

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ХИМИИ. 2019–2020 уч. г.
ШКОЛЬНЫЙ ЭТАП. 10 КЛАСС

Задания, ответы и критерии оценивания

Задача 1. Левые части

Восстановите левые части уравнений химических реакций.

- 1) ... + ... = $\text{MnO}_2 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
- 2) ... + ... + ... = $\text{I}_2 + 2\text{NO} + 4\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O}$
- 3) ... + ... = $2\text{Cu} + 4\text{HNO}_3 + \text{O}_2$
- 4) ... + ... + ... = $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3\downarrow + 2\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CO}_2\uparrow$
- 5) ... + ... + ... = $2\text{CuCl}\downarrow + \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$

Задача 2. Превращения тяжёлой жидкости

Очень тяжелая жидкость **X** не растворяется ни в воде, ни в бензине. В жёлто-зелёном газе **A** жидкость **X** сгорает ослепительным белым пламенем, образуя бесцветные пары, которые при охлаждении конденсируются в бесцветные кристаллы **Б**. Вещество **Б** хорошо растворимо в воде, а при действии раствора нитрата серебра образует белый творожистый осадок **В**, нерастворимый в кислотах. Из 10,0 г **Б** можно получить 10,6 г **В**. При добавлении к раствору **Б** простого розово-красного вещества **Г** выделяется **X**, а раствор приобретает голубую окраску. Определите все неизвестные вещества и напишите уравнения реакций. Ответ подтвердите расчётом.

Задача 3. Свойства углеводорода

При полном сжигании углеводорода образовалось 10,08 л углекислого газа (н. у.) и 4,5 г воды. Пары углеводорода примерно в 4 раза тяжелее воздуха. Углеводород взаимодействует с бромом в растворе четырёххлористого углерода в равном молярном соотношении.

1. Найдите молекулярную формулу углеводорода.
2. Приведите структурные формулы ВСЕХ углеводородов, отвечающих условию задачи.
3. Один из изомеров, перечисленных в п. 2, окисляется подкисленным раствором перманганата калия без выделения газа. Приведите структуру этого углеводорода и напишите уравнение реакции окисления.

Задача 4. Старая соль

В школьной лаборатории была обнаружена банка с реактивом, датируемая 1990 годом. На полустёртой этикетке виднелись остатки подписи – «...ийый (хч)». Ученики вместе с преподавателем решили исследовать неизвестный порошок. Для начала они аккуратно внесли маленькую часть белого порошка в пламя горелки – пламя окрасилось в яркий фиолетовый цвет. После этого ребята взвесили 31,2 г вещества и добавили 200 мл воды, порошок полностью растворился. Затем к образовавшемуся раствору соли добавили 300 мл 2 М соляной кислоты ($\rho = 1,03$ г/мл), при этом выделилось 4,48 л (н. у.) газа **X**, а масса раствора составила 531,4 г. После окончания выделения газа учитель добавил несколько капель лакмуса в раствор, который сразу же окрасился в яркий красный цвет.

1. Определите состав белого порошка и газ **X**. Приведите необходимые расчёты.
2. Напишите уравнение реакции исследуемого вещества с избытком соляной кислоты.
3. Восстановите название на этикетке. Что обозначает сокращение «хч»? Почему формула вещества, название которого было указано на этикетке, отличается от формулы реального вещества в банке?
4. В избытке или недостатке находилась соляная кислота? Ответ обоснуйте.

