

I. Задания отборочного тура олимпиады «Ломоносов» по химии (5-9 классы)

Задача 1 (6 баллов)

1.1. Молекула бинарного соединения содержит 22 электрона, из которых 10 участвуют в образовании химических связей. Установите формулу соединения (подтвердите расчетом) и изобразите структурную формулу молекулы.

1.2. Молекула бинарного соединения содержит 18 электронов, из которых 10 участвуют в образовании химических связей. Установите формулу соединения (подтвердите расчетом) и изобразите структурную формулу молекулы.

1.3. Молекула бинарного соединения содержит 16 электронов, из которых 12 участвуют в образовании химических связей. Установите формулу соединения (подтвердите расчетом) и изобразите структурную формулу молекулы.

1.4. Молекула бинарного соединения содержит 26 электронов, из которых 14 участвуют в образовании химических связей. Установите формулу соединения (подтвердите расчетом) и изобразите структурную формулу молекулы.

Задача 2 (12 баллов)

2.1. Парниковые газы X_1 и X_2 состоят из одних и тех же элементов. Смесь этих газов в объемном соотношении 1:4 в 4 раза тяжелее кислорода, а в соотношении 4:1 – в 3.5 раза тяжелее азота. Определите формулы газов (обязательно приведите расчеты) и напишите уравнение получения более легкого газа из более тяжелого.

2.2. Парниковые газы X_1 и X_2 состоят из одних и тех же элементов. Смесь этих газов в объемном соотношении 1:4 в 6 раз тяжелее азота, а в соотношении 4:1 – в 6 раз тяжелее паров воды. Определите формулы газов (обязательно приведите расчеты) и напишите уравнение реакции более легкого газа с углекислым газом.

2.3. Газы X_1 и X_2 являются очень сильными окислителями и состоят из одних и тех же элементов. Смесь этих газов в объемном соотношении 1:3 в 3.3 раза тяжелее воздуха, а в соотношении 3:1 – в 1.8 раза тяжелее углекислого газа. Определите формулы газов (обязательно приведите расчеты) и напишите уравнение реакции получения более тяжелого газа из более легкого.

2.4. Газы X_1 и X_2 являются очень сильными восстановителями и состоят из одних и тех же элементов. Смесь этих газов в объемном соотношении 1:4 в 2 раза тяжелее азота, а в соотношении 4:1 имеет такую же плотность, как и фтор. Определите формулы газов (обязательно приведите расчеты) и напишите уравнение реакции более тяжелого газа с водой.

Задача 3 (12 баллов)

3.1. Посмотрите видео демонстрационного опыта, посвященного комплексным соединениям железа, кобальта и никеля. <https://youtu.be/IM5HLJ5ADz8>

Запишите уравнения всех проведенных реакций в молекулярной или ионной форме.

3.2. Посмотрите видео демонстрационного опыта, посвященного химическим свойствам гидроксида кобальта. <https://youtu.be/-O351kUvHyk>

Запишите уравнения всех проведенных реакций в молекулярной или ионной форме.

3.3. Посмотрите видео демонстрационного опыта, посвященного комплексным соединениям меди(II). <https://youtu.be/sXjTnMkP00I>

Запишите уравнения всех проведенных реакций в молекулярной или ионной форме.

3.4. Посмотрите видео демонстрационного опыта, посвященного комплексным соединениям ртути. <https://youtu.be/НВYqOG8mins>

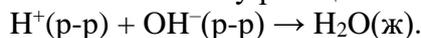
Запишите уравнения всех проведенных реакций в молекулярной или ионной форме.

