

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ХИМИЯ. 2024–2025 уч. г.
ШКОЛЬНЫЙ ЭТАП. 10 КЛАСС

Максимальный балл за работу – 100.

Задача 1 (1–2)

Хотя в школьной программе формулу стекла обычно дают в упрощённом виде, в действительности компоненты стекла имеют очень сложную структуру и состав. Состав одного из компонентов различных керамических изделий и стёкол можно выразить химической формулой $\text{Na}_3\text{X}_a^{+4}\text{Si}_2\text{PO}_{12}$.

1. Найдите значение индекса a .

Ответ: 2

Точное совпадение ответа – 4 балла

Решение.

Значение индекса a можно найти из принципа электронейтральности:

$$+3 + 4a + 8 + 5 - 24 = 0$$

$$a = 2$$

2. Определите элемент X , если известно, что молярная масса вещества составляет 530 г/моль. В ответ запишите химический символ этого элемента.

Ответ: Zr

Точное совпадение ответа – 4 балла

Максимальный балл за задания №1–2 — 8

Решение.

Определив значение a , можно определить элемент X исходя из молярной массы:

$$69 + 2M_X + 56 + 31 + 192 = 530$$

$M_X = 91$ г/моль, что соответствует цирконию – Zr.

Задача 2 (3)

Смесь угарного газа, азота и углекислого газа общей массой 34.4 г последовательно пропустили сначала над нагретым оксидом меди (II), а затем – через избыток известковой воды, при этом выпало 60 г осадка, а объём непоглощённого газа составил 8.96 л (н.у). Определите объёмную долю угарного газа в исходной смеси. Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

Ответ: 20

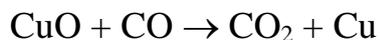
Точное совпадение ответа – 6 баллов

Решение.

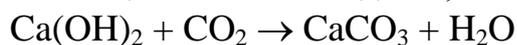
Непоглощённый газ – N_2

$$v(N_2) = \frac{8.96}{22.4} = 0.4 \text{ моль}$$

$$m(N_2) = 11.2 \text{ г}$$



При пропускании смеси газов через избыток раствора известковой воды поглощается как исходный, так и образовавшийся углекислый газ.



$$v(CaCO_3) = \frac{60}{100} = 0.6 \text{ моль}$$

Пусть $v(CO) = x$ моль, $v(CO_2) = y$ моль, тогда

$$x + y = 0.6$$

$$m(CO) + m(CO_2) = 34.4 - m(N_2) = 34.4 - 11.2 = 23.2 \text{ г}$$

$$28x + 44y = 23.2$$

Откуда находим, что $x = 0.2$ моль, $y = 0.4$ моль.

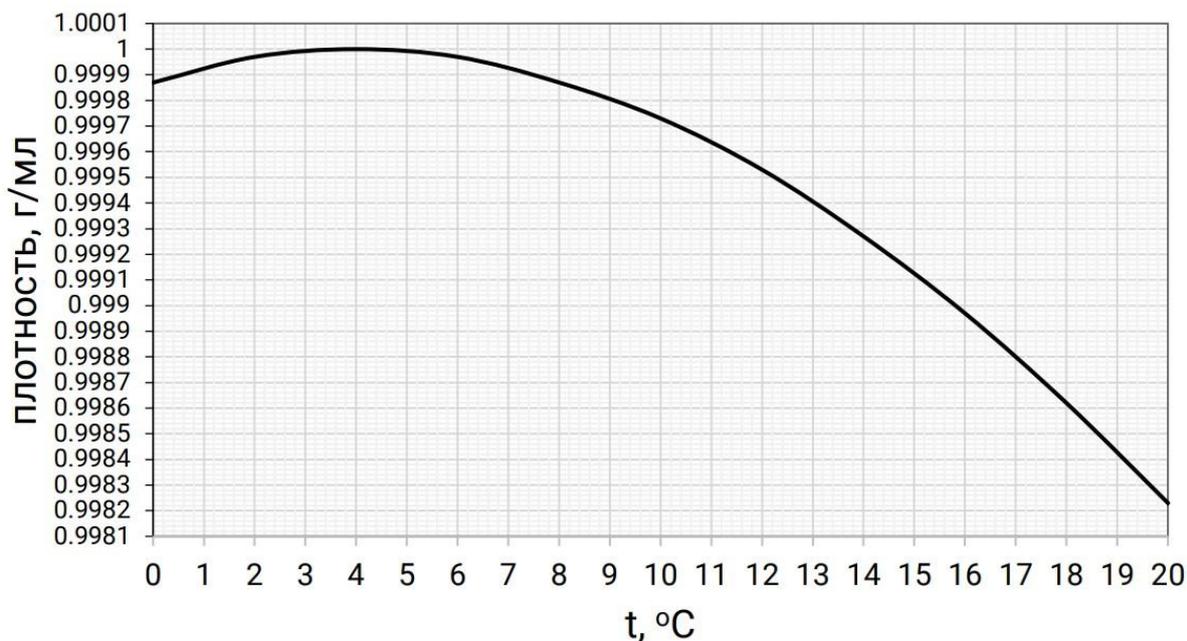
Объёмная доля газа совпадает с мольной, тогда