Задача 5. Перфторалканы

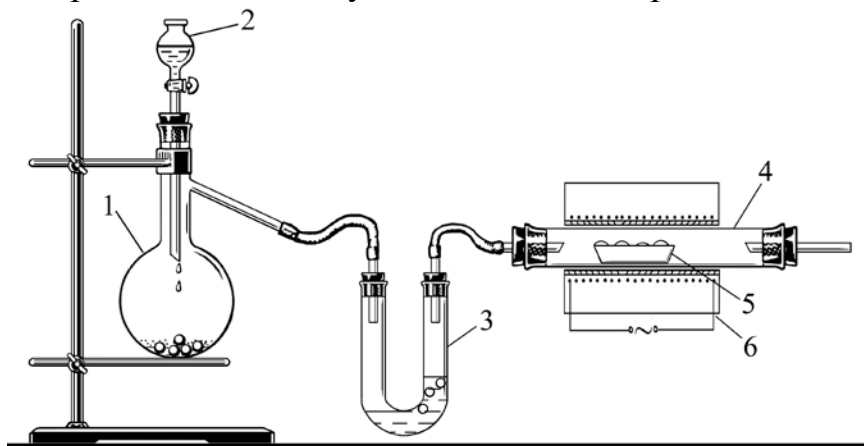
Фторуглероды (перфторуглеводороды) – углеводороды, в которых все атомы водорода замещены на атомы фтора. Данный класс веществ имеет широкий спектр применений: диэлектрики, теплоносители, низкотемпературные хладагенты, мономеры в производстве фторполимеров. К сожалению, ввиду высокой реакционной способности фтора получить данные вещества прямым фторированием углеводородов не получается.

В настоящее время один из способов получения перфторалканов заключается в пропускании паров алкана через слой соли **A**, при этом образуются перфторалкан, соль **B** и фтороводород.

1. Напишите уравнение реакции фторирования гексана, считая, что при этом происходит полная деструкция углеродного скелета.
2. Рассчитайте состав солей **A** и **B**, если дополнительно известно, что обе эти соли являются бинарными соединениями, а массовая доля металла в соли **B** больше массовой доли металла в соли **A** в 1,196 раза, причём степень окисления металла в соли **A** на 1 больше степени окисления металла в соли **B**.
3. Напишите уравнение реакции пропана с солью **A**.

Задача 6. Неорганический синтез

В колбу Вюрца (на рис. показана цифрой 1) поместили гранулы алюминия, к которым из капельной воронки (2) приливали раствор вещества **A**. Из реакционной смеси выделялся газ **B**, причём скорость его выделения на начальном этапе реакции заметно увеличивалась со временем.



Газ **B** пропускали через концентрированную серную кислоту, которая находилась в U-образной трубке (3). Затем газ **B** поступал в термостойкую трубку (4), в которой находилась лодочка (5) с нагретым металлическим натрием. Температуру поддерживали с помощью трубчатой электропечи (6). Натрий реагировал с газом **B**, в результате реакции получали кристаллическое соединение **C**. Если вещество **C** поместить в воду, то выделяется газ **B** и образуется раствор вещества **A**.

1. Определите вещества **A**, **B** и **C**. Напишите уравнения реакций получения газа **B** в колбе Вюрца (1), синтеза соединения **C** в трубке (4), взаимодействия вещества **C** с водой.

2. С какой целью пропускают газ **B** через U-образную трубку с концентрированной серной кислотой? Почему для синтеза соединения **C** это очень важное условие?

3. Предложите возможное объяснение увеличению скорости реакции между алюминием и раствором вещества **A** на начальном этапе.

4. Опишите ещё два способа получения газа **B** в лаборатории, приведите уравнения реакций.

Решения и система оценивания

В итоговую оценку из 6 задач засчитываются 5 решений, за которые участник набрал наибольшие баллы, то есть одна из задач с наименьшим баллом не учитывается.

