

# 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 ли 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 образующих 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)<sub>2</sub> – 36,3 %;
- 4) Li<sub>2</sub>O – 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

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 мочевины, 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 соот-



Снимок используется в качестве иллюстрации.

ветствующий 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.

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) $2\text{NO}_2(\text{г}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{г}) + \text{Q}$	1) влево
Б) $\text{CO}(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г}) \rightleftharpoons \text{COCl}_2(\text{г}) + \text{Q}$	2) вправо
В) $2\text{NOCl}(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г}) - \text{Q}$	3) НЕ смещается
Г) $\text{H}_2\text{S}(\text{г}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{г}) + \text{S}(\text{ж}) - \text{Q}$	

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

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 пришлились на растворимые соли.

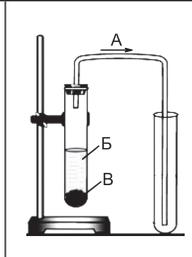
Задание А10 было направлено на проверку знаний о способах экспериментального подтверждения наличия в сосуде газа водорода. Данный материал изучается в курсе химии 7 класса и актуализируется в 11 классе. Это позволило 80 % экзаменуемых верно определить, что легким хлопком сопровождается горение чистого 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) перексид 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 лабо-



# Процессы и свойства

◀ ◀ ◀ 25 стар.

2) Рассчитаем массу оксида никеля.

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

$$n(\text{NiO}) = n(\text{O}) = 0,4 \text{ моль};$$

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

3) Определим массовую долю никеля в исходной смеси:

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

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

Ответ: 42.

Примеры подобных расчетов предлагаются на страницах § 1, 5 (Химия : учеб. пособие для 11-го кл. учреждений общ. сред. образования / Д.И. Мычко [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, содержащего щелочь, в результате протекания реакции.

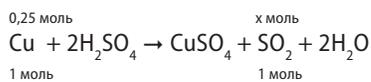
Решение:

1) Найдем химическое количество меди, вступившей в реакцию:

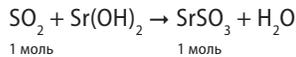
$$M(\text{Cu}) = 64 \text{ г/моль};$$

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

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



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.



3) Определим, на сколько увеличилась масса сосуда.

Масса сосуда увеличивается на массу поглощенного раствором газа:

$$m(\text{SO}_2) = 0,25 \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль} = 16 \text{ г}.$$

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.

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

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

$$M(\text{AgNO}_3) = 170 \text{ г/моль};$$

$$n(\text{AgNO}_3) = \frac{m_{\text{р-ра}}(\text{AgNO}_3) \cdot w(\text{AgNO}_3)}{M(\text{AgNO}_3)},$$

$$n(\text{AgNO}_3) = \frac{100 \text{ г} \cdot 0,36}{170 \text{ г/моль}} = 0,212 \text{ моль}.$$

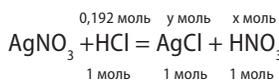
2) Запишем уравнение протекающей реакции и рассчитаем массы продуктов.

В данном случае  $\text{AgNO}_3$  ( $n = 0,212$  моль) находится в избытке,  $\text{HCl}$  ( $n = 0,192$  моль) в недостатке, расчет ведем по недостатку:



Снимок используется в качестве иллюстрации.

Фото Олега ИГНАТОВИЧА.



$$x = y = 0,192 \text{ моль},$$

$$M(\text{AgCl}) = 36,5 \text{ г/моль},$$

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

$$M(\text{HNO}_3) = 63 \text{ г/моль},$$

$$m(\text{HNO}_3) = 0,192 \text{ моль} \cdot 63 \text{ г/моль} = 12,096 \text{ г}.$$

$$w(\text{HNO}_3) = \frac{m(\text{HNO}_3)}{m_{\text{раств}}(\text{HCl}) + m_{\text{раств}}(\text{AgNO}_3) - m(\text{AgCl})};$$

$$w(\text{HNO}_3) = \frac{12,096 \text{ г}}{100 \text{ г} + 100 \text{ г} - 27,55 \text{ г}} = 0,07, \text{ или } 7\%.$$

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  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  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  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ :

$$M(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 232 \text{ г/моль};$$

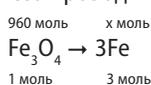
$$w(\text{Fe}_3\text{O}_4) = \frac{m(\text{Fe}_3\text{O}_4)}{m_{\text{магнетита}}}, m(\text{Fe}_3\text{O}_4) = w(\text{Fe}_3\text{O}_4) \cdot m_{\text{магнетита}};$$

$$m(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 0,928 \cdot 240 \text{ кг} = 222,72 \text{ кг} = 222\,720 \text{ г};$$

$$n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = \frac{m(\text{Fe}_3\text{O}_4)}{M(\text{Fe}_3\text{O}_4)} = \frac{222\,720 \text{ г}}{232 \text{ г/моль}} = 960 \text{ моль}.$$

2) Вычислим теоретическую массу железа.

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



$$x = 960 \text{ моль} \cdot 3 = 2880 \text{ моль};$$

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

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

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

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

4) Определим массу полученного чугуна:

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

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).

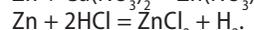
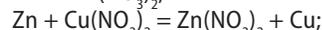
Задание В22 (процент выполнения – около 40) позволило проверить умения проводить вычисление массовой доли компонента в смеси, анализировать результаты мысленного эксперимента, а также провести контроль знаний о химических свойствах металлов и их соединений в зависимости от положения в ряду активности.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

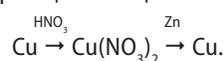
Решение:

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:



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



2) Вычислим массовую долю меди в образце латуни.

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

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.