$$\varphi(CO) = \frac{0.2}{(0.2 + 0.4 + 0.4)} = 0.2 \text{ (20 \%)}.$$

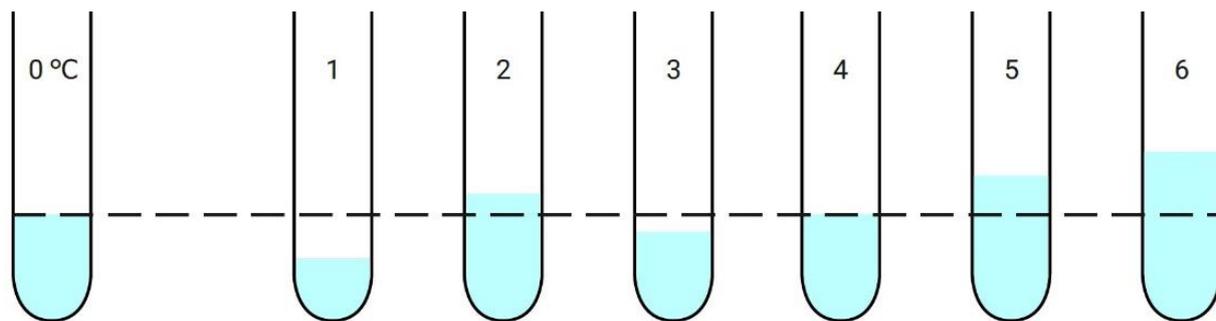
Максимальный балл за задание №3 — 6

Задача 3 (4)

Дан график зависимости плотности воды (г/мл) от температуры ($^{\circ}C$)

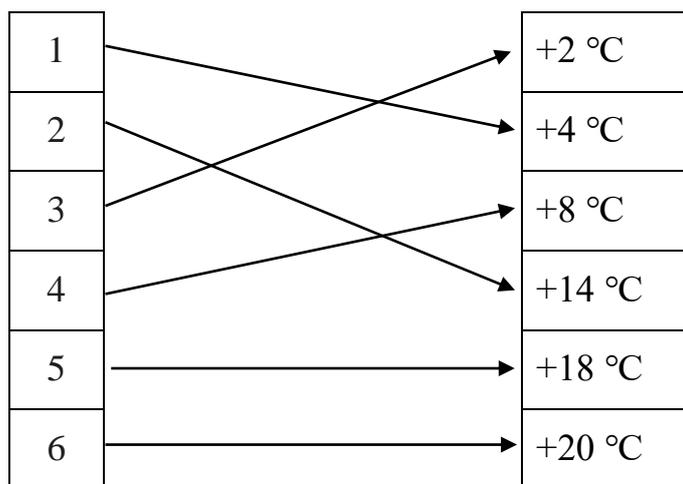


Было подготовлено 7 различных образцов, содержащих одинаковое количество воды, но при разной температуре.



