

Максимальное количество баллов за олимпиаду - 50**Задание 1.**

В каком объёмном отношении нужно смешать водород и кислород в закрытом сосуде, чтобы после завершения реакции и охлаждения сосуда до исходной температуры давление в нём уменьшилось в 2 раза? Известно, что в сосуде после реакции тлеющая лучинка вспыхивает. Давлением паров продукта реакции пренебрегите. Запишите ответ в виде отношения минимально возможных натуральных чисел.

$$V(\text{H}_2) : V(\text{O}_2) = 1 : 2$$

Критерий оценивания: верное отношение в полностью записанном ответе - 4 балла.

Максимальный балл за задание - 4.

Решение.

Тлеющая лучинка вспыхивает, значит, после реакции остался кислород, а водород израсходован полностью. Пусть исходные количества газов равны x и y моль. По уравнению $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ остаётся $y - x/2$ моль кислорода. При одинаковой температуре давление пропорционально количеству газа. По условию

$$\frac{x + y}{y - x/2} = 2, \quad x = \frac{y}{2}.$$

Поэтому $V(\text{H}_2) : V(\text{O}_2) = 1 : 2$.

Задание 2.

Неизвестное вещество, водный раствор которого даёт чёрный осадок с раствором сульфата меди, состоит только из ионов, изоэлектронных атому аргона. Число катионов в веществе больше числа анионов.

Запишите химическую формулу этого вещества.

Ответ: K_2S

Сколько молей электронов содержится в 2 моль вещества?

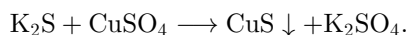
Ответ: 108

Критерий оценивания: за верную формулу вещества - 2 балла; за верное количество молей электронов - 2 балла. Всего - 4 балла.

Максимальный балл за задание - 4.

Решение.

Ионы K^+ и S^{2-} имеют по 18 электронов, как атом аргона. Сульфид калия K_2S даёт с раствором сульфата меди чёрный осадок CuS :



На одну формульную единицу соли приходится $2 \cdot 18 + 18 = 54$ электрона. В 2 моль соли содержится 108 моль электронов.

Задание 3.

Выберите две соли, водные растворы которых вступают друг с другом в химическую реакцию, сопровождающуюся выделением газа:

Ответ:

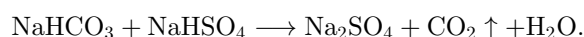
- ✓ Гидрокарбонат натрия
- Хлорид натрия
- Соляная кислота
- Карбонат кальция
- ✓ Гидросульфат натрия

Критерий оценивания: за каждую верно выбранную соль - 1.5 балла; за каждый ошибочный выбор снимается 1.5 балла. Всего - 3 балла.

Максимальный балл за задание - 3.

Решение.

Гидрокарбонат натрия и гидросульфат натрия являются солями. Гидросульфат даёт кислую среду, в которой гидрокарбонат выделяет углекислый газ:



Это варианты 1 и 5.

Задание 4.

Винни-Пух нашёл рядом с домом Пятачка блестящую серую пластинку с металлическим блеском. При сильном нагревании в кислороде пластинка сгорела с образованием белого порошка вещества, очень широко распространённого в природе. Какое практическое применение могла иметь эта пластинка?

Ответ:

- Катализатор
- ✓ Элемент солнечной панели
- Минеральное удобрение
- Материал для изготовления грифелей в карандашах
- Электрод в источнике тока

Критерий оценивания: верно выбранное применение - 3 балла.

Максимальный балл за задание - 3.

Решение.

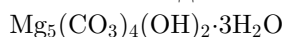
Серая пластинка с металлическим блеском может быть кремнием. При нагревании в кислороде он образует белый диоксид кремния: $\text{Si} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{SiO}_2$. Кремний используют в элементах солнечных панелей. Это вариант 2.

Задание 5.

Один из основных карбонатов магния используется в качестве пищевой добавки (в виде тригидрата). Для определения его состава провели следующие эксперименты:

- при небольшом нагревании кристаллогидрата получена безводная соль, при этом потеря массы твёрдого вещества составила около 12 %;
- при длительном сильном прокаливании тригидрата получен твёрдый остаток, масса которого составляет около 45 % от массы исходного вещества.

Расставьте индексы в формуле этой пищевой добавки.



Критерий оценивания: за каждый верный индекс - 2 балла. Всего - 6 баллов.

Максимальный балл за задание - 6.

Решение.

