

Максимальное количество баллов за олимпиаду — 50

Задание 1. В периодической системе Д. И. Менделеева есть несколько элементов, при чтении символов которых справа налево воспроизводится символ другого элемента.

а) Запишите химический символ самого лёгкого из таких элементов.

Ответ: Al

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) Запишите химический символ самого тяжёлого из таких элементов.

Ответ: Mc

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 2

Решение.

Таковыми парами являются:

Al — La

Ar — Ra

Ca — Ac

Sc — Cs

Ni — In

Ga — Ag

Se — Es

Br — Rb

Ta — At

Fr — Rf

Cm — Mc

Самый лёгкий — Al

Самый тяжёлый — Mc

Задание 2. Вариант 1. В качестве консерванта для мясных изделий нередко используют некоторую соль, состоящую из трёх элементов. Известно, что эта соль окрашивает пламя спиртовки в фиолетовый цвет; массовая доля кислорода в ней составляет 37.65 %, а индексы в химической формуле при атомах двух элементов, отличных от кислорода, совпадают. Запишите формулу этой соли.

Ответ: KNO_2

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

Фиолетовое окрашивание пламени спиртовки указывает на наличие калия. Тогда состав вещества можно выразить как $\text{K}_x\text{Э}_x\text{O}_y$. Пусть $y = 1$.

Тогда $x \cdot (39 + \text{МЭ}) = 26.5$ — такого быть не может.

Пусть $y = 2$.

Тогда $x \cdot (39 + \text{МЭ}) = 53$ — при $x = 1$, $\text{МЭ} = 14$ г/моль, что соответствует азоту.

Искомое вещество — KNO_2 .

Задание 2. Вариант 2. В качестве консерванта для мясных изделий ранее использовали некоторую соль, состоящую из трёх элементов. Известно, что эта соль окрашивает пламя спиртовки в жёлтый цвет; массовая доля кислорода в ней составляет 46.38 %, а индексы в химической формуле при атомах двух элементов, отличных от кислорода, совпадают. Запишите формулу этой соли.

Ответ: NaNO_2

Критерий оценивания:

Максимальный балл за задание — 4

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 3. Вариант 1. Весной бабушке нужно внести под малину азотное удобрение с максимальным содержанием азота по массе. Какое удобрение ей следует выбрать?

Ответ: Нитрат аммония, NH_4NO_3

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 3

Решение.

Определим массовые доли азота в указанных веществах.

Нитрат аммония — NH_4NO_3 — 35.0 %.

Сульфат аммония — $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ — 21.2 %

Хлорид аммония — 26.2 %

Дигидрофосфат аммония — $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ — 12.2 %.

Задание 3. Вариант 2. Весной бабушке нужно внести под малину азотное удобрение с максимальным содержанием азота по массе. Какое удобрение ей следует выбрать?

Ответ: Мочевину, $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$

Критерий оценивания:

Максимальный балл за задание — 3

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 3. Вариант 3. Весной бабушке нужно внести под малину азотное удобрение с максимальным содержанием азота по массе. Какое удобрение ей следует выбрать?

Ответ: Мочевину, $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$

Критерий оценивания:

Максимальный балл за задание — 3

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 4. Вариант 1. Юный химик заболел ангиной и решил прибегнуть к известному способу лечения больного горла — полосканию раствором соды.

а) Какую соду ему следует для этого взять?

Ответ: Питievую (пищевую)

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Юный химик приготовил раствор из 12.0 г такой соды и 300 мл воды, но полоскание не помогло. Он решил увеличить массовую долю растворённого вещества до 5.5 %. Какую массу соды следует добавить в уже приготовленный раствор, чтобы увеличить массовую долю соды до 5.5 %? Ответ выразите в граммах, округлите до десятых.

Ответ: 5.5

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

б) Массовая доля растворенного вещества — это отношение массы растворенного вещества к массе раствора. При добавлении соды масса воды в растворе будет оставаться неизменной и составит $100 - 5.5 = 94.5$ % от массы раствора. Тогда масса соды составит:

$$m = 300 \cdot \frac{5.5}{94.5} = 17.46 \text{ г.}$$

Тогда надо добавить $17.46 - 12 = 5.46$ г соды.

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 4.

