

По индивидуальному алгоритму

В централизованном тестировании (ЦТ) 2022 года по химии принял участие 9351 абитуриент.

Тестируемым было предоставлено 10 вариантов на русском и 2 варианта на белорусском языке в основной день и по 2 варианта на русском и по 1 на белорусском языке в резервные дни. Максимальный балл (100) получили 18 абитуриентов, или 0,19% (ЦТ-2021 — 24, или 0,2%). Результат 0 баллов был у 4 тестируемых.

Задания теста включали учебный материал двух разделов программы вступительных испытаний по химии: «Неорганическая химия» и «Органическая химия».

Раздел «Неорганическая химия» содержал задания А1—А20 и В5—В16. Посредством задания А1 у тестируемых проверялась сформированность понятий *химический элемент* и *простое вещество*. Во всех десяти вариантах теста в качестве дистракторов предлагались символы элементов-неметаллов, простые вещества которых существуют в виде двух-, трех- или четырехатомных молекул. Правильный ответ был представлен символом элемента-металла. Его сумели определить 70% участников ЦТ. Среди ошибочных наиболее популярными были ответы Н (до 25% выборов) или О (до 15% выборов). Скорее всего, подобный результат связан со спешкой в прочтении задания и недостаточным его анализом. Другие причины допущенных ошибок трудно предположить, поскольку кислород и водород являются наиболее значимыми объектами для общеобразовательной подготовки выпускников УОСО и подробно изучаются на протяжении всего курса химии, например: *Химия: учеб. пособие для 7-го кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / И.Е.Шиманович [и др.]; под ред. И.Е.Шимановича. — Минск: Народная асвета, 2017. — § 9, 13, 15—18, 21—23; Химия: учеб. пособие для 8-го кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / И.Е.Шиманович [и др.]; под ред. И.Е.Шимановича. — Минск: Народная асвета, 2018. — § 2, 12, 14—15 и т.д.; Химия: учеб. пособие для 9-го кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / И.Е.Шиманович [и др.]; под ред. И.Е.Шимановича. — Минск: Народная асвета, 2019. — § 6, 14, 18; Химия: учеб. пособие для 11-го кл. учреждений общ. сред. образования с рус. яз. обучения / Д.И.Мычко, К.Н.Прохоревич, И.И.Борушко; под ред. Т.Н.Воробьевой. — Минск: Адукацыя і выхаванне, 2021. — § 1—3, 28—29, 32—33.*

Задания А2—А3 были направлены на проверку усвоения знаний о *составе и строении атома, иона*. Средний процент выполнения задания А2 — 73,13, что явилось самым высоким результатом по разделу неорганической химии. Тестируемые, которые справились с заданием, на основании электронно-графической схемы атома сумели найти элемент в периодической системе Д.И.Менделеева и указать его относительную атомную массу. При этом около 20% абитуриентов в качестве относительной атомной массы элемента ошибочно отметили его атомный номер.

Для выполнения задания А3 экзаменуемые должны были четко понимать, что атомы — это электронейтральные частицы, состоящие из положительно заряженного ядра (содержит протоны, несущие «+»), и отрицательно заряженных электронов. Ионы — это заряженные частицы, образование которых протекает в результате присоединения или отдачи электронов, поэтому число протонов при этом не меняется. Пятая часть участников ЦТ, вероятно, перепутав электроны с протонами, решила, что в ионе Н⁺ находится 0 протонов. Столько же тестируемых отметили, что Н⁺ содержит 2 протона.

Посредством заданий А5—А7 у абитуриентов проверялось усвоение учебного материала, включающего понятия: *химическая связь* (А5), *валентность* (А6), *кристаллическая структура* (А7). Следует заметить, что данные элементы содержания успешно освоили 60% участников тестирования. Вместе с тем 40% тестируемых не представляли, что неполярная связь возникает между одинаковыми атомами неметаллов, поэтому их ответами были дистракторы: SiO₂ (12,42%), KCl (10,08%), HNO₃ (13,36%), H₂O (14,27%), LiNO₃ (14,72%). Экзаменуемые также допустили ошибки при определении соединений, содержащих IV-валентный атом, отметив соединения, в которых присутствуют только I—III-валентные атомы: NH₃ (12,05%), H₂S (8,28%), O₂ (5,15%). Кроме того, неверные представления о понятиях *ион* и *ионная связь* не позволили некоторой части абитуриентов найти вещества, образующие ионную кристаллическую структуру, поэтому их выбор пал на оксид кремния(IV) (14,35%), имеющий атомную структуру, железо (6,24%) — вещество с металлической структурой, молекулы серной кислоты (9,81%), иода (10,48%).

Как и в прошлом году, особое внимание было уделено практико-ориентированной составляющей содержания тестовых заданий, поскольку для их выполнения требуются осознанные системные знания, сформированные на основе глубокого понимания учебного материала, а не полученные путем механического запоминания отдельных фактов и способов деятельности при множественном прорешивании определенных заданий.

