Максимальное количество баллов за олимпиаду - 50

Задание 1.

Двое химиков независимо друг от друга провели один и тот же эксперимент, но записали в лабораторный журнал разные наблюдения.

Запись 1. При нагревании неизвестного красного вещества выделился газ, вызывающий воспламенение тлеющей лучинки, и образовалась тяжёлая жидкость металлического цвета.

Запись 2. Неизвестное красное вещество при нагревании разложилось, не оставив твёрдого или жидкого остатка, но на стенке пробирки при этом образовался оранжево-красный налёт.

Какое вещество подвергли разложению? В ответ запишите его формулу.

Ответ: HgO

Сравните температуры, при которых проводились опыты 1 и 2.

Ответ:

- $T_1 > T_2$
- ✓ $T_1 < T_2$
- $T_1 = T_2$

Критерий оценивания: за верную формулу вещества - 2 балла; за верное сравнение температур - 2 балла. Всего - 4 балла.

Максимальный балл за задание - 4.

Решение.

Красное вещество - оксид ртути(II). При нагревании он разлагается:

$$2HgO \longrightarrow 2Hg + O_2.$$

Кислород поддерживает горение тлеющей лучинки. В первом опыте образовавшаяся ртуть осталась жидкостью. Во втором она испарилась и затем осела на более холодной стенке пробирки. Значит, температура первого опыта ниже: $T_1 < T_2$.

Задание 2.

Выберите химическую посуду, которую нельзя поставить на стол, не используя специальные штативы или подставки:

Ответ:

- Химический стакан
- ✓ Круглодонная колба
- Плоскодонная колба
- ✓ Пробирка
- Чашечка для выпаривания
- Мерный цилиндр

Какие два из этих сосудов часто делают не из стекла, а из фарфора?

Ответ:

- ✓ Химический стакан
- Круглодонная колба
- Плоскодонная колба
- Пробирка
- ✓ Чашечка для выпаривания
- Мерный цилиндр

Критерий оценивания: за каждый верно выбранный сосуд - 1 балл; за каждый ошибочно выбранный сосуд снимается 0.5 балла. Всего - 4 балла.

Максимальный балл за задание - 4.

Решение.

Круглодонная колба и пробирка не имеют плоского дна, поэтому их ставят в штатив или на подставку. Из перечисленного фарфоровыми бывают химические стаканы и чашечки для выпаривания. В обоих пунктах выбираем по два сосуда.

Задание 3.

В каком массовом соотношении следует смешать железо и серу для получения чистого сульфида железа (II), не содержащего примеси исходных веществ? Ответ запишите в виде отношения наименьших целочисленных коэффициентов.

$m(\mathrm{Fe}) : m(\mathrm{S}) = 7 : 4$

Критерий оценивания: за каждое верное число в отношении - 2 балла. Всего - 4 балла.

Максимальный балл за задание - 4.

Решение.

Сульфид железа(II) образуется по уравнению $\mathrm{Fe + S \longrightarrow FeS}$. На один моль железа требуется один моль серы. При целочисленных атомных массах $A_r(\mathrm{Fe}) = 56$ и $A_r(\mathrm{S}) = 32$ массовое отношение равно $56 : 32 = 7 : 4$.

Задание 4.

Установите соответствие между описанием вещества и его названием.

1. Розово-красный порошок, который при нагревании на воздухе чернеет	А. Уголь
2. Зелёный порошок, который при нагревании чернеет	Б. Сера
3. Чёрный порошок, который при нагревании на воздухе раскаляется и «исчезает»	В. Малахит
4. Чёрный порошок, который образуется при нагревании смеси металлических опилок и жёлтого порошка	Г. Медь
	Д. Сульфид железа (II)
	Е. Медный купорос

Ответ:

1	2	3	4
Г	В	А	Д

Критерий оценивания: за каждое верное соответствие - 1 балл. Всего - 4 балла.

Максимальный балл за задание - 4.

Решение.

Розово-красная медь при нагревании на воздухе покрывается чёрным оксидом меди(II): $\mathrm{2Cu + O_2 \longrightarrow 2CuO}$. Зелёный малахит также даёт чёрный CuO при разложении. Чёрный уголь сгорает на воздухе, а при нагревании железных опилок с серой образуется чёрный FeS. Поэтому соответствия: Г, В, А, Д.

Задание 5.

Даны четыре ряда элементов, относительные атомные массы которых, округлённые до ближайшего целого числа, представляют собой геометрические прогрессии. Это означает, что в каждом ряду отношение атомных масс любых двух соседних элементов постоянно.
Пример геометрической прогрессии атомных масс: H($A_r = 1$), He($A_r = 4$), O($A_r = 16$).
Заполните пропуски.

