

Разбор заданий пригласительного этапа ВсОШ по химии для 7 класса

2020/21 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

Задание № 1

Условие:

В современной Периодической системе — 118 элементов. Какие из них имеют самые короткие названия в русском языке? Запишите их порядковые номера.

Ответ:

Элемент 1 — 5 (или 53)

Элемент 2 — 53 (или 5)

Каждый правильный ответ — 1 балл

Максимальный балл за задание — 2

Решение. Для ответа достаточно внимательно просмотреть всю периодическую таблицу и увидеть, что в ней есть всего два элемента с названиями из 3 букв — бор (№ 5) и иод (№ 53). О том, что таких элементов всего два, говорит и число полей в ответе.

Задание № 2

Условие:

В истории химии есть ряд великих открытий, определивших её развитие. Ниже перечислены некоторые из них. Укажите их авторов.

Варианты для соотнесения:

- | | |
|-------------------------------|--------------------|
| 1) Атомно-молекулярная теория | А) Дж. Дальтон |
| 2) Периодический закон | Б) Д. И. Менделеев |
| 3) Закон сохранения массы | В) М. В. Ломоносов |
| 4) Открытие атомного ядра | Г) Э. Резерфорд |

Ответ:

1 — А, 2 — Б, 3 — В, 4 — Г

Каждое правильное соответствие — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4

Решение. Хорошо известно, что Периодический закон открыл Д. И. Менделеев. Из школьных учебников по химии, в том числе и для 7 класса (например, авторского коллектива МГУ — Еремин, Лунин, Дроздов), можно узнать, что атомное ядро открыл Э. Резерфорд. Закон сохранения массы — заслуга М. В. Ломоносова. Многие участники ошибочно приписывали Михаилу Васильевичу атомно-молекулярную теорию, но во времена Ломоносова понятия «атом» и «молекула» ещё не существовали. У истоков этой теории стоял англичанин Дж. Дальтон.

Задание № 3

Условие:

К названиям элементов иногда добавляют число, например, «кислород-16», «уран-238», «гелий-3», «калий-40», «московский-289». Что означает это число?

Варианты ответа:

- порядковый номер элемента
- относительную атомную массу элемента
- сумму числа протонов и нейтронов в ядре
- плотность по водороду
- массу атома в граммах
- число нейтронов в ядре

Ответ:

сумму числа протонов и нейтронов в ядре

Частично правильный ответ:

относительную атомную массу элемента

Правильный ответ — 4 балла, частично правильный ответ — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение. Число после названия элемента нужно для того, чтобы различать между собой изотопы данного элемента. Это — массовое число, которое, по определению, равно сумме чисел протонов и нейтронов в ядре атома. Вариант «относительная атомная масса» в данном случае является неправильным по двум причинам: 1) Относительная атомная масса характеризует элемент в целом, включая все его изотопы и их распространенность в земной коре, тогда как массовое число относится к конкретному изотопу элемента; 2) Массовое число — всегда целое, а относительная молекулярная масса всегда — дробная, хотя у отдельных элементов, например, кислорода, бывает очень близка к целому числу.

Задание № 4

Условие:

Многие вещества состоят из молекул, но не все. В каких из перечисленных ниже веществ нет молекул?

Варианты ответа:

природный газ

болотный газ

графит

веселящий газ

бронза

хлорид натрия

нефть

Ответ:

графит, бронза, хлорид натрия

Каждый правильный ответ — 1 балл, штраф за неправильный ответ — 1 балл

Максимальный балл за задание — 3

Решение. Это вопрос на знание важнейших веществ молекулярного и немолекулярного строения.

Ответ не подходит, так как природный газ — это смесь углеводородов, которые состоят из молекул.

Ответ не подходит, так как болотный газ, или метан — CH_4 , состоит из молекул.

Ответ подходит, так как графит — аллотропная модификация углерода, C , состоящая из атомов, соединенных ковалентными связями. Молекул графита не бывает.

Ответ не подходит, так как веселящий газ, или оксид азота (I) — N_2O , состоит из молекул.

Ответ подходит, так как бронза является сплавом, в котором основные металлы — медь и олово. Сплав состоит из атомов, соединенных металлической связью. Молекул бронзы не бывает.

Ответ подходит, так как хлорид натрия — NaCl , вещество ионного строения, состоит из ионов Na^+ и Cl^- . В твердом и жидком состоянии молекул хлорида натрия не существует.

Ответ не подходит, так как нефть — это смесь большого количества веществ, преимущественно углеводородов, практически все из них состоят из молекул.