Установите соответствие между номером пробирки и температурой воды в ней.

Ответ:



За каждую верную пару – 2 балла

Решение.

Во всех пробирках жидкость имеет одну и ту же массу, но разный объём. Плотность равна отношению массы к объёму: $\rho = \frac{m}{V}$, следовательно, чем меньше объём, тем выше плотность. Наименьший объём – в пробирке 1, там наибольшая плотность воды. Из графика видим, что это имеет место при температуре + 4 °C. В пробирке 6 – наибольший объём и, следовательно, наименьшая плотность, температура + 20 °C. В пробирке 3 объём – меньше, чем при 0 °C, а плотность – больше, чем при 0 °C. Из предложенных значений температуры этому условию удовлетворяет, помимо + 4 °C, только температура + 2 °C. В пробирке 4 плотность воды совпадает с плотностью при 0 °C, что имеет место при + 8 °C. После + 4 °C плотность воды при нагревании уменьшается, соответственно, объём воды в пробирке растёт. В пробирке 2 температура выше, чем + 8 °C, но ниже, чем в пробирках 5 и 6, она равна + 14 °C. Для пробирки 5 остается значение +18 °C.

Максимальный балл за задание №4 — 12

Задача 4 (5–7)

Органическое вещество **A** состоит из трёх элементов. Образец **A** массой 12.4 г полностью сожгли в избытке кислорода, при этом образовалось 10.8 мл воды и смесь газов **B** и **C** с относительной плотностью по гелию, равной 12.67.

5–6. Определите формулы газов **B** и **C**, если дополнительно известно, что оба газа поглощаются раствором баритовой воды и что газ **B** обесцвечивает бромную воду.

Ответ:

5.	Газ B	SO ₂
6.	Газ C	CO ₂

За каждый верный ответ – 2 балла

Решение.

Газообразными продуктами горения органических веществ при н.у могут быть – N₂, CO₂, SO₂, HCl. Азот не поглощается раствором баритовой воды, а при условии, что один из газов однозначно CO₂, тогда второй газ должен обесцвечивать раствор бромной воды. Под это условие подходит только SO₂. Следовательно, газ **C** – CO₂, газ **B** – SO₂.

7. Определите молекулярную формулу вещества **A**. Сначала запишите атомы углерода, затем атомы водорода и в конце оставшийся элемент.

Ответ: C₂H₆S

Точное совпадение ответа – 4 балла

Решение.

$$M_{\text{см}} = 50.667 \text{ г/моль}$$

$$44\varphi(\text{CO}_2) + 64(1 - \varphi(\text{CO}_2)) = 50.667$$

$$\varphi(\text{CO}_2) = \frac{2}{3}$$

$$\varphi(\text{SO}_2) = \frac{1}{3}$$

То есть отношение атомов углерода и серы в искомом соединении – 2 : 1.

$$v(\text{H}_2\text{O}) = \frac{10.8}{18} = 0.6 \text{ моль, следовательно } v(\text{H}) = 1.2 \text{ моль}$$

$$m(\text{C}) + m(\text{S}) = 12.4 - 1.2 = 11.2 \text{ г}$$

$$24x + 32x = 11.2$$

$$x = 0.2 \text{ моль, тогда}$$

$$v(\text{C}) = 0.4 \text{ моль, } v(\text{S}) = 0.2 \text{ моль}$$

$$\text{C}_a\text{H}_b\text{S}_c, a : b : c = 0.4 : 0.2 : 1.2 = 2 : 1 : 6$$

Вещество **A** – C₂H₆S.

