи 1 моль/$дм^3$ необходим для полной нейтрализации полученного раствора кислоты.

Решение:

Запишем уравнения протекающих реакций:

$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$;

$H_2SO_4 + 2KOH = K_2SO_4 + 2H_2O$.

1) Рассчитаем количество серной кислоты в исходном растворе:

$w = \frac{m(в\text{-}ва)}{m(р\text{-}ра)}$; $m(в\text{-}ва) = m(р\text{-}ра) \cdot w$;

$m(H_2SO_4) = 88,2$ г · 0,1 = 8,82 г;

$n = m / M$; $M(H_2SO_4) = 98$ г/моль;

$n(H_2SO_4) = 8,82$ г / 98 г/моль = 0,09 моль.

2) Рассчитаем количество оксида серы(VI):

$n = m / M$; $M(SO_3) = 80$ г/моль;

$n(SO_3) = 16$ г / 80 г/моль = 0,2 моль.

3) Определим количество серной кислоты, образовавшейся в растворе:

$\underset{1\text{ моль}}{\overset{0,2\text{ моль}}{SO_3}} + H_2O = \underset{1\text{ моль}}{\overset{x\text{ моль}}{H_2SO_4}}$;

$x = 0,2$ моль.

Суммарное количество серной кислоты в растворе равно:

$\Sigma n = 0,09$ моль + 0,2 моль = 0,29 моль.

4) Определим количество гидроксида калия, необходимого для полной нейтрализации кислоты в полученном растворе:

$\underset{1\text{ моль}}{\overset{0,29\text{ моль}}{H_2SO_4}} + \underset{2\text{ моль}}{\overset{x\text{ моль}}{2KOH}} = K_2SO_4 + 2H_2O$;

$x = 0,58$ моль.

5) Найдем объем раствора гидроксида калия, необходимого для полной нейтрализации полученного раствора кислоты:

$c = n / V_{р\text{-}ра}$, $V_{р\text{-}ра} = n / c$;

$V_{р\text{-}ра}(HCl) = 0,58$ моль / 1 моль/$дм^3$ = 0,58 $дм^3$ = 580 $см^3$.

Ответ: 580.

Алгоритмы проведения подобных расчетов предлагаются на страницах учебных пособий в § 50–51 *(Химия: учеб. пособие для 8 кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / И. Е. Шиманович [и др.]; под ред. И. Е. Шимановича. – Минск : Народная асвета, 2018);* в § 36, пример 3 *(Химия: учеб. пособие для 10 кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / Т. А. Колевич [и др.]. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2019);* а также в § 24 *(Химия: учеб. пособие для 11 кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / Д. И. Мычко [и др.] ; под ред. Т. Н. Воробьевой. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2021).*

Задание В18 направлено на проверку умений проводить расчеты объемных отношений газообразных веществ по химическим уравнениям. Задачу решили свыше 35% участников ЦЭ. Приведем пример:

В18. Смесь угарного газа с кислородом общим объемом (н. у.) 50 $дм^3$ подожгли. После окончания реакции остался непрореагировавший угарный газ объемом (н. у.) 11 $дм^3$. Найдите объемную долю (%) угарного газа в исходной смеси.

Решение:

Запишем уравнение протекающей реакции:

$2CO + O_2 = 2CO_2$.

1) Найдем количество прореагировавших газов:

50 $дм^3$ – 11 $дм^3$ = 39 $дм^3$.

2) Рассчитаем объем кислорода в исходной смеси.

После реакции остался непрореагировавший угарный газ. Значит, угарный газ был взят в избытке. Примем объем кислорода за x $дм^3$. Тогда объем прореагировавшего угарного газа равен $2x$ $дм^3$.

$x + 2x = 39$, $x = 13$, $V(O_2) = 13$ $дм^3$.

3) Найдем объем угарного газа в исходной смеси:

$V(CO) = 50$ $дм^3$ – 13 $дм^3$ = 37 $дм^3$.

4) Рассчитаем объемную долю угарного газа в исходной смеси:

$\varphi(CO) = V(CO) / V_{смеси\ газов} = 37$ $дм^3$ / 50 $дм^3$ = 0,74, или 74 %.

Ответ: 74.

Примеры подобных расчетов предлагаются на страницах учебного пособия в § 6, пример 3 *(Химия: учеб. пособие для 11 кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / Д. И. Мычко [и др.]; под ред. Т. Н. Воробьевой. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2021).*

Задание В20 позволило проверить умение осуществлять расчеты по термохимическим уравнениям. Правильно решили задачу 32% экзаменуемых. Приведем пример:

В20. Для получения кислорода в лаборатории образец перманганата калия выдерживали при температуре 300 °С до постоянной массы. В результате выделилась теплота количеством 28,16 кДж. Рассчитайте суммарную массу (г) веществ в полученном твердом остатке, если при разложении 1 моль этой соли выделяется 25,6 кДж теплоты.

Решение:

Запишем уравнение протекающей реакции:

$2KMnO_4 = K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2\uparrow$.

1) Найдем массу перманганата калия:

1 моль $KMnO_4$ – 25,6 кДж;

x моль $KMnO_4$ – 28,16 кДж;

x = 1,1 моль;

$n = m / M$; $m = n \cdot M$; $M(KMnO_4) = 158$ г/моль;

$m(KMnO_4) = 1,1$ моль · 158 г/моль = 173,8 г.

2) Рассчитаем массу образовавшегося кислорода:

$\underset{2\text{ моль}}{\overset{1,1\text{ моль}}{2KMnO_4}} = K_2MnO_4 + MnO_2 + \underset{1\text{ моль}}{\overset{x\text{ моль}}{O_2}}\uparrow$;

$x = 0,55$ моль;

$n = m / M$; $m(O_2) = n \cdot M$; $M(O_2) = 32$ г/моль;

$m(O_2) = 0,55$ моль · 32 г/моль = 17,6 г.

3) Рассчитаем массу образовавшегося твердого остатка:

$m(тв.\ ост.) = m(KMnO_4) - m(O_2)$;

$m(тв.\ ост.) = 173,8$ г – 17,6 г = 156,2 ≈ 156 г.

Ответ: 156.

С проведением подобных расчетов можно ознакомиться на страницах учебного пособия в § 19 *(Химия: учеб. пособие для 11 кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / Д. И. Мычко [и др.] ; под ред. Т. Н. Воробьевой. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2021).*

Предложенные участникам экзамена задания предоставили каждому экзаменуемому возможность продемонстрировать знание конкретных сведений о веществах и обеспечили диагностику как специфических для курса химии, так и общеучебных умений и навыков.

Большинство участников экзамена владеют теоретическим и фактологическим материалом курса химии УОСО. Наибольшее количество затруднений вызвали задания, требующие детального изучения и вдумчивого анализа теоретического материала, глубокого понимания сущности химических процессов. Также экзаменуемые испытывали затруднения при решении расчетных задач по химии.

Материалы подготовлены Республиканским институтом контроля знаний.