Задание № 5

Условие:

Каждую секунду в природе происходит множество процессов. Среди перечисленных ниже укажите все процессы, в которых происходит химическая реакция.

Варианты ответа:

ветер

ржавление гвоздя

зарядка автомобильного аккумулятора

подъем воздушного шара

появление зеленого налета на бронзовом памятнике

горение костра

Ответ:

ржавление гвоздя, зарядка автомобильного аккумулятора, появление зеленого налета на бронзовом памятнике, горение костра

Каждый правильный ответ — 1 балл, штраф за неправильный ответ — 2 балл

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

Вариант не подходит, так как ветер — это физическое явление, движение воздуха, вызванное разностью давлений.

Вариант ответа подходит, потому как ржавление гвоздя — это процесс превращение железа Fe под действием воды и кислорода воздуха в гидратированный оксид, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$.

Вариант ответа подходит. Зарядка автомобильного аккумулятора — это химический процесс, который происходит в аккумуляторе под действием внешнего источника тока. Сульфат свинца на электродах испытывает химические превращения: на аноде $\text{PbSO}_4 \rightarrow \text{PbO}_2$, на катоде $\text{PbSO}_4 \rightarrow \text{Pb}$. Для верного ответа достаточно понимать, что зарядка (и разрядка) аккумулятора — химическая реакция.

Вариант ответа не подходит, так как подъем воздушного шара — физическое явление, происходящее за счет подъемной силы газа.

Вариант ответа подходит, так как появление зеленого налета на бронзовом памятнике — это окисление меди под действием кислорода воздуха в присутствии влаги и углекислого

газа (похоже на ржавление железа). Медь превращается в основной карбонат: $\text{Cu} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$.

Вариант ответа подходит, так как любое горение — это химическая реакция.

Задание № 6

Условие:

Одно из важнейших природных веществ — углекислый газ, CO_2 . Какие утверждения относительно углекислого газа истинны?

Варианты ответа:

легче воздуха

не поддерживает дыхания

не поддерживает горения

ядовит

нерастворим в воде

производится животными и потребляется растениями

Ответ:

не поддерживает дыхания, не поддерживает горения, производится животными и потребляется растениями

Каждый правильный ответ — 1 балл, штраф за неправильный ответ — 1 балл

Максимальный балл за задание — 3

Решение.

Вариант не подходит, так как CO_2 не легче, а тяжелее воздуха, поскольку $M(\text{CO}_2) > M(\text{воздуха})$.

Вариант подходит, так как дыхание поддерживает кислород, а не углекислый газ.

Вариант подходит, так как горение поддерживает кислород, а не углекислый газ.

Вариант не подходит. Дышать углекислым газом нельзя (см. комментарий к п. 2), однако, это не означает, что CO_2 ядовит. Углекислый газ не относят к ядовитым веществам, так как его довольно много в организме — выдыхаемый нами воздух содержит 4 объемных % CO_2 .

Вариант не подходит, так как углекислый газ немного, но растворим в воде — на этом основано приготовление газированных напитков.

Вариант подходит, так как углекислый газ — продукт дыхания животных (и растений тоже), а растения используют его как источник углерода при фотосинтезе.

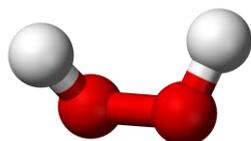
Задание № 7

Условие:

Ниже приведены 5 молекулярных моделей и 7 химических формул. Поставьте в соответствие каждой модели правильную формулу.

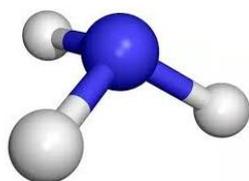
Варианты для соотнесения:

1)



А) H_2O_2

2)



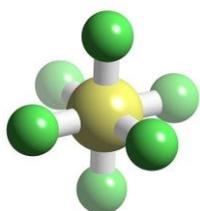
Б) NH_3

3)



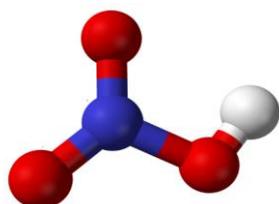
В) CH_4

4)



Г) SF_6

5)



Д) HNO_3

Е) H_2SO_4

Ж) H_2O

Ответ:

1 — А, 2 — Б, 3 — В, 4 — Г, 5 — Д.