Максимальный балл за задания №5–7 — 8

Задача 5 (8)

n-Пентан пропустили над хлоридом алюминия, при этом образовалась смесь всех возможных изомеров состава C_5H_{12} . Определите мольную долю *n*-пентана в образовавшейся смеси, если дополнительно известно, что соотношение числа четвертичных атомов углерода к третичным и вторичным в образовавшейся смеси составляет 5 : 3 : 9 соответственно. Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

Ответ: 20

Точное совпадение ответа – 6 баллов

Решение.

Четвертичные атомы углерода содержатся только в диметилпропане (ДМП), а третичные только в метилбутане (МБ), следовательно $\nu(\text{ДМБ}) : \nu(\text{МБ}) = 5 : 3$. Допустим $\nu(\text{ДМП}) = 5n$ моль, тогда $\nu(\text{МБ}) = 3n$ моль. Вторичные атомы углерода содержатся, как в МБ, так и в *n*-пентане (нП). Тогда $9n = 3\nu(\text{нП}) + \nu(\text{МБ}) = 3\nu(\text{нП}) + 3n$, откуда $\nu(\text{нП}) = 2n$ моль. В итоге получаем:

$$\nu(\text{ДМП}) = 5n \text{ моль}$$

$$\nu(\text{МБ}) = 3n \text{ моль}$$

$$\nu(\text{нП}) = 2n \text{ моль. Откуда } \chi(\text{n-C}_5\text{H}_{12}) = 20 \text{ \%}.$$

Максимальный балл за задание №8 — 6

Задача 6 (9)

Выберите молекулярные формулы, которые соответствуют устойчивым соединениям (не радикалам или заряженным частицам):

Ответ:

- ✓ $C_6H_{12}O_6$
- $C_4H_{10}Cl$
- C_4H_5O
- ✓ C_5H_9ClO
- $C_4H_{10}N$
- ✓ $C_5H_9NO_4$

За каждый верный ответ – 2 балла.

Штраф за каждый неверный выбор – 2 балла

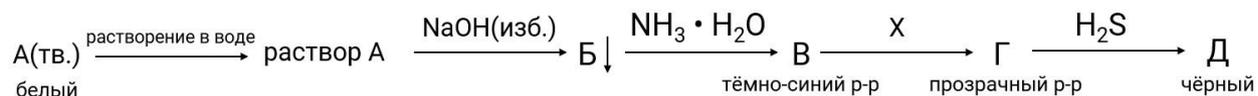
Максимальный балл за задание №9 — 6

Решение.

В соединениях, содержащих атомы С, Н и О, число атомов Н должно быть чётным. При одном атоме N или одном атоме Cl число атомов Н – нечётное, так как N и Cl имеют нечётную валентность.

Задача 7 (10)

Дана схема превращений соединений некоторого элемента Э.



X – простое вещество, образованное элементом Э. Определите вещества X, А – Д, если дополнительно известно, что при добавлении к раствору А раствора хлорида бария выпадает белый осадок, нерастворимый в кислотах и щелочах. В ответ запишите молярные массы искоемых соединений, округлите до целых.

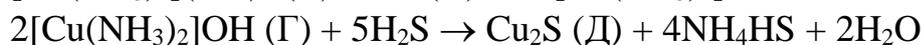
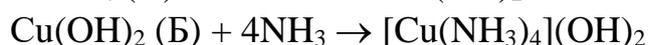
Ответ:

X	A	Б	В	Г	Д
64	160	98	166	115	160

За каждый верный ответ – 2 балла

Решение.

Указанные цветовые переходы указывают на соединения меди (X = Cu). Вещество А – безводный сульфат меди (II). На это указывает окраска А и качественная реакция с хлоридом бария.



Вещество В также принимается в форме $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2](\text{OH})_2$ (M = 202).

Максимальный балл за задание №10 — 12

Задача 8 (11)

Калиевую соль карбоновой кислоты массой 25.2 г сплавили с избытком гидроксида калия, при этом выделилось 4.48 л (н.у) газа. Определите молекулярную формулу газа.