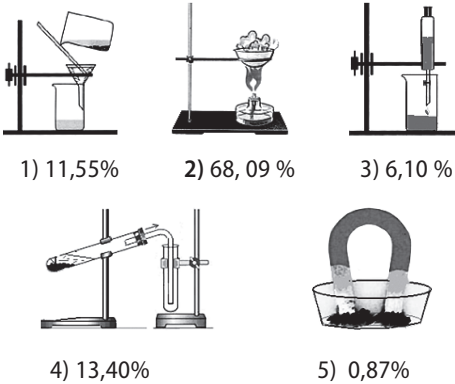


Снимок используется в качестве иллюстрации.

Фото Олега ИГНАТОВИЧА.

Проанализируем, как экзаменуемые справились с заданием А8. Аналогичное задание предлагалось на тестировании в прошлом году (средний процент выполнения ЦТ-2022 — 64,23, ЦТ-2021 — 72,19). Некоторое различие в показателях выполнения заданий двух лет обусловлено выбором разных смесей. В тесте 2021 года предлагалась неоднородная смесь медных опилок и водного раствора сахара. Ситуация, когда водный раствор загрязнен каким-либо нерастворимым веществом, — более частое явление в жизнедеятельности человека, способствующее накоплению опыта использования веществ в быту. Приведем пример задания одного из вариантов теста 2022 года.

А8. Хлорид натрия можно выделить из его водного раствора с помощью:



- 1) 11,55% 2) 68, 09 % 3) 6,10 %
4) 13,40% 5) 0,87%

Статистические данные подтверждают, что более 64% всех участников тестирования текущего года понимали, каким способом можно выделить хлорид натрия из его водного раствора. Для 36% испытуемых показались правдоподобными все дистракторы, о чем свидетельствуют схожие проценты выборов. В этом случае причина ошибочных ответов абитуриентов — непрочные знания, связанные с отсутствием опыта экспериментальной деятельности.

Приведем еще один пример задания А11 с практико-ориентированным содержанием.

А11. Через колбу с избытком известковой воды пропустили смесь газов CH₄, CO₂, NO количеством по 0,01 моль каждого. На выходе из колбы обнаружили:

- 1) только CO₂; 3) CH₄ и NO; 5) CO₂ и CH₄.
2) CO₂ и NO; 4) только NO;

Для получения правильного ответа абитуриенты должны были владеть знаниями о химических свойствах оксидов и гидроксидов. Кроме того, им должен был известен факт о том, что известковая вода — это бытовое название водного раствора гидроксида кальция Ca(OH)₂. Поскольку задание моделирует эксперимент, тестируемым необходимо было также понимание того, как на практике могут происходить описанные в задании процессы. Задание оказалось доступным 47% наиболее подготовленных участников тестирования, имеющих опыт реальной экспериментальной деятельности.

В текущем году в тест было включено задание А14, посредством которого проверялось усвоение тестируемыми учебного материала о промышленном получении серной кислоты. Необходимо отметить, что с заданием справилось 32% участников тестирования. Ошибкой в ответе большинства абитуриентов явилось то, что вместо коэффициента перед продуктом молекулярного строения они указали коэффициент перед продуктом немалекулярного строения. Предполагается, что эти ошибки обусловлены невнимательным ознакомлением с условием задания.

Задание А17 было направлено на проверку знаний о свойствах и использовании веществ в промышленности, таких как металлы и их сплавы. Состав латуни, отношение металлов к кислотам, классификация химических реакций — вот перечень проверяемых элементов знаний, включенных в содержание задания. Каждый участник имел некоторое представление о химических свойствах соединений, представленных в задании, и классификационных признаках протекающих в эксперименте реакций. Но фрагментарность знаний, неумение провести правильный анализ содержания и применить знания в предлагаемой ситуации не позволила половине экзаменуемых справиться с заданием.

Понимание закономерностей возникновения и протекания химических превращений в водном растворе выявлялось с помощью заданий А19 и В5—В6. Знание данного учебного материала имеет широкое практическое применение, а понимание сути химических процессов, протекающих в водных растворах, является основой для формирования умений осуществлять возможные превращения, решать экспериментальные и расчетные задачи.

Так, посредством задания А19 выявлялась сформированность понятий *электролитическая диссоциация* и *условия необратимого протекания реакций ионного обмена в растворах электролитов*. Абитуриентам необходимо было определить:

- ионы, на которые диссоциирует предложенная в задании соль;
— пару веществ, с помощью которых можно обнаружить образующиеся в растворе ионы.

Процент абитуриентов, получивших верный ответ, равен 49. Более 16% участников тестирования не смогли выбрать вещество, с помощью которого можно определить ионы Fe²⁺; столько же тестируемых не указали реагент для выявления ионов SO₄²⁻; 20% неверно отметили соединения, необходимые для идентификации ионов NH₄⁺.