Каждое правильное соответствие — 1 балл

Максимальный балл за задание — 5

Решение. Для нахождения правильного ответа достаточно посчитать число атомов каждого вида. Например, самая первая молекула содержит по два атома двух элементов. В списке формул ей соответствует H_2O_2 . Остальные соответствия устанавливаются аналогично. Для работы с молекулярными моделями полезно запомнить цвета шариков, используемых для обозначения элементов: С — черный, Н — белый или серый, О — красный, N — синий, S — желтый, F — зеленый.

Задание № 8

Условие:

Кислород — самый распространенный элемент в земной коре. А какие из перечисленных веществ не содержат кислорода?

Варианты ответа:

воздух

питьевая сода

поваренная соль

аммиачная селитра

кварц

глинозём

мрамор

сероводород

Ответ:

поваренная соль, сероводород

Каждый правильный ответ — 2 балла, штраф за неправильный ответ — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4

Решение. Данный вопрос нацелен на проверку знаний тривиальных названий некоторых широко распространенных веществ и минералов.

Вариант не подходит, так как в воздухе присутствует молекулярный кислород O_2 .

Вариант не подходит, так как питьевая сода — это гидрокарбонат натрия, $NaHCO_3$, в составе которого присутствует кислород.

Вариант подходит, так как поваренная соль — это хлорид натрия, $NaCl$, кислород в её составе отсутствует.

Вариант не подходит, так как аммиачная селитра — это нитрат аммония, NH_4NO_3 , в составе которого присутствует кислород.

Вариант не подходит, так как кварц — это диоксид кремния, SiO_2 , в составе которого присутствует кислород.

Вариант не подходит, так как глинозём — это оксид алюминия, Al_2O_3 , в составе которого присутствует кислород.

Вариант не подходит, так как мрамор — это карбонат кальция, CaCO_3 , в составе которого присутствует кислород.

Вариант подходит, так как в сероводороде, H_2S , отсутствует кислород.

Задание № 9

Условие:

На Земле водоемы состоят из воды, а в космосе есть и другие жидкие вещества. Например, на Титане (крупнейшем спутнике Сатурна) моря и озёра состоят из углеводородов — соединений, содержащих только два элемента, углерод и водород. В земных условиях углеводороды входят в состав природного газа, а при низкой температуре становятся жидкими.



Один из таких «углеводоёмов» состоит из двух веществ — метана CH_4 и этана C_2H_6 . На каждые 9 атомов углерода в озере приходится 28 атомов водорода. Во сколько раз число молекул одного углеводорода превышает число молекул другого? В ответ запишите число с точностью до целых.

Ответ:

4

Максимальный балл за задание — 5

Решение. Это — типичная задача на смесь веществ. Для её решения нужно ввести неизвестные переменные, характеризующие состав смеси.

Пусть в озере имеется x молекул CH_4 (всего содержат x атомов С и $4x$ атомов Н) и y молекул C_2H_6 (всего содержат $2y$ атомов С и $6y$ атомов Н). Всего в озере — $(x + 2y)$ атомов С и $(4x + 6y)$ атомов Н. По условию:

$$N(\text{H}) / N(\text{C}) = 28 / 9$$

$$(4x + 6y) / (x + 2y) = 28 / 9$$

$$36x + 54y = 28x + 56y$$

$$y = 4x$$

$$N(\text{C}_2\text{H}_6) / N(\text{CH}_4) = 4$$

В озере — в 4 раза больше молекул этана, чем метана. Данный пример показывает, что для решения химических задач часто требуется хорошее знание элементарной математики.

Задание № 10

Условие:

Плотность газа при заданных условиях прямо пропорциональна его молярной массе, поэтому самый легкий газ — водород. Бывают и очень тяжелые газы, плотность которых в несколько раз превышает плотность воздуха. Из приведенного списка выберите два самых тяжелых газа.

Варианты ответа:

воздух

углекислый газ

озон

сернистый газ

Rn

IF₇

C₄F₁₀

N(CF₃)₃

Ответ:

IF₇, C₄F₁₀

Каждый правильный ответ — 2 балла, штраф за неправильный ответ — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4

Решение. Достаточно найти два газа с самой большой молярной массой. Можно посчитать все 8 молярных масс, а можно заметить, что первые четыре газа — довольно легкие, и ограничиться подсчётами для последних четырёх.

5) $M(\text{Rn}) = 222$ г/моль (самый устойчивый изотоп).

6) $M(\text{IF}_7) = 127 + 19 \cdot 7 = 260$ г/моль.