№ Варианта	Массовая доля соды	Масса воды	Масса соды	Ответ	Нижняя граница	Верхняя граница
1	4.5	200	6	3.4	3.3	3.5
2	4.6	210	7	3.1	3.0	3.2
3	4.7	220	8	2.8	2.7	2.9
4	4.8	230	9	2.6	2.5	2.7
5	4.9	240	10	2.4	2.3	2.5
6	5	250	11	2.2	2.1	2.3
7	5.1	260	12	2.0	1.9	2.1
8	5.2	270	13	1.8	1.7	1.9
9	5.3	280	14	1.7	1.6	1.8
10	5.4	290	15	1.6	1.5	1.7
11	5.5	300	12	5.5	5.4	5.6
12	5.6	310	8	10.4	10.3	10.5
13	5.7	320	9	10.3	10.2	10.4
14	5.8	330	10	10.3	10.2	10.4
15	5.9	340	11	10.3	10.2	10.4
16	6	350	12	10.3	10.2	10.4
17	6.1	360	13	10.4	10.3	10.5
18	6.2	370	14	10.5	10.4	10.6
19	6.3	380	15	10.5	10.4	10.6
20	6.4	390	16	10.7	10.6	10.8
21	6.5	400	12	15.8	15.7	15.9

Задание 5. Студенты-геологи готовились к практикуму по минералогии, проводя описание образцов из учебной коллекции. На коробках указан только химический состав минералов, а их названия студентам прекрасно известны. Помогите студентам разложить образцы по коробкам после подготовки: установите соответствие между названиями и химическим составом минералов.

Ответ:

				
Магнезит	Кальцит	Куприт	Барит	Гематит (красный железняк)
$MgCO_3$	$CaCO_3$	Cu_2O	$BaCO_3$	Fe_2O_3

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 0.5 балл. Всего 2.5 балла

Установите соответствие между названиями минералов и классами химических веществ.

В этом задании каждому варианту из левого столбца соответствует ровно один вариант из правого столбца. Ответы приведены ниже в нужном порядке.

Ответ:

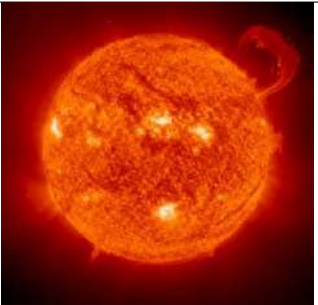


Магнезит	Соль
Кальцит	Соль
Куприт	Оксид
Барит	Соль
Гематит	Оксид

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 0.5 балла. Всего 2.5 балла

Максимальный балл за задание — 5

Задание 6. В ребусе зашифрована формула некоторого неорганического вещества, которое используется как удобрение, как средство для снятия отеков, а также для проявления фотографий. Рисунки соответствуют элементам, а числа показывают их процентное содержание по массе. Вещество, представленное на третьей картинке, при нормальных условиях является основным компонентом воздуха. а) Заполните пропуски в таблице символами искоемых элементов. При расчётах атомные массы элементов округляйте до тысячных.

Ответ:

			
Элемент	H	Cl	N
Массовая доля, %	7.54	66.28	26.19

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего 3 балла

б) Запишите брутто-формулу загаданного соединения.

Ответ: NH_4Cl

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 5

Решение.





Первая картинка символизирует основной компонент, из которого состоит Солнце — водород. Картинка с изображением поваренной соли может свидетельствовать в пользу натрия или хлора. Наконец, третье изображение — это жидкий азот, который хранят в специальных ёмкостях — сосудах Дьюара. Он также представлен на картинке. Такой же вывод может быть сделан и с помощью подсказки об основном компоненте воздуха, которым является азот. Запишем общую формулу загаданного вещества как $N_xH_yCl_z$ и попробуем составить брутто-формулу, запишем соотношение:

$$x : y : z = \frac{0.2619M}{14} : \frac{0.0754M}{1} : \frac{0.6628M}{35.5} = 0.0187M : 0.0754M : 0.0187M = 1M : 4M : 1M,$$

где M — молекулярная масса вещества. Получим, что $x : y : z = 1 : 4 : 1$, тогда формула вещества: NH_4Cl — хлорид аммония.

Задание 7. Установите соответствие между растворами некоторых неорганических веществ и основными компонентами этих растворов, обуславливающими их цвет.