Задача 4 (14 баллов)

4.1. В таблице приведены значения теплот образования из простых веществ и теплот растворения в воде некоторых соединений ($Q > 0$ соответствует экзотермической реакции):

Вещество	NaOH(тв)	NaCl(тв)	HCl(г)	H ₂ O(ж)
$Q_{\text{обр}}$, кДж/моль	425.6	411.1	92.3	285.8
$Q_{\text{раств}}$, кДж/моль	44.5	-3.9	74.8	-

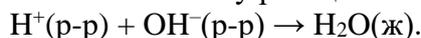
Используя эти данные, рассчитайте теплоту реакции нейтрализации



4.2. В таблице приведены значения теплот образования из простых веществ и теплот растворения в воде некоторых соединений ($Q > 0$ соответствует экзотермической реакции):

Вещество	NaOH(тв)	NaNO ₃ (тв)	HNO ₃ (ж)	H ₂ O(ж)
$Q_{\text{обр}}$, кДж/моль	425.6	466.7	174.1	285.8
$Q_{\text{раств}}$, кДж/моль	44.5	-19.0	33.3	-

Используя эти данные, рассчитайте теплоту реакции нейтрализации



4.3. В таблице приведены значения теплот образования из простых веществ и теплот растворения в воде некоторых соединений ($Q > 0$ соответствует экзотермической реакции):

Вещество	KOH(тв)	KCl(тв)	HCl(г)	H ₂ O(ж)
$Q_{\text{обр}}$, кДж/моль	425.9	435.9	92.3	285.8
$Q_{\text{раств}}$, кДж/моль	55.3	?	74.8	-

Теплота реакции нейтрализации $\text{H}^+(\text{p-p}) + \text{OH}^-(\text{p-p}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{ж})$ равна 56.2 кДж/моль. Используя эти данные, определите теплоту растворения KCl(тв).

4.4. В таблице приведены значения теплот образования из простых веществ и теплот растворения в воде некоторых соединений ($Q > 0$ соответствует экзотермической реакции):

Вещество	KOH(тв)	KNO ₃ (тв)	HNO ₃ (ж)	H ₂ O(ж)
$Q_{\text{обр}}$, кДж/моль	425.9	492.7	174.1	285.8
$Q_{\text{раств}}$, кДж/моль	55.3	?	33.3	-

Теплота реакции нейтрализации $\text{H}^+(\text{p-p}) + \text{OH}^-(\text{p-p}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{ж})$ равна 55.6 кДж/моль. Используя эти данные, определите теплоту растворения KNO₃(тв).

Задача 5 (18 баллов)

5.1. Напишите уравнения реакций согласно схеме превращений:



5.2. Напишите уравнения реакций согласно схеме превращений:



5.3. Напишите уравнения реакций согласно схеме превращений:



5.4. Напишите уравнения реакций согласно схеме превращений:



Задача 6 (18 баллов)

6.1. Даны два раствора: соляная кислота и раствор гидроксида натрия. Эти растворы смешивали в различных объемных соотношениях и измеряли pH полученных растворов. Результаты опытов представлены в таблице.

№ опыта	$V(\text{HCl}) : V(\text{NaOH})$	pH
1	1 : 1	7
2	2 : 1	1
3	1 : 2	?

Определите молярные концентрации веществ в исходных растворах и рассчитайте pH конечного раствора в третьем опыте. Примите, что при смешивании разбавленных водных растворов объемы складываются.

6.2. Даны два раствора: азотной кислоты и гидроксида натрия. Эти растворы смешивали в различных объемных соотношениях и измеряли pH полученных растворов. Результаты опытов представлены в таблице.

№ опыта	$V(\text{HNO}_3) : V(\text{NaOH})$	pH
1	1 : 1	7
2	3 : 1	2
3	1 : 3	?

Определите молярные концентрации веществ в исходных растворах и рассчитайте pH конечного раствора в третьем опыте. Примите, что при смешивании разбавленных водных растворов объемы складываются.

6.3. Даны два раствора: соляная кислота и раствор гидроксида калия. Эти растворы смешивали в различных объемных соотношениях и измеряли pH полученных растворов. Результаты опытов представлены в таблице.