Ответ: C₃H₈

Точное совпадение ответа – 8 баллов

Решение.



$$v(\text{RH}) = \frac{4.48}{22.4} = 0.2 \text{ моль, тогда}$$

$$v(\text{RCOOK}) = 0.2 \text{ моль}$$

$$M(\text{RCOOK}) = \frac{25.2}{0.2} = 126 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{R}) = 126 - 44 - 39 = 43 \text{ г/моль}$$



Следовательно, газ = C_3H_8 .

Максимальный балл за задание №11 — 8

Задача 9 (12)

Установите соответствие между названием комплексной частицы и её зарядом.

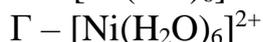
Ответ:

Тетрахлорокупрат (II)	→	0
Дихлородиаминоплатина (II)	→	2 ⁺
Гексагидроксиалюминат	→	3 ⁻
Гексаакваникель (II)	→	3 ⁺
	→	2 ⁻
	→	4 ⁻

За каждую верную пару – 2 балла.

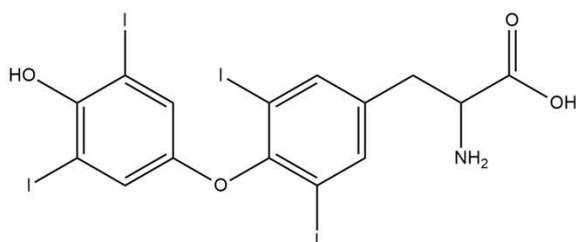
Максимальный балл за задание №12 — 8

Решение.

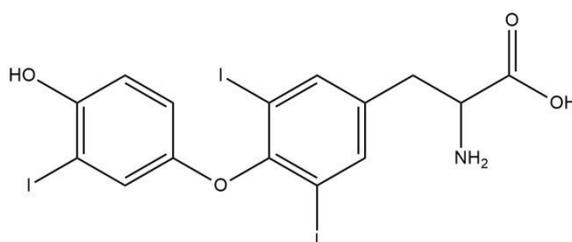


Задача 10 (13)

Как известно, йод необходим для здорового функционирования щитовидной железы. Последняя, в свою очередь, производит гормоны тироксин ($\text{C}_{15}\text{H}_{11}\text{I}_4\text{NO}_4$) и трийодтиронин ($\text{C}_{15}\text{H}_{12}\text{I}_3\text{NO}_4$).



Тироксин
M = 777 г/моль



Трииодтиронин
M = 651 г/моль

В лабораторию поступил образец крови пациента. По данным химического анализа, образец содержит тироксин и трииодтиронин в соотношении 5 : 1, а их общая концентрация составляет 60 мкг/л. Определите общую концентрацию свободного йода в этом образце. Ответ выразите в мкг/л, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [38.3; 38.7]

Точное совпадение ответа – 6 баллов

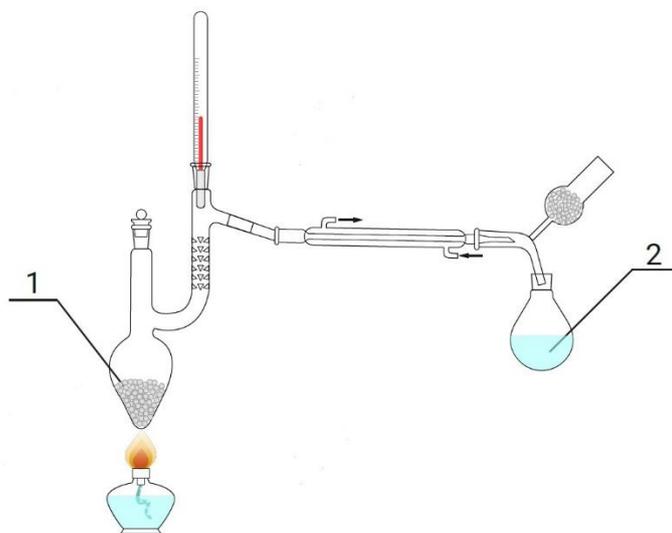
Решение.

