

## Максимальное количество баллов за олимпиаду — 100

**Задание 1.** Запишите однобуквенные химические символы неметаллов, отвечающих условиям.

**Ответ:**

Проявляет максимальную степень окисления +1: H

Проявляет максимальную степень окисления +3: B

Проявляет максимальную степень окисления +4: C

Проявляет максимальную степень окисления +5: N

Проявляет максимальную степень окисления +6: S

Проявляет максимальную степень окисления +7: I

**Критерий оценивания:** за каждый верный ответ — 1 балл. Всего 6 баллов

**Максимальный балл за задание — 6**

**Решение.**

Однобуквенные элементы в таблице Менделеева: H, B, C, N, O, F, P, S, K, V, Y, I, W, U. Из них неметаллы: H, B, C, N, O, F, P, S, I.

**Задание 2.** Наиболее распространённый изотоп неметалла имеет равное число протонов и нейтронов. Запишите его химический символ, если известно, что согласные буквы вам не понадобятся.

**Ответ:** O

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 8 баллов

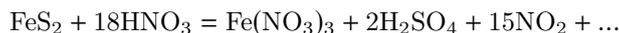
**Максимальный балл за задание — 8**

**Решение.**

Если без согласных, то условию соответствую только однобуквенные элементы, таких два — O и I. Но так как у иода количество протонов и нейтронов отличается, ответ — кислород.

**Задание 3.**

а) Заполните пропуск формулой вещества (без указания коэффициента).



**Ответ:** H<sub>2</sub>O

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

б) Какие элементы в приведённом уравнении выступают восстановителями?

**Ответ:**

✓ Fe

✓ S

• H

• N

• O

**Критерий оценивания:** за каждый верный ответ — 2 балла. Если выбрано больше 4 пунктов — 0 баллов.

Всего 4 балла

в) Какие элементы в приведённом уравнении выступают окислителями?

**Ответ:**

• Fe

• S

• H

✓ N

• O

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

**Максимальный балл за задание — 8**

**Решение.**

а) В продуктах реакции образуется вода.

б) Восстановителями выступают железо и сера.

в) Окислителем является азот.

**Задание 4.** Элемент X образует большое число оксидов, в том числе O<sub>1</sub> и O<sub>2</sub>, массовое содержание кислорода в которых равно 53.33 % и 69.57 % соответственно. Степень окисления элемента X в оксидах O<sub>1</sub> и O<sub>2</sub> отличается на две единицы.

а) Запишите химический символ элемента X.

**Ответ:** N

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 4 балла

б) Определите массовую долю кислорода в высшем оксиде этого элемента. Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

**Ответ:** 74

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 4 балла

**Максимальный балл за задание — 8**

**Решение.**

Формулы оксидов  $O_1$  и  $O_2$  можно представить в виде  $X_2O_n$  и  $X_2O_m$ . Тогда можно получить соотношение между  $n$  и  $m$ :

$$M(X_2O_n) = \frac{16n}{0.6957} = 23m = 2X + 16m \Rightarrow X = 3.5.$$

Отсюда получаем  $m = 2n$ , а по условию задачи  $m - n = 2 \Rightarrow 2n - n = 2 \Rightarrow n = 2, m = 4$ . Тогда  $M(X) = 14$  г/моль, что соответствует азоту,  $X = N$ . Массовое содержание кислорода в  $N_2O_5$  равно  $\frac{80}{108} = 74.07\%$ .

**Задание 5.** На полках магазинов можно встретить средство для прочистки труб под названием «Крот». Оно встречается в виде порошка, который содержит 15 % гидроксида натрия и 85 % хлорида натрия по массе, а также в виде 5 %-го водного раствора гидроксида натрия. Сколько грамм «Крота» в виде раствора можно приготовить из одного пакетика (90 г) твёрдого средства?

**Ответ:** 270

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 8 баллов

**Максимальный балл за задание — 8**

**Решение.**

Один пакетик содержит  $90 \cdot 0.15 = 13.5$  г NaOH, тогда масса раствора будет равна  $\frac{13.5}{0.05} = 270$  г.

**Задание 6.** Дано описание четырёх бинарных (двухэлементных) химических веществ:

**А** — очень хорошо растворимый в воде газ, при нагревании в присутствии катализатора разлагается с образованием двух газов, один из которых является основным компонентом воздуха, а второй — самым лёгким из всех газов.

**Б** — ядовитый газ с очень неприятным запахом; при смешении с газом **В** образует только воду и простое вещество жёлтого цвета.

**В** — ещё один газ с неприятным запахом, который образуется при сжигании на воздухе упомянутого ранее жёлтого простого вещества.