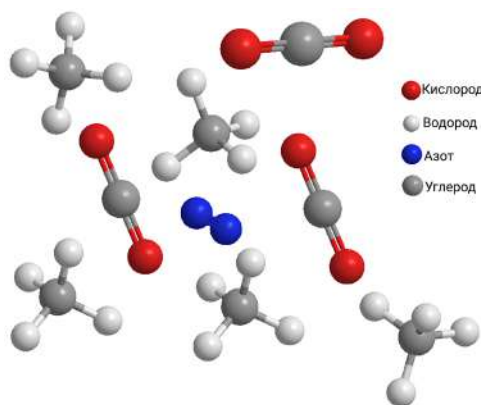
Ответ:

Структура	Формула вещества
	$KMnO_4$
	$NaCl$
	$FeCl_3$
	$CuSO_4$

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего 4 балла

Максимальный балл за задание — 4

Задание 8. По результатам моделирования некоторой газообразной системы методом молекулярной динамики было получено изображение, отражающее её состав.



Определите химические формулы и массовые доли компонентов смеси. Массовые доли выразите в процентах, округлите до сотых. Ответы записывайте в порядке убывания массовых долей компонентов.

Ответ:

	Формула	Массовая доля
1	CO ₂	55.00
2	CH ₄	33.33
3	N ₂	11.67
Критерий оценивания	за каждый верный ответ — 0.5 балла	за каждый верный ответ — 1.5 балла

Максимальный балл за задание — 6

Решение.

Очевидно, что система представлена тремя компонентами: углекислым газом, азотом и метаном. В системе всего 9 молекул, среди которых 3 молекулы углекислого газа (CO₂, M = 44 г/моль), 1 молекула азота (N₂, M = 28 г/моль) и 5 молекул метана (CH₄, M = 16 г/моль). Масса каждого компонента системы может быть вычислена как $m = M \cdot \frac{N}{N_A}$, где M — молярная масса компонента, N — число молекул компонента, N_A — число Авогадро. Подставляя это в формулу для вычисления массовой доли обнаружим, что постоянная Авогадро сократится, и массовая доля каждого компонента будет зависеть от числа молекул, которые входят в состав газовой смеси. Поэтому

$$\omega(\text{CO}_2) = \frac{3 \cdot 44}{(3 \cdot 44 + 1 \cdot 28 + 5 \cdot 16)} = 0.55 \text{ или } 55 \%,$$

$$\omega(\text{N}_2) = \frac{1 \cdot 28}{(3 \cdot 44 + 1 \cdot 28 + 5 \cdot 16)} = 0.1167 \text{ или } 11.67 \%,$$

$$\omega(\text{CH}_4) = \frac{5 \cdot 16}{(3 \cdot 44 + 1 \cdot 28 + 5 \cdot 16)} = 0.3333 \text{ или } 33.33 \%.$$

Задание 9. Дана смесь четырёх твёрдых веществ: карбоната кальция, серы, хлорида натрия и порошка железа. Требуется разделить смесь и выделить её компоненты в чистом виде. Выберите и расположите в верном порядке только необходимые действия, которые позволят достичь цели за минимальное число шагов.

Ответ:

- ✓ Действие магнитом
- ✓ Обработка водой
- ✓ Удаление всплывшего вещества с поверхности раствора
- ✓ Фильтрование
- ✓ Упаривание
- ✓ Действие соляной кислотой
- ✓ Действие раствором щёлочи

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего 5 баллов

Максимальный балл за задание — 5

Решение.

Возможны следующие варианты ответа:

1. Действие магнитом, обработка водой, фильтрование, упаривание
2. Обработка водой, действие магнитом, фильтрование, упаривание
3. Обработка водой, фильтрование, упаривание, действие магнитом
4. Обработка водой, фильтрование, действие магнитом, упаривание

Задание 10. Вариант 1. Сера — ярко-жёлтое кристаллическое вещество, одно из самых древних известных человеку веществ, её использовали в медицине, пиротехнике и алхимии. Сегодня она играет важную роль в промышленности: из неё получают серную кислоту H_2SO_4 , которую химики называют кровью химии, — по объёму производства она занимает первое место среди других химических веществ. На одном заводе была поставлена задача: получить 1000 тонн чистой серной кислоты из элементарной серы S. Какая минимальная масса серы для этого потребуется? Ответ выразите в тоннах, округлите до десятых. Считайте, что реакции идут с количественным, т. е. 100 % выходом, не содержащие серу вещества даны в избытке.