Наименьшее число участников ЦТ (27,21%) по разделу неорганической химии справилось с заданием А10. Подобная конструкция задания регулярно используется в РТ и ЦТ, при этом показатели выполнения не всегда высоки. Данный факт обусловлен тем, что в вариантах ответа указаны числа, а не сами вещества. Например:

А10. Число веществ из указанных — Cu(OH)₂, NaOH, Cl₂, K₂CO₃, Au, — образующих оксиды при их термической обработке на воздухе, равно:

- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4; 5) 5.

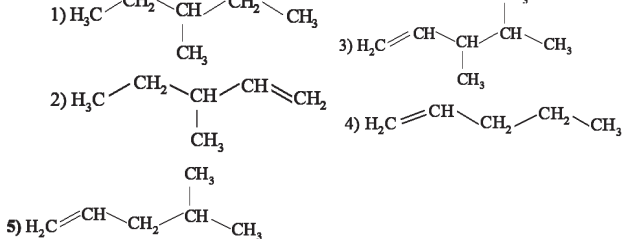
Наверное, большинство экзаменуемых знали, что оксиды можно получить разложением нерастворимых оснований и большинства солей угольной кислоты. Однако не все тестируемые на уроках химии в УОСО усвоили, что щелочи и карбонаты, образованные щелочными металлами, плавятся без разложения. Многие тестируемые также знали, что оксиды можно получить окислением простых веществ кислородом воздуха. Но при этом некоторые из них, наверное, забыли, что ни галогены, ни золото, ни платина не способны окисляться кислородом даже при нагревании.

Раздел «Органическая химия» в текущем году был представлен заданиями А21—А28 и В1—В4. С наиболее высоким результатом по разделу органической химии было выполнено задание А22. Свыше 56% абитуриентов смогли продемонстрировать владение понятиями *структурная изомерия* и *номенклатура*. Пример задания.

По индивидуальному

◀ ◀ ◀ 21 стар.

A22. Структурным изомером 3-метилпентена-1 является:



При выполнении задания вначале необходимо было построить структурную формулу названного органического соединения. Далее, зная, что изомеры имеют одинаковый качественный и количественный состав молекул, но различаются химическим строением, следовало соотнести структурную формулу со структурами соединений, представленных в вариантах ответа. В результате проделанных действий получился правильный ответ — 5. При этом 21,68% экзаменуемых вместо изомера указали структуру исходного вещества. Другие дистракторы, скорее всего, абитуриентами были выбраны случайно, без понимания закономерностей строения органических соединений.

Приведем еще один пример, который мог стать косвенной причиной снижения показателей решения задания A25 (средний процент выполнения — 36,92%). Задание было ориентировано на проверку знаний о применении органических соединений.

A25. В пищевой промышленности в качестве консерванта широко используется:

- 1) олеиновая кислота — 34,75%;
- 2) **этановая кислота — 33,66%;**
- 3) метанол — 7,73%;
- 4) этаналь — 12,75%;
- 5) фенол — 11,00%.

Привлекательность всех дистракторов обусловлена незнанием испытуемыми факта широкого применения этановой кислоты в пищевой промышленности в качестве консерванта. В то же время включение этой кислоты в задание под более знакомым названием «уксусная» могло бы повысить процент правильных выборов. Отметим также, что отсутствие знаний о номенклатуре и свойствах органических соединений способствовало тому, что 23,75% абитуриентов 2022 года в качестве вещества, которое широко используется в пищевой промышленности, выбрали ядовитые вещества метанол и фенол. Данный факт является подтверждением того, что у части участников ЦТ 2022 года знания о безопасном использовании веществ в быту находились на очень низком уровне.

Внутрипредметная интеграция двух разделов химии позволяет участникам ЦТ применять знания о свойствах веществ, полученные в курсе неорганической химии, для характеристики свойств органических соединений. Так, каждая из перечисленных групп — минеральные и карбоновые кислоты; неорганические основания и амины; оксиды и гидроксиды, обладающие амфотерными свойствами, и аминокислоты — имеют общие химические свойства. Примером может служить задание A28, в котором необходимо было выбрать органическое соединение, водный раствор которого окрашивает фенолфталеин. Около 70% абитуриентов справились с заданием, поскольку знали, что амины — органические основания, способные в водном растворе сделать цвет фенолфталеина малиновым.

Перечень типовых расчетов по химии

Умение проводить типовые расчеты и решать составленные на их основе задачи в тесте текущего года проверялось посредством семи заданий открытого типа (B10—B16). Как и в предыдущие годы, все задания, включающие расчеты, были сконструированы на основе алгоритмов решений, которые имеются в учебных пособиях по химии, допущенных Министерством образования Республики Беларусь. Содержание условий подобных заданий, как правило, имеют прикладной характер.

С наиболее высокими показателями были решены задачи B12 и B13. Для их решения экзаменуемым необходимо было продемонстрировать умение анализировать условие и определиться со способом решения.