Представим состав добавки как $x\text{MgCO}_3 \cdot y\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Три молекулы воды имеют массу 54 г на моль вещества. По потере около 12% оцениваем его молярную массу: $M \approx 54/0.12 = 450$ г/моль. При сильном прокаливании остаётся $(x+y)\text{MgO}$ массой около $0.45 \cdot 450 = 202.5$ г, поэтому $x+y = 5$. Подходящие целые числа $x = 4$, $y = 1$: точная молярная масса $4 \cdot 84 + 58 + 54 = 448$ г/моль, масса остатка $5 \cdot 40 = 200$ г. Формула добавки - $\text{Mg}_5(\text{CO}_3)_4(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

Задание 6.

У некоторого элемента в основном электронном состоянии на внешнем энергетическом уровне находится в 2 раза меньше электронов, чем на всех внутренних уровнях вместе взятых.

Запишите химические символы подходящих под описание элементов.

Ответ: Li

Ответ: P

Запишите формулу устойчивого соединения, образуемого этими двумя элементами.

Ответ: Li_3P

Критерий оценивания: за оба верных символа элементов - 2 балла; за верную формулу соединения - 2 балла.

Всего - 4 балла.

Максимальный балл за задание - 4.

Решение.

Во втором периоде у атома 2 внутренних электрона. Один внешний электрон имеет литий: $2 + 1 = 3$. В третьем периоде внутренних электронов 10, а половину этого числа, то есть 5 внешних электронов, имеет фосфор: $10 + 5 = 15$. У элементов более поздних периодов внутренних электронов уже слишком много для данного условия. Литий и фосфор образуют фосфид лития Li_3P .

Задание 7.

Металлоорганические координационные полимеры (МОКП) - новый класс синтетических соединений, которые обладают полезными свойствами, например, могут поглощать различные вредные вещества из воды и воздуха. За открытия в области МОКП и других металлоорганических каркасов трём исследователям в 2025 году была присуждена Нобелевская премия по химии.

Один из наиболее устойчивых МОКП имеет формулу $\text{Zr}_6\text{O}_4(\text{OH})_4(\text{BDC})_x$, где BDC - двухзарядный анион $\text{C}_8\text{H}_4\text{O}_4^{2-}$.

Найдите значение x , если известно, что цирконий имеет высшую возможную степень окисления Zr^{+4} .

Ответ: 6

Расположите элементы в этом МОКП в порядке увеличения их массовой доли.

1. O
2. C
3. H
4. Zr

Ответ:

1	2	3	4
3	1	4	2

Критерий оценивания: верное значение x - 2 балла; полностью верный порядок элементов - 2 балла. Всего - 4 балла.

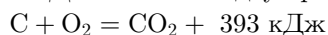
Максимальный балл за задание - 4.

Решение.

Электронейтральность соединения даёт $6 \cdot (+4) + 4 \cdot (-2) + 4 \cdot (-1) - 2x = 0$, откуда $x = 6$. Полная формула содержит $\text{Zr}_6\text{C}_{48}\text{H}_{28}\text{O}_{32}$. В одной формульной единице массы элементов пропорциональны 28 для водорода, 512 для кислорода, 546 для циркония и 576 для углерода. Поэтому порядок возрастания массовых долей: $\text{H} < \text{O} < \text{Zr} < \text{C}$, то есть номера 3, 1, 4, 2.

Задание 8.

Даны теплоты двух реакций:



Найдите теплоту (Q) реакции $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + Q$. Ответ выразите в килоджоулях.

Ответ: 566 кДж

Критерий оценивания: верная теплота реакции - 4 балла.

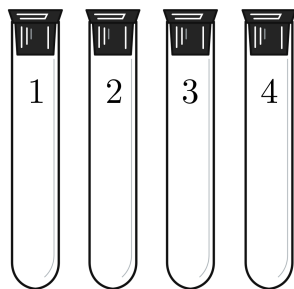
Максимальный балл за задание - 4.

Решение.

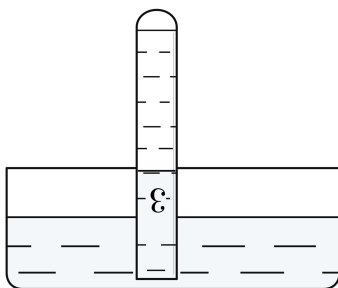
Удвоим первую реакцию: $2\text{C} + 2\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CO}_2 + 786 \text{ кДж}$. Из неё вычтем вторую: $2\text{C} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CO} + 220 \text{ кДж}$. Получим $2\text{CO} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CO}_2 + Q$, где $Q = 786 - 220 = 566 \text{ кДж}$.

Задание 9.

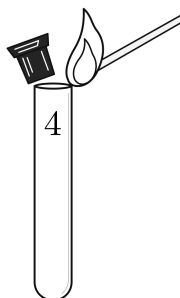
В четырёх пронумерованных пробирках, закрытых пробками, были выданы следующие газы: водород, азот, аммиак и оксид углерода (IV).