Ответ: 326.5

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 3

Решение.

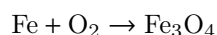
Молекула серной кислоты содержит один атом серы. Следовательно, для получения 1 моль серной кислоты (98 г) требуется 1 моль серы (32 г), для получения 98 т серной кислоты — 32 т. По условию задачи требуется получить 1000 тонн серной кислоты. Тогда масса серы составит:

$$m = \frac{1000}{98} \cdot 32 = 326.5 \text{ тонн}$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 10.

№ Варианта	Масса серной кислоты	Ответ	Нижняя граница ответа	Верхняя граница ответа
1	700	228.6	228.5	228.7
2	750	244.9	244.8	245.0
3	800	261.2	261.1	261.3
4	850	277.6	277.5	277.7
5	900	293.9	293.8	294.0
6	950	310.2	310.1	310.3
7	1000	326.5	326.4	326.6
8	1050	342.9	342.8	343.0
9	1100	359.2	359.1	359.3
10	1150	375.5	375.4	375.6
11	1200	391.8	391.7	391.9
12	1250	408.2	408.1	408.3
13	1300	424.5	424.4	424.6
14	1350	440.8	440.7	440.9
15	1400	457.1	457.0	457.2
16	1450	473.5	473.4	473.6
17	1500	489.8	489.7	489.9
18	1550	506.1	506.0	506.2
19	1600	522.4	522.3	522.5

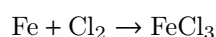
Задание 11. Вариант 1. Расставьте коэффициенты в уравнениях химических реакций, используя наименьшие возможные целые числа. В ответ запишите сумму коэффициентов при реагентах и продуктах.



а) Сумма коэффициентов:

Ответ: 6

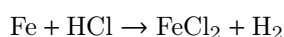
Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл



б) Сумма коэффициентов:

Ответ: 7

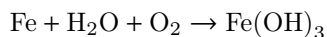
Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл



в) Сумма коэффициентов:

Ответ: 5

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл



г) Сумма коэффициентов:

Ответ: 17

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4

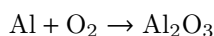
а) $3\text{Fe} + 2\text{O}_2 = \text{Fe}_3\text{O}_4$, сумма коэффициентов равна 6.

б) $2\text{Fe} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{FeCl}_3$, сумма коэффициентов равна 7.

в) $\text{Fe} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$, сумма коэффициентов равна 5.

г) $4\text{Fe} + 6\text{H}_2\text{O} + 3\text{O}_2 = 4\text{Fe}(\text{OH})_3$, сумма коэффициентов равна 17.

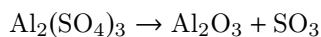
Задание 11. Вариант 2. Расставьте коэффициенты в уравнениях химических реакций, используя наименьшие возможные целые числа. В ответ запишите сумму коэффициентов при реагентах и продуктах.



а) Сумма коэффициентов:

Ответ: 9

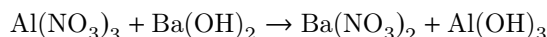
Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл



б) Сумма коэффициентов:

Ответ: 5

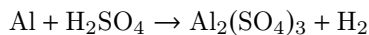
Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл



в) Сумма коэффициентов:

Ответ: 10

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл



г) Сумма коэффициентов:

Ответ: 9

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 5

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 12. Какие явления относятся к физическим, а какие — к химическим?

В этом задании каждому варианту из левого столбца соответствует ровно один вариант из правого столбца. Ответы приведены ниже в нужном порядке.

Образование кристаллов льда при понижении температуры	Физическое явление
Пожелтение травы после заморозков	Химическое явление
Изменение цвета пятен сока при стирке с отбеливателем	Химическое явление
Гром и молния при грозе	Физическое явление
Образование озона во время грозы	Химическое явление

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 1 балл. Всего 5 баллов

Максимальный балл за задание — 5

Решение.

Образование кристаллов льда при понижении температуры — физическое.

Пожелтение травы после заморозков — химическое.

Изменение цвета пятен сока при стирке — химическое.

Гром и молния при грозе — физическое.

Образование озона во время грозы — химическое.

Сириус.Курсы — для тех,
кто хочет знать больше!