Концентрация тироксина равна $\frac{5 \cdot 60}{6} = 50$ мкг/л, тогда концентрация трииодтиронина равна 10 мкг/л. Следовательно, концентрация свободного йода составляет $\frac{50 \cdot 127 \cdot 4}{777} + \frac{10 \cdot 127 \cdot 3}{651} = 38.5$ мкг/л.

Максимальный балл за задание № 13 — 6

Задача 11 (14–17)

Для синтеза дымящего на воздухе соединения L собрали прибор, изображённый ниже:



Измельчённую сухую смесь взятых в стехиометрическом соотношении бинарных соединений M и N общей массой 15.35 г поместили в колбу (1).

При осторожном нагревании колбы (1) в приёмной колбе (2) собирается прозрачная бесцветная жидкость, представляющая собой индивидуальное вещество **L**. После завершения эксперимента было получено 9.21 г вещества **L**.

14–16. Определите вещества **L**, **M** и **N**, если дополнительно известно следующее:

- **M** представляет собой оксид пятивалентного элемента, а **N** хлорид того же пятивалентного элемента, причём массовая доля хлора в соединении **N** больше массовой доли кислорода в соединении **M** в 1.511 раза;
- молекула **L** имеет форму искажённого тетраэдра;
- реакция между **M** и **N** представляет собой реакцию соединения.

В ответ запишите молекулярные формулы веществ.

Ответ:

14.	Вещество M	P_2O_5
15.	Вещество N	PCl_5
16.	Вещество L	$POCl_3$

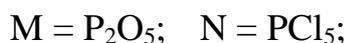
За каждый верный ответ – 4 балла

Решение.

Пусть **M** – X_2O_5 , тогда **N** – XCl_5 , тогда

$$\frac{\frac{35.5 \cdot 5}{X + 177.5}}{\frac{16 \cdot 5}{2X + 80}} = 1.511 \text{ или } \frac{177.5(2X + 80)}{80(X + 177.5)} = 1.511.$$

Откуда $X = 31$, что соответствует фосфору, следовательно



Так как это реакция соединения, то **L** имеет состав – $P_aO_bCl_c$, то есть в лаборатории синтезировали оксохлорид фосфора (V). Это может быть или $POCl_3$ или PO_2Cl . Под условие строения молекулы **L** подходит $POCl_3$ (искажённый тетраэдр).

17. Определите выход **L**. Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

Ответ: 60

Точное совпадение ответа – 2 балла

Решение.



$$\eta(\text{POCl}_3) = \frac{9.21}{15.35} = 0.6 \text{ (60 \%)}.$$

Максимальный балл за задания №14–17 — 14

Задача 12 (18)

В калориметре смешали 75 г 8 %-го раствора гидроксида натрия и 75 г 7.3 %-й соляной кислоты, при этом наблюдали изменение температуры Δt_1 . В другом эксперименте в том же калориметре вместо 75 г раствора гидроксида натрия взяли 50 г такого же раствора, при этом зафиксировали повышение температуры Δt_2 . Во сколько раз Δt_1 больше Δt_2 при условии, что теплоёмкости всех растворов одинаковы? Ответ округлите до сотых.

Ответ: 1.25

Точное совпадение ответа – 6 баллов

Решение.

В калориметре протекает реакция нейтрализации. В первом случае соотношение гидроксида натрия и соляной кислоты равно 1 : 1. Во втором случае гидроксида натрия взято в 1.5 раза меньше, значит и теплоты во второй реакции выделится в 1.5 раза меньше. Тогда получаем:

$$Q_1 = 1.5Q_2$$

$$Cm_1\Delta t_1 = 1.5Cm_2\Delta t_2$$

$$150\Delta t_1 = 1.5 \cdot 125 \cdot \Delta t_2$$

$$\Delta t_1 : \Delta t_2 = 1.25.$$

Максимальный балл за задание №18 — 6

Максимальный балл за работу – 100.