1.	Li,	N,	Si,	Fe,	Cd.
2.	C,	Mg,	Ti,	Mo,	Ir.
3.	Ne,	Ca,	Br.		
4.	O,	Ti,	Nd.		

Критерий оценивания: за каждый верный символ элемента - 0.5 балла. Всего - 5 баллов.
Максимальный балл за задание - 5.
Решение.

В каждом ряду округлённые атомные массы соседних элементов имеют одинаковое отношение. Получаем ряды $7, 14, 28, 56, 112$; $12, 24, 48, 96, 192$; $20, 40, 80$; $16, 48, 144$. Им соответствуют Li, N, Si, Fe, Cd; C, Mg, Ti, Mo, Ir; Ne, Ca, Br; O, Ti, Nd. Для последнего ряда также подходят H, C, Nd и He, Mg, Nd.

Задание 6.

Кислород - важнейшее сырьё для химической промышленности, он используется во многих её отраслях. Заполните пропуски в уравнениях промышленно важных реакций наименьшими целочисленными коэффициентами или формулами веществ.

$C_2H_6O + 1O_2 = C_2H_4O_2 + H_2O$.
$CH_4 + 2\ O_2$(избыток) $= CO_2 + 2\ H_2O$.
$2Cu_2S + 3\ O_2 = 2\ Cu_2O + 2\ SO_2$.

Критерий оценивания: за каждый верный коэффициент или формулу - 0.5 балла. Всего - 4 балла.
Максимальный балл за задание - 4.
Решение.

Сначала сохраняем число атомов каждого элемента, затем сокращаем коэффициенты до наименьших целых:

$$C_2H_6O + O_2 \longrightarrow C_2H_4O_2 + H_2O,$$
$$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O,$$
$$2Cu_2S + 3O_2 \longrightarrow 2Cu_2O + 2SO_2.$$

Задание 7.

При полном сжигании неизвестного сложного вещества образуется только углекислый газ. Определите формулу вещества, если известно, что 100 его молекул реагирует с 200 молекулами O_2 и образуется 300 молекул CO_2.

Ответ: C_3O_2

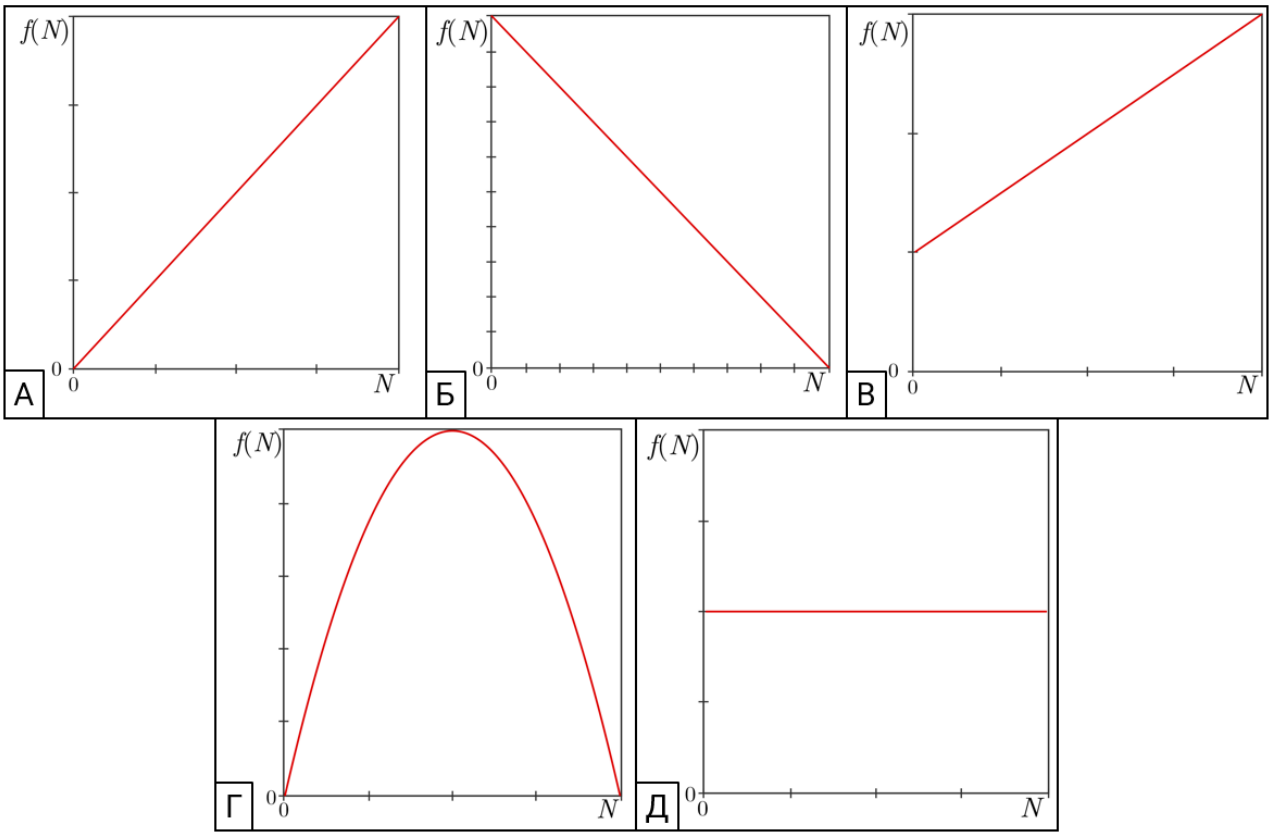
Критерий оценивания: верная формула вещества - 4 балла.
Максимальный балл за задание - 4.
Решение.