Задание B12 включает два вида основных расчетов: вычисление объема газа (н.у.) по его количеству и расчеты по термохимическим уравнениям. Приведем пример задания.

B12. Сгорание этана протекает согласно термохимическому уравнению
 $2\text{C}_2\text{H}_6(\text{г}) + 7\text{O}_2(\text{г}) = 4\text{CO}_2(\text{г}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{ж}) + 3120 \text{ кДж}$.
Испарение этанола протекает в соответствии с термохимическим уравнением
 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{ж}) = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{г}) - 39 \text{ кДж}$.

Рассчитайте минимальный объем (дм³, н.у.) этана, который необходимо сжечь для получения теплоты, достаточной для испарения этанола массой 1150 г.

Решение:

1. Найдем количество теплоты, необходимой для испарения этанола массой 1150 г:

$$\begin{array}{rcl} 1150 \text{ г} & & x \text{ кДж} \\ \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{ж}) = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{г}) - Q; & & \\ 46 \text{ г} & & 39 \text{ кДж} \\ x = 975; Q = 975 \text{ кДж}. \end{array}$$

2. Определим количество этана, который расходуется для получения теплоты 975 кДж:

$$\begin{array}{rcl} x \text{ моль} & & 975 \text{ кДж} \\ 2\text{C}_2\text{H}_6(\text{г}) + 7\text{O}_2(\text{г}) = 4\text{CO}_2(\text{г}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{ж}) + Q; & & \\ 2 \text{ моль} & & 3120 \text{ кДж} \\ x = 0,625; n(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,625 \text{ моль}. \end{array}$$

3. Рассчитаем объем этана, который необходимо сжечь для получения 975 кДж теплоты:

$$V = n \cdot V_m, V(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,625 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ дм}^3/\text{моль} = 14 \text{ дм}^3.$$

Ответ: 14.

Следует заметить, что данную задачу решили почти 32% экзаменуемых. Алгоритмы решения подобных расчетов предлагаются на страницах § 19 (*Химия: учеб. пособие для 11-го кл. учреждений общ. сред. образования / Д.И.Мычко, К.Н.Прохоревич, И.И.Борушко; под ред. Т.Н.Воробьевой. — Минск: Адукацыя і выхаванне, 2021*).

Помимо умения правильно анализировать задание, тестируемым необходимо также уметь выбирать собственный нетрудоемкий способ решения, от которого зависит распределение времени, отведенного на выполнение всей тестовой работы. Кроме того, большое количество действий часто является дополнительной причиной ошибок испытуемых при вычислениях. Для примера рассмотрим комбинированную задачу B13, сочетающую в себе типы химических расчетов — установление истинной формулы по массовым долям химических элементов, входящих в состав вещества, и расчеты массы вещества по формуле. Приведем пример задания.

B13. Для корректировки дефицита железа в корм цыпленка бройлера добавляют кристаллогидрат соли железа в расчете 82 мг металла на 1 кг корма. Массовые доли химических элементов в кристаллогидрате составляют: $w(\text{Fe}) = 20,14\%$; $w(\text{S}) = 11,51\%$; $w(\text{O}) = 63,31\%$; $w(\text{H}) = 5,04\%$. Вычислите массу (мг) кристаллогидрата в 300 г корма.

Решение:

Установление формулы вещества экзаменуемые могли осуществлять разными способами, которые изучали в курсе химии УОСО.

1 способ

Абитуриенты, которые знали, что в 1 моль кристаллогидрата соли железа содержится 1 моль металла, по формуле $w(\text{Э}) = \frac{A_r(\text{Э}) \cdot n(\text{Э})}{M_r(\text{в-ва})}$ сначала определили относительную молекулярную массу кристаллогидрата:

$$M_r(\text{вещества}) = \frac{A_r(\text{Fe})}{w(\text{Fe})} = \frac{56}{0,2014} = 278.$$

Далее рассчитали массу кристаллогидрата, в котором 0,082 г железа.

$$\begin{array}{rcl} 278 \text{ г } (\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) & \text{—} & 56 \text{ г Fe} \\ x \text{ г } (\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) & \text{—} & 0,082 \text{ г Fe} \end{array}$$

$$x = 0,407, m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 0,407 \text{ г}.$$

После этого нашли массу кристаллогидрата в 300 г корма:

$$\begin{array}{rcl} 1000 \text{ г корма} & \text{—} & 0,407 \text{ г } \text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} \\ 300 \text{ г корма} & \text{—} & x \text{ г } \text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} \end{array}$$

$$x = 0,122, m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 0,122 \text{ г, или } 122 \text{ мг}.$$

2 способ

Нахождение формулы кристаллогидрата и его относительной молекулярной или молярной масс можно было проводить на основании алгоритма (по соотношению ко-

личествов элементов), который предложен в учебном пособии по химии в 11 классе.

