

**Всероссийская олимпиада школьников по химии
(муниципальный этап) 2024/2025 учебного года**

Время выполнения заданий – 4 часа. Максимальный балл – 50, каждое задание – 10 баллов

Разрешается использовать: обычный калькулятор, таблицу растворимости веществ, Периодическую таблицу химических элементов и ряд активности металлов

9 класс

Задание 1. К 190 граммам 10% раствора соляной кислоты добавили 60 мл воды и получили раствор №1. Через полученный раствор №1 пропустили 4480 мл хлороводорода (н.у.), газ полностью поглотился, образовался раствор №2. Раствор №2 упарили, при этом выделялся газ с неприятным резким запахом и масса раствора №3 уменьшилась на 5,4 грамма. Потерями воды можно пренебречь. К полученному раствору добавили 0,3% раствор нитрата серебра до полного осаждения хлорид ионов. Рассчитайте массовую долю хлорида водорода в растворах №1, №2, №3 и количество вещества (моль) нитрата серебра и массу раствора нитрата серебра

Задание 2. Металл **А** ценят за его малую плотность при отличной коррозионной стойкости. **А** растворяется в соляной кислоте (**реакция 1**) и концентрированной горячей щёлочи (**реакция 2**), однако с большим трудом растворяется в концентрированной азотной кислоте (**реакция 3**). Известно, что при растворении 1.000 г металла **А** в соляной кислоте образуется 3-х валентный хлорид **В**, массовая доля металла в котором 20,24%. При действии раствора аммиака на раствор **В** образуется осадок вещества **С**, которое способно растворяться в серной кислоте (**реакция 4**) и едком натре (**реакция 5**).

- 1) Определите соединения **А** - **С**
- 2) Запишите уравнения реакций
- 3) Почему **А** с трудом растворяется в концентрированной азотной кислоте?
- 4) Какова масса полученного хлорида **В**?

Задание 3. Бромид фосфора(V) смешали в растворе гидроксида натрия в массовом соотношении 1:10. При этом оба вещества прореагировали полностью. К полученному раствору добавили раствор нитрата серебра, до прекращения выпадения осадка. В результате образовалось 680 г раствора с массовой долей единственного растворённого вещества 10%. Вычислите массовую долю нитрата серебра в добавленном растворе. В ответе запишите уравнения реакций, которые указаны в условии задачи, и приведите все необходимые вычисления (указывайте единицы измерения и обозначения искомых физических величин).

Задание 4.

Нитрат железа(II) прокалили. Полученный твёрдый остаток растворили в иодоводородной кислоте. Образовавшуюся соль поместили в раствор азотной кислоты. В результате реакции получили окрашенное простое вещество и бесцветный газообразный оксид. Простое вещество отделили, а к оставшемуся раствору соли прилили раствор карбоната калия. Простое вещество смешали с порошком алюминия и добавили каплю воды. Напишите уравнения пяти описанных реакций.

Задание 5. В далёком 1919 году немецкие учёные Макс Борн и Фриц Габер предложили удобный и наглядный метод изучения термодинамики химических реакций, называемый циклом Борна-Габера. Их подход основан на простейшем законе Германа Гесса, суть которого состоит в том, что тепловой эффект реакции не зависит от пути процесса и определяется лишь начальными и конечными состояниями системы. Например, мы хотим рассчитать тепловой эффект реакции: $\text{Ba}_{(\text{тв.})} \rightarrow \text{Ba}^+_{(\text{г.})}$ (ΔH_3). Для этого в соответствии с законом Гесса нам надо разбить её на стадии – в данном случае две: $\text{Ba}_{(\text{тв.})} \rightarrow \text{Ba}_{(\text{г.})}$ (ΔH_1) и $\text{Ba}_{(\text{г.})} \rightarrow \text{Ba}^+_{(\text{г.})}$ (ΔH_2). Тогда тепловой эффект искомой реакции (фактически представляющую сумму двух предыдущих реакций) есть не что иное, как $\Delta H_3 = \Delta H_1 + \Delta H_2$.

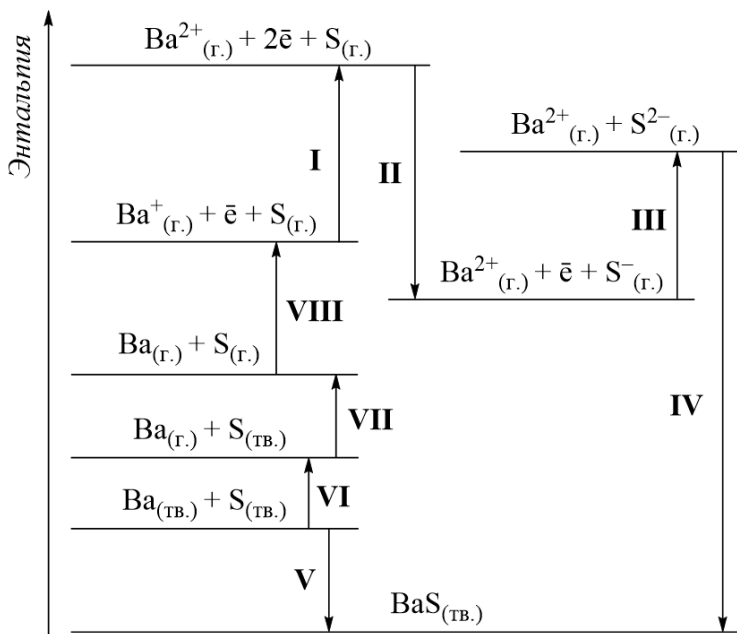
Примечание:

ΔH

(энтальпия) – параметр реакции при постоянном давлении равный теплоте, взятой с обратным знаком.

Подход Борна и Габера состоит в замене реакции, экспериментальное определение теплового эффекта которой затруднительно (в данном случае это $\text{Ba}_{(\text{тв.})} + \text{S}_{(\text{тв.})} \rightarrow \text{BaS}_{(\text{тв.})}$) на последовательность других превращений (связывающих реагенты и продукты) с легко устанавливаемыми термодинамическими характеристиками. Исходя из вышеописанного закона Гесса тепловые эффекты прямого процесса и последовательностей окольно идущих реакций равны; таким образом, требуемый тепловой эффект найден без измерений.

На рисунке справа изображен такой цикл для реакции образования сульфида бария, сравнивающий два пути этого процесса – из простых веществ (V) и из идеального газа ионов вещества (IV). Последний проходит через стадии сублимации бария (VI) и серы (VII), двукратной ионизации бария (VIII, I), двукратной ионизации атомов серы (II, III). Каждой горизонтальной черте на энергетической диаграмме (масштаб не соблюден) соответствует определённое состояние (подписано химическими символами), а вертикальными стрелками обозначены процессы перехода из одного состояния в другое (направление стрелки указывает направление химической реакции). Энтальпии некоторых процессов представлены в таблице ниже.



Реакция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Энтальпия, кДж/моль	965	-255	640	???	-460	178	279	503

1. Вычислите неизвестную энтальпию IV, последовательно применяя закон Гесса (следуя за направлением стрелок) соответствующую энергии кристаллической решётки BaS.

2. Объясните, почему тепловые эффекты реакций II и III имеют разный знак (стрелки направлены в разную сторону), хотя и тот и другой процесс отвечают захвату одного электрона.