Если принять число молекул исходного вещества за единицу, оно реагирует с двумя молекулами кислорода и даёт три молекулы углекислого газа. В исходной молекуле поэтому три атома углерода. Сохранение атомов кислорода даёт $y + 2 \cdot 2 = 3 \cdot 2$, откуда $y = 2$. Формула вещества - C_3O_2; проверка:

$$C_3O_2 + 2O_2 \longrightarrow 3CO_2.$$

Задание 8.

Установите соответствие между свойством вещества и графиком, характеризующим его зависимость от числа частиц N.



1. Масса	А
2. Объём твёрдого вещества	Б
3. Плотность	В
4. Относительная молекулярная масса	Г
	Д

Ответ:

1	2	3	4
А	А	Д	Д

Критерий оценивания: за каждое верное соответствие - 1 балл. Всего - 4 балла.

Максимальный балл за задание - 4.

Решение.

При увеличении числа частиц масса и объём данного твёрдого вещества растут пропорционально N: это график А. Плотность и относительная молекулярная масса вещества от количества частиц не зависят: это горизонтальный график Д. Ответ: А, А, Д, Д.

Задание 9.



На финальном этапе изготовления глиняной посуды её покрывают глазурью и подвергают повторному обжигу. Глазурь придаёт изделиям из глины красивый вид, делает их водонепроницаемыми. Для получения цветной глазури в её состав вводят пигменты - как правило, оксиды металлов. Одним из таких пигментов является оксид элемента X. Он придаёт глазури жёлто-бурую окраску. В его составе на каждые два атома X приходится три атома кислорода. В 100 г этого оксида содержится 70 г атомов элемента X.
Запишите химический символ элемента X.

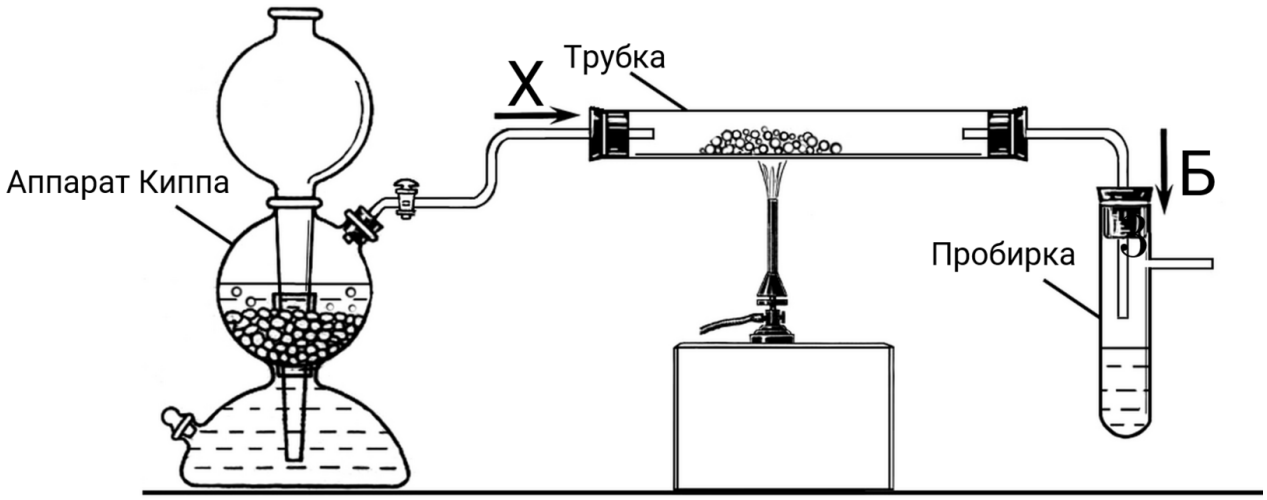
Ответ: Fe

Критерий оценивания: верный символ элемента - 4 балла.
Максимальный балл за задание - 4.
Решение.