Пробирки перевернули дном вверх и поместили в кристаллизатор с водой. Под водой пробки открыли. В пробирке 3 вода из кристаллизатора стала быстро подниматься и заполнила практически весь объём пробирки. В трёх других существенных изменений не наблюдали.



Пробирки вынули из кристаллизатора, предварительно закрыв пробками, чтобы не выпустить оставшиеся газы. Затем к отверстию каждой пробирки подносили горящую лучинку. Газ, находящийся в пробирке 4, быстро вспыхнул.



При внесении горячей лучинки в пробирки с газами 1 и 2 пламя гасло. В пробирки 1 и 2 добавили немного известковой воды, закрыли пробками и встряхнули. В пробирке 1 наблюдали выпадение осадка белого цвета. В пробирке 2 никаких изменений не наблюдали.

В каких пробирках находятся выданные вещества?

1. Водород	А. 1
2. Азот	Б. 2
3. Аммиак	В. 3
4. Оксид углерода (IV)	Г. 4

Ответ:

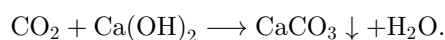
1	2	3	4
Г	Б	В	А

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

Максимальный балл за задание - 4.

Решение.

Пробирку 3 почти полностью заполнила вода: содержащийся в ней аммиак хорошо растворяется в воде. Газ из пробирки 4 вспыхнул от горящей лучинки, следовательно, это водород. Из двух оставшихся газов с известковой водой даёт белый осадок углекислый газ:



Он находится в пробирке 1, а азот - в пробирке 2. Для веществ в порядке таблицы получаем Г, Б, В, А.

Задание 10.

Простые (двойные) латуни - сплавы меди и цинка. Они обладают пластичностью, коррозионной устойчивостью, хорошо обрабатываются. Их широко применяют для изготовления предметов машиностроения, сантехнической фурнитуры, музыкальных инструментов, декоративных элементов. Латунь с массовой долей меди от 98 % до 80 % называется красной (томпаком), а с содержанием 80-60 % - жёлтой.



Для количественного определения состава образец простой латуни массой 0.24 г полностью растворили в разбавленной азотной кислоте при нагревании. После полного удаления оксидов азота к раствору добавили избыток иодида калия. В результате реакции образовалось 1.50 миллимоль иода. Важно учитывать, что между катионами меди Cu^{2+} и иодид-анионами I^- протекает окислительно-восстановительная реакция. Продукты реакции: иодид меди (I) и элементарный иод.

Определите массовую долю меди в исследуемом образце латуни. Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [78; 82] %

Критерий оценивания: верная массовая доля меди - 4 балла.

Максимальный балл за задание - 4.

Решение.

При добавлении иодида к раствору протекает реакция



На 1 моль иода приходится 2 моль меди. Поэтому $n(\text{Cu}) = 2 \cdot 1.50 = 3.00$ ммоль, $m(\text{Cu}) = 0.003 \cdot 64 = 0.192$ г. Массовая доля меди составляет $0.192/0.24 \cdot 100\% = 80\%$.

Задание 11.

В лаборатории имеются растворы следующих солей: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, BaCl_2 , MnSO_4 , NH_4Cl , $(\text{NH}_4)_2\text{S}$, $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, CuCl_2 , FeCl_3 . Смешали три раствора из числа вышеперечисленных. Получили прозрачный раствор без осадка, без запаха, имеющий зелёную окраску.



Из полученного раствора отбирали пробы, с которыми проводили опыты, описание которых представлено в таблице.

№ опыта	Ход опыта	Наблюдаемые изменения
1	Добавили разбавленную серную кислоту	Образовался осадок белого цвета
2	Добавили раствор гидроксида натрия	Образовался осадок буро-зелёного цвета
3	Осадок, полученный в опыте № 2, отфильтровали и добавили к нему раствор аммиака	Под действием аммиака осадок частично растворился; полученный раствор имел интенсивную ярко-синюю окраску, а нерастворившийся осадок имел бурый цвет

Растворы каких трёх солей были смешаны?

Ответ:

- $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
- ✓ BaCl_2
- MnSO_4
- NH_4Cl
- $(\text{NH}_4)_2\text{S}$
- $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$
- ✓ CuCl_2
- ✓ FeCl_3

Критерий оценивания: за каждый верно выбранный раствор - 2 балла; выбрать можно не более трёх растворов. Всего - 6 баллов.