Задача 1. Левые части

Решение

- 1) $\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{KClO} = \text{MnO}_2 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
- 2) $2\text{NaNO}_2 + 2\text{NaI} + 4\text{HCl} = \text{I}_2 + 2\text{NO} + 4\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O}$
- 3) $2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Cu} + 4\text{HNO}_3 + \text{O}_2$ (электролиз)
- 4) $2\text{CuSO}_4 + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3\downarrow + 2\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CO}_2\uparrow$
- 5) $2\text{CuCl}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{CuCl}\downarrow + \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$

Критерии оценивания:

Каждое уравнение

2 балла

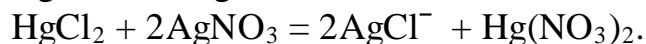
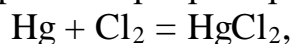
(если все реагенты правильные, но не уравнено – 1 балл)

Итого 10 баллов

Задача 2. Превращения тяжёлой жидкости

Решение

Из описания веществ можно сделать вывод, что **X** – Hg, **A** – Cl₂. При взаимодействии между ними образуется HgCl₂ – вещество **B**, которое с нитратом серебра переходит в AgCl – вещество **B**.



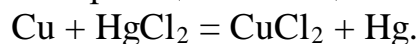
Подтвердим эти выводы расчётом.

$$n(\text{HgCl}_2) = 10,0 / (200,5 + 2 \times 35,5) = 0,0368 \text{ моль},$$

$$n(\text{AgCl}) = 10,6 / 143,5 = 0,0739 \text{ моль}.$$

$n(\text{AgCl}) = 2n(\text{HgCl}_2)$, что соответствует уравнению реакции обмена.

Простое вещество розово-красного цвета **Г** – это медь, Cu, которая вступает в реакцию замещения с хлоридом ртути:



Голубая окраска свойственна солям меди.

Критерии оценивания:

Вещества

5 баллов (по 1 баллу за вещество)

Уравнения реакций

3 балла (по 1 баллу за уравнение)

(если правильные вещества, но не уравнено – 0,5 балла)

Расчёт

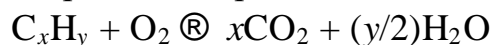
2 балла

Итого 10 баллов

Задача 3. Свойства углеводорода

Решение

1. Схема реакции горения:



$$n(CO_2) = 10,08 / 22,4 = 0,45 \text{ моль,}$$

$$n(H_2O) = 4,5 / 18 = 0,25 \text{ моль.}$$

$$x : (y/2) = 0,45 : 0,25 = 9 : 5,$$

$$x : y = 9 : 10.$$

Простейшая формула углеводорода – C_9H_{10} .

2 балла

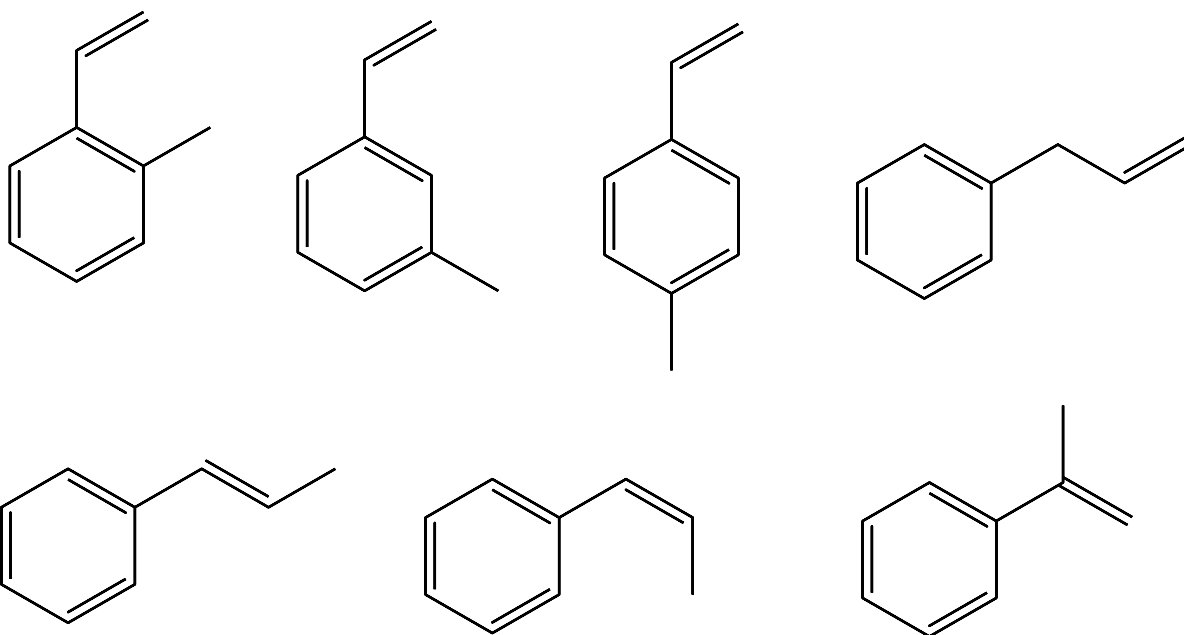
Молярная масса углеводорода: $M \approx 29 \times 4 = 116 \text{ г/моль}$, следовательно, истинная формула совпадает с простейшей.