По условию формула оксида имеет вид X_2O_3. В 100 г оксида на кислород приходится $100 - 70 = 30$ г, то есть $30/16 = 1.875$ моль атомов. Количество атомов X составляет $\frac{2}{3} \cdot 1.875 = 1.25$ моль. Тогда $A_r(X) = 70/1.25 = 56$, следовательно, X - железо Fe.

Задание 10.

В промышленности используют метод получения металлов из различных соединений, восстанавливая их с помощью газа **X**. В лаборатории решили смоделировать данный процесс, для чего собрали установку, как показано на рисунке.



В аппарат Киппа поместили гранулы металла **А** и залили раствор вещества **Б**. При взаимодействии металла **А** с раствором **Б** выделился газ **X**, который пропустили в трубку из тугоплавкого стекла. В трубке нагрели вещество **В**. При взаимодействии вещества **В** с газом **X** получили металл красного цвета **Г** и газ **Б**. Газ **Б** пропустили в пробирку, в которой находилась вода. Газ **Б** растворился в воде.
Определите формулы веществ **X** и **А** - **Г**.

X	1
А	3
Б	7
В	5
Г	4

Варианты ответа: H_2; O_2; Zn; Cu; $CuCl_2$; CuO; HCl; H_2SO_4.

Критерий оценивания: за каждый верный номер вещества - 1 балл. Всего - 5 баллов.
Максимальный балл за задание - 5.
Решение.

В аппарате Киппа цинк реагирует с соляной кислотой, выделяя водород:

$$Zn + 2HCl \longrightarrow ZnCl_2 + H_2.$$

При нагревании водород восстанавливает хлорид меди(II) до красной меди; выделяющийся хлороводород растворяется в воде:

$$CuCl_2 + H_2 \longrightarrow Cu + 2HCl.$$

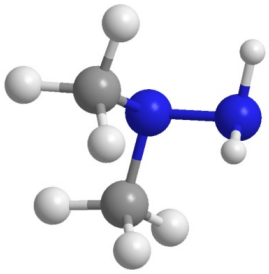
Значит, $X = H_2$, А - Zn, Б - HCl, В - $CuCl_2$, Г - Cu. Номера вариантов: 1, 3, 7, 5, 4.

Задание 11.

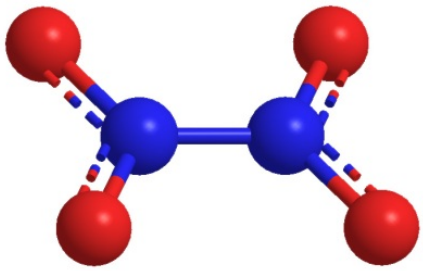
Важнейшей частью ракеты-носителя являются двигатели, которые создают реактивную тягу. Для работы двигателей ракеты требуется не только горючее, но и окислитель - вещество, необходимое для горения в безвоздушном пространстве. Горючее и окислитель хранятся в отдельных баках, их ракета должна нести с собой. Эти два компонента жидкого топлива смешиваются в камере сгорания двигателя, между ними протекает бурная реакция с выделением огромного количества энергии. Образующиеся горячие газы, продукты горения, с большой скоростью вырываются через сопло, создавая реактивную силу, которая толкает ракету вперёд.



В 50-е годы XX столетия активно велись разработки ракетного топлива на основе горючего - несимметричного диметилгидразина (НДМГ). В качестве окислителя был выбран димер оксида азота (IV). Это топливо использовалось на таких легендарных носителях, как тяжёлая ракета «Протон» и аппараты семейства «Космос», а также в двигателях космических кораблей «Союз» и орбитальных станций.



Модель молекулы НДМГ



Модель молекулы димера оксида азота (IV)

В представленных моделях шарики светло-серого цвета соответствуют атомам водорода, тёмно-серого - углерода, красного - кислорода, синего - азота.