7) $M(\text{C}_4\text{F}_{10}) = 12 \cdot 4 + 19 \cdot 10 = 238$ г/моль.

8) $M(\text{N}(\text{CF}_3)_3) = 14 + (12 + 19 \cdot 3) \cdot 3 = 221$ г/моль.

Следовательно, самые тяжелые газы — IF₇ и C₄F₁₀.

Задание № 11

Условие:

Этот минерал наряду с другими названиями известен как *пакистанский изумруд*. Правда, к настоящим изумрудам он не имеет никакого отношения, а является одной из разновидностей гранатов. Название этому минералу предложил в 1808 г. немецкий геолог Вернер, заметив, что цвет минерала очень похож на цвет обыкновенного крыжовника.



Это достаточно редкий и поэтому весьма дорогой минерал, химическую основу которого составляют силикаты алюминия и кальция. Его формулу можно записать в виде комбинации оксидов:



где x , y , z — наименьшие натуральные числа. Массовые доли кальция, алюминия и кремния равны 26.67%, 12.00% и 18.67%, соответственно. Определите химическую формулу *пакистанского изумруда*. В ответ запишите числа x , y , z .

Ответ:

$$x = 3, y = 1, z = 3$$

Каждый правильный ответ — 2 балла

Максимальный балл за задание — 6

Решение. Используя массовые доли, можно составить систему трех уравнений для трех неизвестных и решить её, но можно поступить проще. Судя по массовым долям, в минерале меньше всего алюминия, поэтому примем $y = 1$. Тогда в одной формульной единице минерала — два атома алюминия массой $2 \cdot 27 = 54$ а. е. м.

Составим пропорцию:

$$m(\text{Al}) = 54 \text{ а. е. м} \text{ — } 12.00\%$$

$$M(\text{минерала}) \text{ — } 100\%,$$

$M(\text{минерала}) = 54 \cdot 100\% / 12.00\% = 450 \text{ а. е. м.}$, это — масса одной формульной единицы.

Найдем массу кальция в ней: $m(\text{Ca}) = 450 \cdot 26.67\% / 100\% = 120 \text{ а. е. м.}$, что соответствует 3 атомам кальция, т.е. $x = 3$. Число z найдем из уравнения для $M(\text{минерала})$:

$$M(\text{минерала}) = x \cdot M(\text{CaO}) + y \cdot M(\text{Al}_2\text{O}_3) + z \cdot M(\text{SiO}_2)$$

$$450 = 56x + 102 + 60z$$

$$z = 3$$

Формула пакистанского изумруда — $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$.

Задание № 12

Условие:

Юный химик с далекой планеты *Proton* решил рассказать своим друзьям с *Земли* об одном соединении X, которое он синтезировал у себя в лаборатории, используя только реакции соединения.



Соединение X

Однако инопланетянин использовал для этой цели не привычный для нас язык химических символов, а «свой», который химики на планете *Proton* применяют в своей повседневной химической практике. Текст сообщения следующий:

$$274 + 32 \rightarrow 306$$

$$12 + 32 \rightarrow 44$$

$$153 + 44 \rightarrow 197(X)$$

Расшифруйте это сообщение. Каждому из приведенных ниже чисел поставьте в соответствие привычные нам химические символы.

Ответ:

12 — C

32 — O₂ (O₂)

44 — CO₂ (CO₂)

153 — BaO

197 — BaCO₃ (BaCO₃)

306 — 2BaO

Каждое правильное соответствие — 1 балл

Максимальный балл за задание — 6

Решение. Ключ к решению — вторая реакция, в которой легко узнать молекулярные массы углерода С и кислорода O₂: $C + O_2 = CO_2$. Затем CO₂ вступает в реакцию соединения с другим веществом. CO₂ — кислотный оксид, он реагирует со многими основными оксидами, т.е. оксидами металлов. Молекулярной массе 153 соответствует оксид бария BaO, тогда 197 (вещество X) — это карбонат бария, BaCO₃, именно он изображен на фотографии. Уравнение реакции: $BaO + CO_2 = BaCO_3$.

Теперь перейдем к первой реакции. По молекулярным массам можно узнать только кислород. Но если попробовать связать два других числа с барием и его соединениями, то можно увидеть, что 274 — это удвоенная атомная масса бария, $274 = 2 \cdot 137$, а 306 — удвоенная молекулярная масса оксида бария BaO: $306 = 2 \cdot 153$. Таким образом, $306 = 2BaO$. Уравнение первой реакции: $2Ba + O_2 = 2BaO$.