Допустим, масса кристаллогидрата равна 100 г, тогда массы входящих элементов составляют:

$$m(\text{Fe}) = 20,14 \text{ г}; m(\text{S}) = 11,51 \text{ г};$$

$$m(\text{O}) = 63,31 \text{ г}; m(\text{H}) = 5,04 \text{ г}.$$

Определив количества каждого элемента по формуле $n = m / M$, можно получить их соотношение и найти формулу: $n(\text{Fe}) : n(\text{S}) : n(\text{O}) : n(\text{H}) = 0,359 : 0,359 : 3,956 : 5,04 = 1 : 1 : 11 : 14$; формула кристаллогидрата: $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $M(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 278 \text{ г/моль}$.

Дальнейшие расчеты массы кристаллогидрата в 300 г корма можно проводить по способу 1.

3 способ

Тестируемые с более высоким уровнем подготовки могли выбрать более рациональный и менее трудоемкий способ решения, используя при этом не все данные в условии задания.

По формуле $w = \frac{m(\text{в-ва})}{m(\text{смеси})}$ они рассчитали массу кристаллогидрата соли железа сначала в 1 кг, затем в 300 г корма:

$$w(\text{Fe}) = \frac{m(\text{Fe})}{m(\text{кристаллогидрата})}$$

$$m(\text{кристаллогидрата}) = \frac{m(\text{Fe})}{w(\text{Fe})};$$

$$m(\text{кристаллогидрата}) = \frac{0,082 \text{ г} \cdot 100\%}{20,14\%} = 0,407 \text{ г};$$

$$1000 \text{ г корма} \text{ — } 0,407 \text{ г } \text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$$

$$300 \text{ г корма} \text{ — } x \text{ г } \text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$$

$$x = 0,122, m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 0,122 \text{ г, или } 122 \text{ мг}.$$

Ответ: 122 мг.

Некоторые абитуриенты не смогли прийти к верному решению, так как, возможно, невнимательно ознакомились с условием задания, поэтому в ответе указали массу соли не в миллиграммах, а в граммах. Они также могли допустить ошибки в вычислениях.

Алгоритмы решения подобных задач можно найти в § 1—2, 4—5 (*Химия: учеб. пособие для 11-го кл. учреждений общ. сред. образования / Д.И.Мычко, К.Н.Прохоревич, И.И.Борушко; под ред. Т.Н.Воробьевой. — Минск: Адукацыя і выхаванне, 2021*).

С близкими результатами были выполнены задания B11 и B14, B10 и B16 (средние проценты выполнения — 16,05 и 15,05; 12,05 и 13,57 соответственно). Их можно отнести к расчетам, типы которых знакомы тестируемым, но ситуации, излагаемые в условии, слегка отличаются от стандартных.

Например, задание B11, посредством которого проверялись следующие элементы содержания:

— знание учебного материала по теме «Минеральные удобрения»;

— умение вычислять массовую долю компонента в смеси и количество вещества по его массе и массу вещества по его количеству. Приведем пример задания.

B11. Содержание питательного элемента калия в удобрении определяется массовой долей в нем оксида калия. Для повышения урожайности почвы был использован навоз с массовой долей оксида калия 0,4%. В сильвините калий содержится в составе хлорида калия. Рассчитайте массу (т) навоза, который по содержанию калия может заменить 262 кг сильвинита с массовой долей хлорида калия 46%.

Решение:

1. Зная формулу сильвинита $\text{NaCl} \cdot \text{KCl}$, вычислим количество содержащегося в нем калия:



Снимок используется в качестве иллюстрации.

Фото Олэга МІНАВІЧА.

алгоритму

m(KCl) = *m*(сильвинита) · *w* = 262 кг · 0,46 = 120,52 кг, или 120 520 г;

n(K) = *n*(KCl);
n(KCl) = *m*(KCl) / *M*(KCl), *M*(KCl) = 74,5 г/моль;
n(KCl) = 120 520 г / 74,5 г/моль = 1617,718 моль;
n(K) = 1617,718 моль.

2. Найдем массу питательного элемента, выраженного через K₂O, в сильвините:

2K → K₂O;
n(K₂O) = *n*(K) / 2 = 1617,718 моль / 2 = 808,859 моль;
m(K₂O) = *n*(K₂O) · *M*(K₂O), *M*(K2O) = 94 г/моль;
m(K₂O) = 808,859 моль · 94 г/моль = 76 032,746 г.

Поскольку содержание питательного элемента в сильвините и навозе одинаковое, то рассчитаем необходимую массу навоза:

m(навоза) = *m*(K₂O) / *w*;
m(навоза) = 76032,746 г / 0,004 = 19 008 186 г, или 19 т.

Ответ: 19 т.