1 балл

2. Реакция с эквимольным количеством брома свидетельствует о том, что в молекуле углеводорода есть одна двойная связь.

1 балл

Большая степень ненасыщенности свидетельствует о том, что кроме двойной связи в молекуле углеводорода есть бензольное кольцо. Условию задачи удовлетворяют 7 изомеров, включая геометрические:



(по 0,5 балла за структуру)

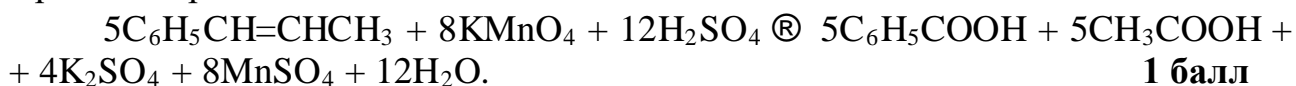
3,5 балла

3. При жёстком окислении двойной связи газ не выделяется в том случае, когда двойная связь находится в середине цепи. Из перечисленных в п. 2 изомеров этому условию удовлетворяют только *цис*- и *транс*-1-фенилпропен, $C_6H_5CH=CHCH_3$.

1,5

балла

Уравнение реакции окисления:



1 балл

Итого 10 баллов

Задача 4. Старая соль

Решение

1. Так как пламя окрасилось в яркий фиолетовый цвет, следовательно это соль калия.

Определим молярную массу газа **X**:

$$m(\mathbf{X}) = 31,2 + 200 + 300 \times 1,03 - 531,4 = 8,8 \text{ г,}$$

$$n(\mathbf{X}) = 4,48/22,4 = 0,2 \text{ моль,}$$

$$M(\mathbf{X}) = 8,8/0,2 = 44 \text{ г/моль – следовательно, газ } \mathbf{X} - \text{CO}_2.$$

Тогда исследуемый порошок – это карбонат или гидрокарбонат калия.

$$M(\text{вещества}) = 31,2/0,2 = 156 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{K}_2\text{CO}_3) = 138 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{KHCO}_3) = 100 \text{ г/моль – не сходится.}$$

Так как соль достаточно «старая», возможно, она представляет собой кристаллогидрат, следовательно, исходя из молярной массы, исследуемое вещество: $\text{K}_2\text{CO}_3 \times \text{H}_2\text{O}$.

2. Уравнение реакции: $\text{K}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{KCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$.

3. Калий углекислый. «ХЧ» – химически чистый. Образование кристаллогидрата связано с тем, что карбонат калия за достаточно долгий промежуток времени поглотил влагу из воздуха.

4. В избытке, так как раствор после прекращения выделения газа окрасился в красный цвет при добавлении лакмуса.