Составьте уравнение реакции между НДМГ и димером оксида азота (IV), продуктами которой являются углекислый газ, пары́ воды и молекулярный азот. В ответ запишите наименьшие целочисленные коэффициенты, включая единичные.

Коэффициент перед формулой НДМГ	1
Коэффициент перед формулой димера оксида азота (IV)	2
Коэффициент перед формулой углекислого газа	2
Коэффициент перед формулой воды	4
Коэффициент перед формулой азота	3

Критерий оценивания: за каждый верный коэффициент - 0.8 балла. Всего - 4 балла.

Максимальный балл за задание - 4.

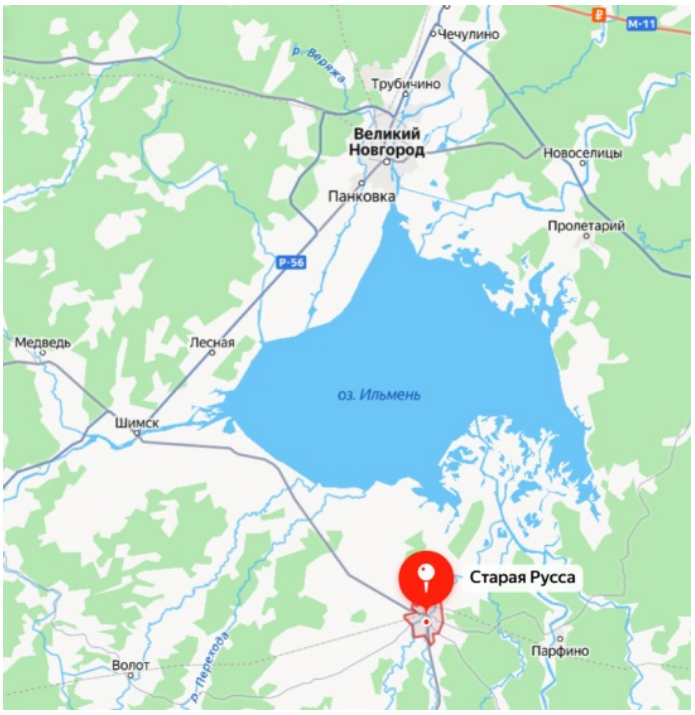
Решение.

Несимметричный диметилгидразин имеет формулу $C_2H_8N_2$, а димер оксида азота(IV) - N_2O_4. По двум атомам углерода получаем $2CO_2$, по восьми атомам водорода - $4H_2O$. Для восьми атомов кислорода нужны две молекулы окислителя. Всего атомов азота слева шесть, значит, справа $3N_2$:

$$C_2H_8N_2 + 2N_2O_4 \longrightarrow 2CO_2 + 4H_2O + 3N_2.$$

Задание 12.

Старая Русса - один из древнейших городов северо-запада России - возникла благодаря соляному промыслу. Соль здесь варили в чренах - больших сковородах, которые ставились на каменные печи. Воду для варки брали из солёных озёр, она подавалась в варницы при помощи деревянного трубопровода. Рассол нагревали и отстаивали, отделяя примеси. Очищенный раствор выпаривали. Этот процесс был трудоёмким, требовал больших затрат времени и топлива.



В воде одного из солёных озёр в районе Старой Руссы массовая доля хлорида натрия составляет 1.7 %. Плотность воды - 1.01 г/см^3.

Какая масса хлорида натрия содержится в 100 л такого раствора? Ответ выразите в граммах.

Ответ: засчитывается в диапазоне [1700; 1730] г

Растворимость хлорида натрия при 80 °C составляет 38.1 г на 100 г воды. Сколько воды нужно испарить при данной температуре из 100 л озёрной воды, чтобы в осадок выпал один килограмм соли? Ответ выразите в килограммах.

Ответ: засчитывается в диапазоне [97; 97.8] кг

Критерий оценивания: за верную массу соли - 1 балл; за верную массу испарённой воды - 3 балла. Всего - 4 балла.

Максимальный балл за задание - 4.

Решение.

Масса 100 л раствора равна $100000 \cdot 1.01 = 101000$ г. В нём содержится $101000 \cdot 0.017 = 1717$ г NaCl. После выпадения 1000 г соли в растворе остаётся 717 г соли. При растворимости 38.1 г на 100 г воды ей соответствуют $717 \cdot 100/38.1 \approx 1882$ г воды. Первоначально воды было $101000 - 1717 = 99283$ г. Значит, требуется испарить

$$m(\mathrm{H_2O}) = 99283 - \frac{717 \cdot 100}{38.1} \approx 97401 \text{ г} = 97.4 \text{ кг}.$$

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