Теоретическое обоснование для решения аналогичных задач находится в тексте § 40 (***Химия: учеб. пособие для 11-го кл. учреждений общ. сред. образования** / Д.И.Мычко, К.Н.Прохоревич, И.И.Борушко; под ред. Т.Н.Воробьевой. — Минск: Адукацыя і выхаванне, 2021).*

Посредством открытого задания В14 выявлялся уровень подготовки абитуриентов по теме «Качественные и количественные характеристики состава растворов». Для решения задачи необходимо владение понятиями *растворимость, насыщенный раствор, массовая доля вещества в растворе* и умением определять массовую долю вещества в растворе. Выбор типового расчета тестируемые делали самостоятельно. Например, вычисление массы вещества в исходном растворе они могли осуществлять через поиск массы сахара, массы воды или с помощью переменных. Приведем пример задания.

В14. Для приготовления сахарного сиропа к порции раствора сахара массой 400 г при температуре 60°С дополнительно добавили 300 г сахара и тщательно перемешали. При этом 40 г сахара не растворилось. Рассчитайте массу (г) сахара в исходном растворе, если его растворимость при данной температуре равна 300 г в 100 г воды.

Решение:

1. Определим массу насыщенного раствора, полученного после добавления в его исходный раствор дополнительной порции сахара при 60°С:
400 г + 300 г — 40 г = 660 г.
2. Найдем массу воды в насыщенном при 60°С растворе: 400 г (300 + 100) раствора содержит 100 г Н₂O
660 г раствора содержит *x* г Н₂O
x = 165, *m*(Н₂O) = 165 г.

3. Поскольку при получении сиропа дополнительно воду не добавляли, рассчитаем массу сахара в исходном растворе:

m(в-ва) = *m*(р-ра) — *m*(Н₂O) = 400 г — 165 г = 235 г.

Ответ: 235.

Основные причины неправильных ответов могли быть обусловлены неверным расчетом массы раствора или массы воды или сахара, неумением вычислять их массовые доли в растворе, а также ошибками в вычислениях. Для актуализации знаний, необходимых для решения этого задания, можно воспользоваться материалом § 6 (***Химия: учеб. пособие для 9-го кл. учреждений общ. сред. образования** / Химия: учеб. для 9-го кл. учреждений общ. сред. образования / И.Е.Шиманович, Е.И.Василевская, В.А.Красицкий, О.И.Сечко; под ред. И.Е.Шимановича. — Минск: Нар. асвета, 2019); § 50 (Химия: учеб. для 8-го кл. учреждений общ. сред. образования / И.Е.Шиманович и др.; под ред. И.Е.Шимановича. — Минск: Нар. асвета, 2018);*

§ 24 (***Химия: учеб. пособие для 11-го кл. учреждений общ. сред. образования** /Д.И. Мычко, К.Н.Прохоревич, И.И.Борушко; под ред. Т.Н.Воробьевой. — Минск: Адукацыя і выхаванне, 2021).*

В этом году в тест было включено новое задание В 10, направленное на проверку:

— знания общих формул кислородсодержащих органических соединений (спиртов, альдегидов, карбоновых кислот и сложных эфиров), а также их способов получения;

— умения вычислять массу вступившего в реакцию вещества с учетом практического выхода продукта.

Кроме того, результат этой задачи зависел от умения экзаменуемых анализировать представленный материал и делать правильные выводы.

В10. Порцию насыщенного альдегида разделили на две равные части. Одну часть восстановили до одноатомного спирта, а другую окислили до одноосновной карбоновой кислоты. Затем эти продукты ввели в реакцию этерификации, в результате чего образовался сложный эфир массой 96 г. Вычислите массу (г) исходной порции альдегида, учитывая, что каждое превращение протекало с выходом продукта 80%.

Решение:

1. Запишем общие формулы насыщенного альдегида с

одной альдегидной группой и соответствующие ему спирт и карбоновую кислоту C_{*n*}H_{2*n*}O, C_{*n*}H_{2*n*+ 2}O, C_{*n*}H_{2*n*}O₂.

Составим схемы реакций восстановления и окисления исходного альдегида:

C_{*n*}H_{2*n*}O + Н₂ → C_{*n*}H_{2*n*+ 2}O;
C_{*n*}H_{2*n*}O + [O] → C_{*n*}H_{2*n*}O₂.

Анализируя схемы превращений альдегида в спирт и кислоту, можно заметить, что его исходная масса увеличилась на сумму масс Н₂ и О.

2. Запишем схему реакции этерификации:

C_{*n*}H_{2*n*}O₂ + C_{*n*}H_{2*n*+ 2}O $\rightleftharpoons$ C_{*n*}H_{2*n*}O₂ + Н₂O.

Значит, массу образовавшейся воды во втором превращении можно рассматривать как сумму масс Н₂ и О, поглощенных альдегидом в первом превращении. Поэтому масса сложного эфира равна практической массе исходного альдегида и составляет 96 г.

3) Вычислим исходную теоретическую массу альдегида: *m*_{теор} = *m*_{практ} / η_{ср}; η_{ср} = η₁ · η₂;
*m*_{теор} (C_{*n*}H_{2*n*}O) = 96 г / (0,8 · 0,8) = 150 г.

Как можно заметить, что данный способ решения не включал никаких сложных решений. Важным было лишь тщательно отследить изменения, которые оказывали влияние на исходную массу альдегида.