№ опыта	$V(\text{HCl}) : V(\text{KOH})$	pH
1	1 : 1	7
2	1 : 5	13
3	5 : 1	?

Определите молярные концентрации веществ в исходных растворах и рассчитайте pH конечного раствора в третьем опыте. Примите, что при смешивании разбавленных водных растворов объемы складываются.

6.4. Даны два раствора: азотной кислоты и гидроксида калия. Эти растворы смешивали в различных объемных соотношениях и измеряли pH полученных растворов. Результаты опытов представлены в таблице.

№ опыта	$V(\text{HNO}_3) : V(\text{KOH})$	pH
1	1 : 1	7
2	1 : 2	12
3	2 : 1	?

Определите молярные концентрации веществ в исходных растворах и рассчитайте pH конечного раствора в третьем опыте. Примите, что при смешивании разбавленных водных растворов объемы складываются.

Задача 7 (20 баллов)

7.1. Твердое вещество **X** представляет собой желтые кристаллы, нерастворимые в воде. При небольшом нагревании в инертной атмосфере оно полностью разлагается на два вещества – простое (металл) и сложное, при этом масса твердого вещества уменьшается в 3.55 раза (*реакция 1*). При нагревании **X** в атмосфере кислорода (*реакция 2*) масса твердого вещества уменьшается всего в 2.24 раза. При растворении **X** в концентрированной серной кислоте (*реакция 3*) выделяется смесь двух газов, которая в 2 раза тяжелее аммиака, а при пропускании через раствор щелочи (*реакция 4*) теряет $1/6$ объема. Установите формулу вещества **X**, приведите необходимые расчеты и запишите уравнения всех пронумерованных реакций.

7.2. Твердое вещество **X** представляет собой красно-оранжевые кристаллы, нерастворимые в воде. При небольшом нагревании в инертной атмосфере оно полностью разлагается на два вещества – простое (металл) и сложное, при этом масса твердого вещества уменьшается в 2.90 раза (*реакция 1*). При нагревании **X** в атмосфере кислорода (*реакция 2*) масса твердого вещества уменьшается всего в 2.13 раза. При растворении **X** в концентрированной серной кислоте (*реакция 3*) выделяется смесь двух газов, которая в 1.1 раза тяжелее кислорода, а при пропускании через раствор щелочи (*реакция 4*) теряет $1/5$ объема. Установите формулу вещества **X**, приведите необходимые расчеты и запишите уравнения всех пронумерованных реакций.

7.3. Твердое вещество **X** представляет собой оранжевые кристаллы, нерастворимые в воде. При нагревании в инертной атмосфере оно полностью разлагается на два вещества – простое (металл) и сложное, при этом масса твердого вещества уменьшается в 3.25 раза (*реакция 1*). При нагревании **X** в атмосфере кислорода (*реакция 2*) масса твердого вещества уменьшается всего в 2.275 раза. При растворении **X** в концентрированной серной кислоте (*реакция 3*) выделяется смесь двух газов, которая в 1.276 раза тяжелее воздуха, а при пропускании через раствор щелочи (*реакция 4*) теряет $1/4$ объема. Установите формулу вещества **X**, приведите необходимые расчеты и запишите уравнения всех пронумерованных реакций.

7.4. Твердое вещество **X** представляет собой бесцветные кристаллы, нерастворимые в воде. При нагревании в инертной атмосфере оно полностью разлагается на два вещества – простое (металл) и сложное, при этом масса твердого вещества уменьшается в 4.23 раза (*реакция 1*). При нагревании **X** в атмосфере кислорода (*реакция 2*) масса твердого вещества уменьшается всего в 2.895 раза. При растворении **X** в концентрированной серной кислоте (*реакция 3*) выделяется смесь двух газов, которая в 2.2 раза тяжелее метана, а при пропускании через раствор щелочи (*реакция 4*) теряет $1/5$ объема. Установите формулу вещества **X**, приведите необходимые расчеты и запишите уравнения всех пронумерованных реакций.