**Г** — вещество, которое почти каждый человек видит ежедневно, причём оно уже встречалось в описании предыдущих соединений.

Определите число протонов, которое содержится в 1 молекуле веществ **А—Г**.

**Ответ:**

<b>А</b>	10
<b>Б</b>	18
<b>В</b>	32
<b>Г</b>	10

**Критерий оценивания:** за каждый верный ответ — 2 балла. Всего 8 баллов

**Максимальный балл за задание — 8**

**Решение.**

Самый лёгкий из газов —  $H_2$ , а основной компонент воздуха —  $N_2$ , тогда **А** =  $NH_3$  (10 протонов). Жёлтых простых веществ не очень много — сера, цезий, золото и европий. Образование газа при сжигании на воздухе возможно только для серы, тогда **В** =  $SO_2$  (32 протона), а **Б** =  $H_2S$  (18 протонов). Единственное бинарное вещество, которое было упомянуто в описании других веществ (помимо их самих) — вода, **Г** =  $H_2O$  (10 протонов).

**Задание 7.** Часто можно услышать, что химия полна исключений, которые приходится учить наизусть. Определите значения положительных степеней окисления у соответствующих элементов.

**Ответ:**

$OF_2$	2
$K_2O_2$	1
$P_4O_{10}$	5
$TiH_2$	2

**Критерий оценивания:** за каждый верный ответ — 2 балла. Всего 8 баллов

**Максимальный балл за задание — 8**

**Решение.**

Фтор — самый электроотрицательный элемент, его степень окисления в химических соединениях всегда равна  $-1$ , поэтому у кислорода она равна  $+2$ . Высшая степень окисления калия — это  $+1$ ,  $K_2O_2$  является пероксидом.  $P_4O_{10}$  представляет собой высший оксид фосфора, поэтому степень окисления последнего равна  $\frac{10 \cdot 2}{4} = +5$ . В случае гидрида титана (II) степень окисления титана является положительной, а водорода — отрицательной, как и во всех бинарных соединениях металлов с водородом.

**Задание 8.** С помощью какой последовательности действий можно разделить смесь пищевой соды, деревянных и железных опилок?

**Ответ:**

- ✓ Отстаивание в воде с последующим фильтрованием
- Фильтрование с последующим отстаиванием
- Перегонка (дистилляция) с последующей магнитной сепарацией
- Магнитная сепарация с последующей перегонкой

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 10 баллов

**Максимальный балл за задание — 10**

**Решение.**

Перегонка в любом случае приводит к разложению пищевой соды с образованием  $Na_2CO_3$ . Твёрдую смесь нельзя отфильтровать, а вот при предварительном отстаивании железные опилки опустятся на дно, деревянные всплывут. Затем раствор отделяют от железных опилок при помощи фильтрования.

**Задание 9.** В таблице растворимости для некоторых веществ указано, что они малорастворимы в воде, как, например, для гидроксида кальция. Чем же отличается малая растворимость от нерастворимости? Во сколько раз больше воды потребуется для растворения 1.00 г карбоната кальция по сравнению с 1.00 г гидроксида кальция, если их растворимость в воде равна 0.00014 и 0.025 моль/л соответственно? Ответ округлите до целых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [130; 135]

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 8 баллов

**Максимальный балл за задание — 8**

**Решение.**

Поскольку в обоих случаях количество воды во много раз превосходит количество растворенного вещества, соотношение растворимостей равно:

$$\frac{s(Ca(OH)_2)}{s(CaCO_3)} \approx \frac{n(Ca(OH)_2) \cdot V(H_2O, CaCO_3)}{n(CaCO_3) \cdot V(H_2O, Ca(OH)_2)} = \frac{s(Ca(OH)_2) \cdot n(CaCO_3)}{s(CaCO_3) \cdot n(Ca(OH)_2)} = \frac{0.025 \cdot 74}{0.00014 \cdot 100} = 132.$$

**Задание 10.** Известно, что медведи во время зимней спячки сжигают около 4000 ккал в день, поэтому за лето им необходимо накапливать более миллиона килокалорий в виде топлива — жира. Также все знают, что излюбленное лакомство мишек — это мёд диких пчёл.

а) Считая, что мёд представляет собой 80 % раствор глюкозы ( $C_6H_{12}O_6$ ) в воде и что энергия, потребляемая медведем, выделяется в процессе полного её сгорания, найдите количество мёда, которое необходимо съесть медведю, для того чтобы провести в спячке полгода (180 дней). Ответ выразите в килограммах, округлите до целых.

*При сгорании 1 моля глюкозы выделяется 674 ккал энергии.*

**Ответ:** 240

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 4 балла

б) Запишите сумму коэффициентов в уравнении реакции окисления глюкозы кислородом воздуха.