Система оценивания:

Пункт	Критерий	Балл
1	Вывод о том, что исследуемое вещество – соль калия	1 балл
	Вывод формулы газа X с расчётом (без расчёта)	2 балла (0,5 балла)
	Вывод формулы соли $\text{K}_2\text{CO}_3 \times \text{H}_2\text{O}$ с расчётом ($\text{K}_2\text{CO}_3 \times \text{H}_2\text{O}$ без расчёта) (KHCO_3 или K_2CO_3)	3 балла (1 балл) (0,5 балла)
	Всего за п. 1	6 баллов
2	Уравнение реакции (с неправильными коэффициентами)	2 балла (1 балл)
	Всего за п. 2	2 балла
3	Название соли	0,5 балла
	Расшифровка сокращения «ХЧ»	0,5 балла
	Обоснование образования кристаллогидрата	0,5 балла
	Всего за п. 3	1,5 балла
4	Правильный ответ с обоснованием без обоснования	0,5 балла
		0 баллов
	Всего за п. 4	0,5 балла

Итого 10 баллов

Задача 5. Перфторалканы

Решение



2. Так как соли **A** и **B** – бинарные соединения, логично предположить, что это фториды. Тогда соль **A** можно представить в виде MF_{n+1} , а соль **B** – MF_n .

Из условия о массовых долях металла следует:

$$\frac{M + 19n + 19}{M + 19n} = 1,196;$$

$$1 + \frac{19}{M + 19n} = 1,196;$$

$M = 96,94 - 19n$, при $n = 2$, $M = 58,94$ г/моль, что соответствует кобальту (Co).
Следовательно, соль **A** – CoF_3 , **B** – CoF_2 .



Система оценивания:

Пункт	Критерий	Балл
1	Уравнение реакции (с неправильными коэффициентами)	2 балла (1 балл)
	Всего за п. 1	2 балла
2	Вывод, что соли A и B – фториды	1 балл
	Формулы солей CoF_3 и CoF_2 – по 2 балла (Формулы солей NiF_3 и NiF_2 по 1 баллу) (Формулы солей A и B без расчётов)	4 балла (2 балла) (0 баллов)
	Всего за п. 2	5 баллов
3	Уравнение реакции (и с CoF_3 , и с NiF_3) (с неправильными коэффициентами)	3 балла (1 балл)
	Всего за п. 3	3 балла

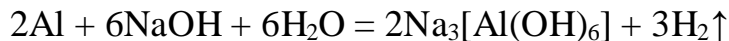
Итого 10 баллов

Задача 6. Неорганический синтез

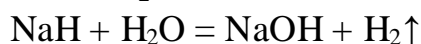
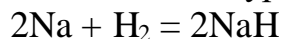
Решение

1. Из приведённого в условии описания свойств можно сделать вывод, что **A** – NaOH, **B** – H₂ и **C** – NaN.

3 балла



(принимается также уравнение с формулой Na[Al(OH)₄])



По 1 баллу за каждое правильное уравнение, всего 3 балла

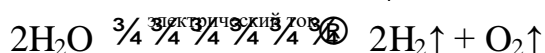
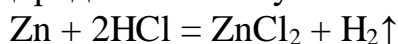
2. Концентрированная серная кислота используется в данном эксперименте для осушки выделяющегося водорода, т. е. для удаления из него паров воды. Для синтеза гидрида натрия очень важно избавиться от паров воды, т. к. она реагирует и с натрием, и с NaN.

1 балл

3. Алюминий покрыт слоем оксида, на растворение которого требуется определённое время. По мере того как оксид растворяется и площадь соприкосновения металла с раствором щёлочи увеличивается, скорость выделения водорода возрастает. Ещё одним важным фактором является положительный тепловой эффект данной реакции. Реакционная смесь разогревается за счёт выделяющейся теплоты, что приводит к резкому возрастанию скорости реакции на начальном этапе.

за любое разумное объяснение 1 балл

4. Водород можно получить в лаборатории различными способами:



по 1 баллу за каждое правильное уравнение, максимально 2 балла

Итого 10 баллов