

Межрегиональные предметные олимпиады КФУ
профиль «Химия»
заключительный этап
2020-2021 учебный год
8 класс

Не забывайте приводить *кратко* Ваши расчеты и рассуждения!

Задача 1. Чужая химия. (25 баллов)

Некоторые элементы Периодической системы элементов, даже находясь в разных группах, проявляют неожиданное сходство между собой. Ярким примером этого является химия таллия.

Металлический таллий легко окисляется кислородом воздуха до оксида таллия (I). Аналогично щелочным металлам происходят и его реакция с хлором, реакции его оксида в степени окисления +1 с водой и углекислым газом. При этом гидроксид таллия(I) растворим в воде и является сильным основанием!

Растворимость и даже окраска многих солей таллия(I), однако, чрезвычайно схожа с солями серебра: так при приливании к раствору гидроксида таллия(I) соляной кислоты выпадает осадок, так же, как и при добавлении иодида или сульфида калия.

Сильные окислители, такие как KMnO_4 в среде серной кислоты, превращают соли таллия(I) (например, сульфат) в соли таллия в высшей степени окисления. Последние являются окислителями, что можно продемонстрировать реакцией с сульфидом натрия, приводящей к смеси двух осадков, один из которых уже был упомянут ранее.

?1. Какова электронная конфигурация валентных электронов иона Tl^+ ?

?2. Запишите уравнения реакций с участием таллия и его соединений, описанные в тексте (всего 9 уравнений).

?3. Как Вы думаете, какую окраску имеют осадки, выпадающие в реакциях гидроксида таллия с а) соляной кислотой, б) иодидом калия, в) сульфидом калия?

?4. Таллий образует смешанные соли со следующими эмпирическими формулами: $\text{TlSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Tl_2Cl_3 . В них он проявляет только свои типичные степени окисления (+1 и высшую). Для обеих солей найдите соотношение количеств атомов таллия в двух степенях окисления.

Задача 2. (25 баллов)

Вещество **X** можно получить взаимодействием двух простых веществ. **X** представляет собой сильно пахнущую жидкость, которая при сгорании в кислороде образует только два газообразных вещества, **A** и **B** (плотность **B** по **A** равна 1.45).

A представляет собой газ без цвета и запаха, содержащийся в воздухе в небольших количествах. При его взаимодействии с раствором малорастворимого гидроксида **B** выпадает белый осадок **Г**, по составу совпадающий с несколькими природными минералами и имеющий молярную массу 100 г/моль.

B имеет неприятный запах. Плотность **B** при нормальных условиях составляет 2.86 г/л. При его взаимодействии с бурым газом **Д** образуется соединение **E** и газ **Ж**, имеющий плотность по водороду 15. При пропускании избытка газа **B** в раствор гидроксида натрия образуется кислая соль **З**, при попытке кристаллизации которой образуется соль **И**, содержащая 24.19% натрия и 42.08% кислорода по массе.

- ?1. Рассчитайте молярные массы **A**, **B**, **Ж**.
- ?2. Определите неизвестные вещества **X**, **A** - **И**.
- ?3. Приведите названия хотя бы двух минералов, образованных веществом **Г**.
- ?4. Запишите уравнения описанных в задаче реакций (всего 6 уравнений).
- ?5. Нарисуйте структурную формулу кислоты, соответствующей аниону соли **И**. В ней есть только двух-, четырех- и шестивалентные атомы (кроме атомов водорода).

Задача 3. Легкая задача о тяжелых сплавах. (25 баллов)

Тяжелые сплавы – сплавы с высокой плотностью на основе вольфрама. Они служат не только конструкционным материалом, но и для изготовления защитных экранов от радиоактивного излучения.

Один из таких сплавов был получен спеканием порошков 3.870 г вольфрама, 0.301 г никеля и $2.33 \cdot 10^{-3}$ моль металла **X**. Таким образом было получено 0.253 см^3 сплава плотностью 17.00 г/см^3 .

?1. Определите металл **X**. Ответ подтвердите расчетом его молярной массы.

?2. Какова массовая доля **X** в этом сплаве?

Для приготовления другого тяжелого сплава необходимо взять порошки вольфрама, металла **Y** и никеля. Массы вольфрама и **Y** должны соотноситься как 27.8 : 1, а массы никеля и **Y** – как 1 : 1.62. При этом мольная доля (доля от общего количества атомов) металла **Y** в сплаве составляет 8.87%.

?3. Рассчитайте массовый состав сплава (в %).

?4. Определите металл Y.

Тяжелые сплавы благодаря высокой плотности являются эффективными материалами для защиты от радиации. Одной из характеристик защитного материала является слой половинного ослабления – толщина слоя заданного материала, уменьшающая уровень радиации в два раза. Для одного из тяжелых сплавов эта величина составляет 1.50 см, а для свинца – наиболее распространенного защитного материала – 2.28 см.

?5. Во сколько раз ослабляет радиацию слой свинца толщиной 114 см, а во сколько раз – такой же слой из обсуждаемого тяжелого сплава? Постарайтесь представить ответ в стандартном виде (например, $5.6 \cdot 10^{10}$). Приведите Ваши расчеты.

Задача 4. Водород и метеозонды. (25 баллов)

Гидрид кальция (CaH_2) – твердое вещество, которое в первой половине двадцатого века под торговым названием «гидролит» использовалось как источник водорода: при реакции с водой он образует большое количество этого газа и гидроксид кальция. В настоящее время это его свойство используется реже, например, для заполнения воздушных шаров, поднимающих метеорологические зонды, которые собирают бесценную информацию о состоянии атмосферы. Сегодня водород доступен и в виде баллонов с газом под давлением.

?1. Запишите уравнение реакции гидрида кальция с водой.

?2. При какой максимальной цене гидрида кальция (в руб./кг) его использование в качестве источника водорода по реакции с водой более выгодно, чем использование водорода из баллонов, если сорокалитровый баллон, в который водород закачан до плотности 14.1 г/л, стоит 3120 рублей? Приведите Ваши расчеты.

Водород значительно легче воздуха, это создает подъемную силу шаров, наполненных водородом. До определенной высоты газообразный водород внутри шара и воздух снаружи находятся при одних и тех же условиях.

Фотография справа сделана с помощью зонда общим весом 1.5 кг в штате Орегон, США. Расстояние до горизонта на этом снимке составляет около 670 км.



?3. Воздушный шар какого объема необходимо надуть водородом при н.у., чтобы поднять в воздух 1.5 кг груза? Молярная масса воздуха 29 г/моль.

?4. С какой высоты сделан этот снимок, если радиус Земли составляет 6371 км? Можно считать, что высота подъема зонда намного меньше радиуса Земли. Приведите Ваши рассуждения и расчеты.