**Ответ:** 19

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 4 балла

**Максимальный балл за задание — 8**

**Решение.**

а) Так как медведь пробудет в спячке полгода (180 дней), мы можем рассчитать общее количество килокалорий, которые ему понадобятся.

$$180 \text{ дней} \cdot 4000 \frac{\text{ккал}}{\text{день}} = 720000 \text{ ккал.}$$

При сгорании 1 моля глюкозы выделяется 674 ккал.

Значит, чтобы получить 720000 ккал, необходимо:

$$\frac{720000 \text{ ккал}}{674 \text{ ккал/моль}} = 1068.25 \text{ моль.}$$

Масса глюкозы:

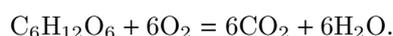
$$m(\text{глюкозы}) = n(\text{глюкозы}) \cdot M(\text{глюкозы}) = 1068.25 \cdot 180 = 192284.86 \text{ грамма.}$$

Так как мёд содержит 80 % глюкозы, исходя из массы чистой глюкозы найдём массу мёда:

$$m(\text{мёда}) = \frac{m(\text{глюкозы})}{\omega(\text{глюкозы})} = \frac{192284.86}{0.8} = 240356.08 \text{ грамма.}$$

Переведём наш ответ в килограммы и округлим до целых, получим 240 кг.

б) Уравнение сгорания глюкозы:



Сумма коэффициентов: 19.

**Задание 11.** Пигменты широко используются в современной промышленности, да и в древности они привлекали внимание людей, например, использование охры известно со времён верхнего палеолита. Одним из самых массово производимых пигментов в мире является диоксид титана, благодаря высокой белизне использующийся в составе высококачественных красок и белил. Получают это вещество в том числе сжиганием газообразного тетрахлорида титана в кислороде. При этом, помимо диоксида титана, образуется побочный продукт.

а) Запишите формулу второго продукта реакции горения тетрахлорида титана в кислороде.

**Ответ:**  $\text{Cl}_2$ .

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 4 балла

б) Какой объём (н.у.) побочного продукта реакции выделится при производстве 1 тонны диоксида титана этим методом? Ответ выразите в кубических метрах, округлите до целых.

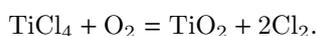
**Ответ:** 560

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 4 балла

**Максимальный балл за задание — 8**

**Решение.**

а) Уравнение сгорания тетрахлорида титана в кислороде:



Побочный продукт —  $\text{Cl}_2$ .

б) Найдём количество вещества образовавшегося  $\text{TiO}_2$ :

$$n(\text{TiO}_2) = \frac{m(\text{TiO}_2)}{M(\text{TiO}_2)} = \frac{1000000 \text{ г.}}{80 \text{ г/моль}} = 12500 \text{ моль.}$$

В соответствии с коэффициентами количества вещества образующегося хлора в два раза больше:

$$n(\text{Cl}_2) = 2n(\text{TiO}_2) = 12500 \cdot 2 = 25000 \text{ моль.}$$

Объём выделившегося хлора:

$$V(\text{Cl}_2) = n(\text{Cl}_2) \cdot V_m = 25000 \cdot 22.4 = 560000 \text{ литров} = 560 \text{ м}^3.$$

**Задание 12.** Порядковые номера элементов X, Y, Z являются простыми числами, в этом ряду номера возрастают. Периоды, в которых находятся элементы, образуют самую простую пифагорову тройку, то есть набор трёх натуральных чисел  $n$ ,  $m$ ,  $k$ , удовлетворяющих уравнению:

$$n^2 + m^2 = k^2$$

Эти элементы находятся в нечётных группах, а сумма их порядковых номеров даёт простое число 71. Элементы X и Z входят в одну и ту же главную подгруппу, а Y находится в другой группе, в побочной подгруппе.

Запишите порядковые номера элементов X, Y, Z.

**Ответ:**

X	11
Y	23
Z	37

**Критерий оценивания:** за каждый верный ответ — 4 балла. Всего 12 баллов

**Максимальный балл за задание — 12**

**Решение.**

Используя условие задачи, исключим нечётные группы и выделим отвечающие требованиям периоды: 3, 4 и 5 периоды. Также можно исключить элементы с составными порядковыми номерами, теперь остаются только Na, K, Cu, Rb, Ag, Al, Ga, V, Nb, Cl, Tc, I. Заметим, что в одну и ту же главную подгруппу входят только три набора Na, K, Rb; Al, Ga; Cl, I. Учитывая, что сумма порядковых номеров трёх элементов должна давать 71, получаем  $X = 11$  (Na);  $Y = 23$  (V),  $Z = 37$  (Rb).