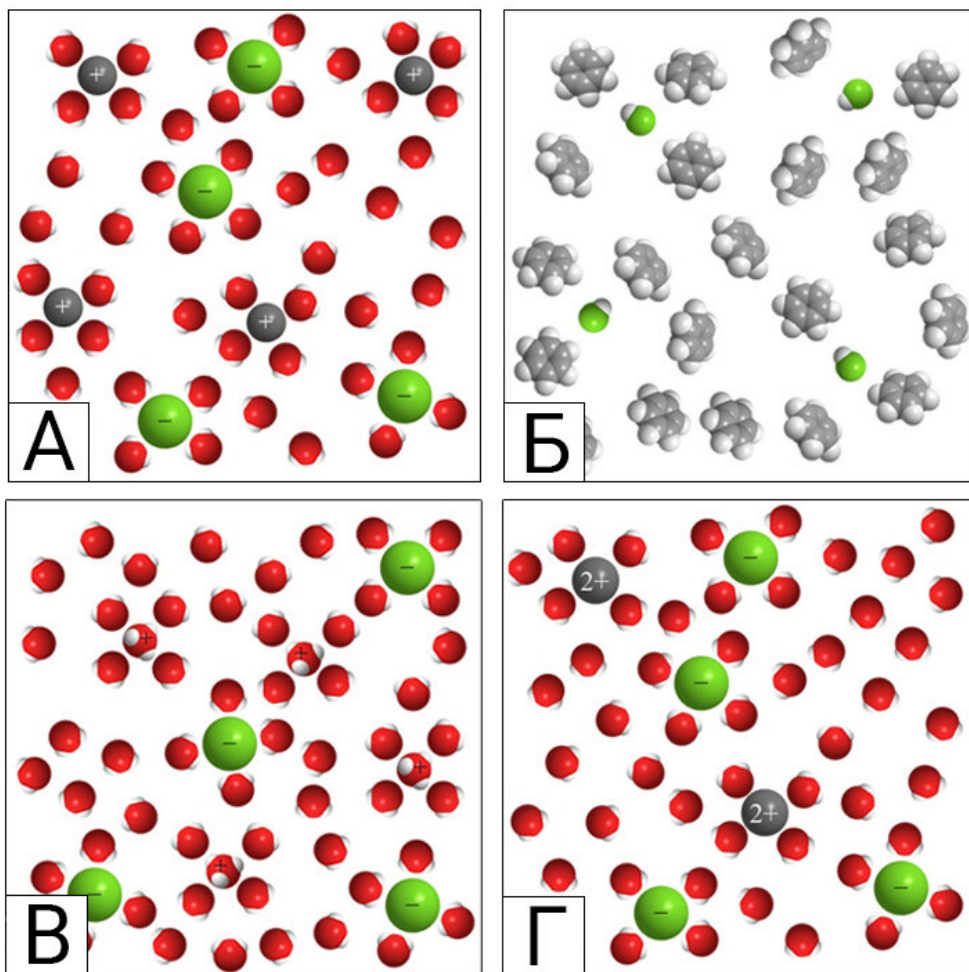
Максимальный балл за задание - 6.

Решение.

Белый осадок после добавления серной кислоты - BaSO_4 , значит, в смеси был BaCl_2 . Буро-зелёный осадок после добавления щёлочи состоит из $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и $\text{Cu}(\text{OH})_2$. В аммиаке гидроксид меди(II) растворяется с образованием ярко-синего амминокомплекса, а гидроксид железа(III) остаётся бурым. Следовательно, два других исходных раствора - CuCl_2 и FeCl_3 . Это варианты 2, 7 и 8.

Задание 12.

В лаборатории имеются следующие реактивы: соляная кислота, водные растворы хлорида натрия, хлорида кальция, хлорида алюминия и этилового спирта, раствор хлороводорода в бензоле, раствор хлорида меди (II) в этиловом спирте. На рисунках представлены четыре модели растворов из числа вышеперечисленных. Шариками одного цвета представлены модели атомов одного и того же химического элемента.



Подберите раствор для каждой из моделей.

Модель	Раствор
А	1. Соляная кислота
Б	2. Водный раствор хлорида натрия
В	3. Водный раствор хлорида кальция
Г	4. Водный раствор хлорида алюминия
	5. Водный раствор этилового спирта
	6. Раствор хлороводорода в бензоле
	7. Раствор хлорида меди (II) в этиловом спирте

Ответ:

А	Б	В	Г
2	6	1	3

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

Максимальный балл за задание - 4.

Решение.

На модели А изображены гидратированные однозарядные катионы и анионы, поэтому это водный раствор NaCl, вариант 2. В модели Б частицы HCl находятся среди молекул бензола, без разделения на ионы: вариант 6. В модели В видны гидратированные ионы H^+ и Cl^- , то есть соляная кислота, вариант 1. Модель Г содержит гидратированные двухзарядные катионы и хлорид-ионы: это водный раствор $CaCl_2$, вариант 3.

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