Рассмотрим другой возможный способ решения с включением переменной.

1. Обозначим состав исходного альдегида как R — СНО. Пусть количество каждой части альдегида составляет *x* моль. Зная, что в результате реакции восстановления альдегида образуется соответствующий спирт, а в результате реакции его окисления — карбоновая кислота, запишем схемы реакций восстановления и окисления альдегида и узнаем количества полученных продуктов:

x моль *x* моль
R — CHO → R — CH₂OH;

x моль *x* моль
R — CHO → R — COOH.

Поскольку порции альдегида, подвергшиеся реакциям восстановления и окисления, равны, а превращение исходного альдегида протекало с выходом продукта 80%, то практическое количество полученного спирта равно практическому количеству полученной кислоты:

*n*_{практ} = *n*_{теор} · η;
*n*_{практ} (R — CH₂OH) = *n*_{практ} (R — COOH) = 0,8 *x* моль;

2. Составим схему реакции этерификации и рассчитаем практическое количество полученного сложного эфира:

0,8 *x* моль 0,8 *x* моль 0,8 *x* моль
R — COOH + R — CH₂OH $\rightleftharpoons$ R — COO — CH₂OR + Н₂O.

Так как данное превращение также протекало с выходом 80%, то практическое количество

R — COO — CH₂OR равно:
0,8 *x* моль · 0,8 = 0,64 *x* моль.

3. Вычислим исходную массу альдегида:
m = *n* · *M*; *M*(R — COO — CH₂OR) = (2R + 58) г/моль;
m(R — COO — CH₂OR) = (2R + 58) г/моль · 0,64 *x* моль = 96 г;
*m*_{исх} (R — CHO) = (2R + 58) г/моль · *x* моль;
0,64 *x* = 96;
x = 150, или *m*_{исх} (R — CHO) = 150 г.

Ответ: 150.

Теоретическое обоснование для решения задачи находится в содержании § 22, 29—31, 33, 38 (***Химия: учеб. пособие для 9-го кл. учреждений общ. сред. образования** / И.Е.Шиманович, Е.И.Василевская, В.А. Красицкий, О.И.Сечко; под ред. И.Е.Шимановича. — Минск: Нар. асвета, 2019); § 39 (Химия: учеб. пособие для 10-го кл. учреждений общ. сред. образования / Т.А.Колевич, Вадим Э.Матулис, Виталий Э.Матулис, И.Н.Варакса. — Минск: Адукацыя і выхаванне, 2019).*

Теоретической основой задачи В16 являются: — знания о молярной концентрации вещества в растворе и понимание величины рН раствора;

— умения записывать уравнения диссоциации кислот и применять формулы для расчета количеств кислот по их молярной концентрации в растворе. Приведем пример задания.

В16. В растворе, полученном добавлением азотной кислоты к разбавленной серной кислоте, суммарная молярная концентрация анионов равна 0,006 моль/дм³, а значение рН 2. Считая, что обе кислоты полностью распадаются на ионы, вычислите количество (моль) азотной кислоты в этом растворе объемом 1 м³.

Решение:

1. Составим уравнения диссоциации кислот:
HNO₃ → Н⁺ + NO₃[−];
Н₂SO₄ → 2Н⁺ + SO₄^{2−}.
Пусть в растворе кислот объемом 1 дм³
n(HNO₃) = *x* моль; *n*(H₂SO₄) = *y* моль.
Исходя из уравнений диссоциации кислот:
n(NO₃[−]) = *n*(HNO₃) = *x* моль; *n*_{в·HNO₃} (Н⁺) = *n*(HNO₃) = *x* моль;
n(SO₄^{2−}) = *n*(H₂SO₄) = *y* моль; *n*_{в·H₂SO₄} (Н⁺) = 2*n*(H₂SO₄) = 2*y* моль;
2. Из условия известно, что суммарная молярная концентрация анионов равна 0,006 моль/дм³, а значение рН 2,

или с(Н⁺) = 0,01 моль/дм³, составим систему уравнений и определим *n*(HNO₃).{

$\begin{cases} x + y = 0,006 \\ x + 2y = 0,01 \end{cases}$
y = 0,004; *x* = 0,002;
значит,
в 1 дм³ содержится 0,002 моль HNO₃,
в 1 м³ содержится 2 моль HNO₃.

Ответ: 2.

Из представленного решения следует, что задание не предполагало сложных арифметических расчетов. Допущенные ошибки обусловлены непрочным знанием проверяемых элементов содержания. Необходимый учебный материал для решения задания содержится в § 50 (***Химия: учеб. для 8-го кл. учреждений общ. сред. образования** / И.Е.Шиманович и др.; под ред. И.Е.Шимановича. — Минск: Нар. асвета, 2018); § 26 (Химия: учеб. пособие для 11-го кл. учреждений общ. сред. образования / Д.И.Мычко, К.Н.Прохоревич, И.И.Борушко; под ред. Т.Н.Воробьевой. — Минск: Адукацыя і выхаванне, 2021).*

Наиболее трудной для многих участников ЦТ оказалась задача В15, которая нацелена на проверку знания признаков протекания химических реакций, а также умений, формируемых в процессе проведения химического эксперимента. Именно данный учебный материал вызывает затруднения у экзаменуемых, особенно у тех, кто не имел достаточного опыта лабораторной практики.

Приведем пример задания.

В15. К твердой смеси, состоящей из 78 г сульфата магния, 35 г мрамора и 82,8 г карбоната калия, добавили избыток дистиллированной воды и перемешали. Полученную суспензию отфильтровали, а образовавшийся на фильтре осадок высушили и взвесили. К отфильтрованному раствору добавили избыток раствора нитрата бария, в результате чего выпал новый осадок. Рассчитайте сумму масс (г) обоих осадков.

Решение:

После добавления к исходной смеси дистиллированной воды мрамор СаСО₃ в воде не растворился, а хорошо растворимые вещества сульфат магния MgSO₄ и карбонат калия К₂СО₃ вступили между собой в химическую реакцию:
MgSO₄ + К₂СО₃ = MgСО₃ ↓ + К₂SO₄ (1).

1. Найдем количества прореагировавших солей и полученных продуктов: *n* = *m* / *M*; *M*(MgSO₄) = 120 г/моль, *M*(К₂СО₃) = 138 г/моль, *M*(MgСО₃) = 84 г/моль;
n(MgSO₄) = 78 г / 120 г/моль = 0,65 моль; *n*(К₂СО₃) = = 82,8 г / 138 г/моль = 0,6 моль.

Взаимодействие солей MgSO₄ и К₂СО₃ протекало в отношении: 0,65 моль : 0,6 моль соответственно.

Значит, соль MgSO₄ в количестве 0,05 (0,65—0,6) моль была взята в избытке. Количества MgСО₃ и К₂SO₄ определим исходя из количества соли К₂СО₃, находящейся в недостатке. Согласно уравнению реакции 1 *n*(К₂СО₃) = *n*(MgСО₃) = = *n*(К₂SO₄) = 0,6 моль. Состав полученной суспензии — это труднорастворимые соли СаСО₃ массой 35 г и MgСО₃ массой 50,4 г (0,6 моль · 84 г/моль), а также раствор оставшегося в избытке MgSO₄ количеством 0,05 моль и образовавшегося в результате реакции К₂SO₄ количеством 0,6 моль.

2. Вычислим массу полученного на фильтре осадка:
m(СаСО₃) + *m*(MgСО₃) = 35 г + 50,4 г = 85,4 г.

3. Составим уравнения реакций между MgSO₄ и К₂SO₄, находящихся в растворе, с раствором Ва(НО₃)₂ и определим массу осадка:

MgSO₄ + Ва(НО₃)₂ = Mg(НО₃)₂ + BaSO₄ ↓ (2);
К₂SO₄ + Ва(НО₃)₂ = 2KNO₃ + BaSO₄ ↓ (3).

Поскольку *n*(MgSO₄) = *n*(BaSO₄) = 0,05 моль, *n*(К₂SO₄) = *n*(BaSO₄) = 0,6 моль, то масса выпавшего в осадок BaSO₄ равна: *m* = *n* · *M*, *m*(BaSO₄) = (0,05 + 0,6) моль · · 233 г/моль = 151,45 г.

4. Рассчитаем сумму масс обоих осадков:
85,4 г + 151,45 г = 236,85 ≈ 237 г.

Ответ: 237.

Необходимый теоретический материал и алгоритмы аналогичных расчетов можно найти на страницах § 9, 23 (***Химия: учеб. для 8-го кл. учреждений общ. сред. образования** / И.Е.Шиманович и др.; под ред. И.Е.Шимановича. — Минск: Нар. асвета, 2018); § 5, 27, 35, 42 (Химия: учеб. пособие для 11-го кл. учреждений общ. сред. образования / Д.И.Мычко, К.Н.Прохоревич, И.И.Борушко; под ред. Т.Н.Воробьевой. — Минск: Адукацыя і выхаванне, 2021).*

На основании проведенного анализа можно утверждать, что тест по химии позволил объективно определить уровень подготовки абитуриентов 2022 года. Наиболее трудными для многих участников ЦТ были задания прикладного характера. Это связано с тем, что каждую проблемную ситуацию, на основе которой сконструирована тестовая задача, запомнить невозможно. Сложность подобных заданий состоит еще в том, что каждое из них имеет индивидуальный алгоритм решения с учетом конкретных данных в условии задания. Для достижения успеха на ЦТ необходимо системное изучение предмета с опорой на знания, формируемые в процессе проведения химического эксперимента, а также формирование умений анализировать и сравнивать, классифицировать и обобщать, грамотно читать и правильно считать.

**Материал предоставлен
Республиканским институтом контроля знаний.**