

**Решения заданий заключительного этапа
Олимпиады «Ломоносов» по инженерным наукам 2019/2020
8-10 классы**

Задача 1 (20 баллов)

Однажды Вася прочитал, что одним из материалов, из которого изготавливают столовые приборы, является сплав, содержащий 3 вида металлов: А, В и С. Он задумался, какие именно? У него был обломок вилки массой 20 г, который он и решил проанализировать. Сначала Вася прокипятил образец с избытком соляной кислоты (*реакции 1 и 2*), в результате чего раствор окрасился в зеленый цвет. Полученную смесь он отфильтровал и получил фильтрат Ф и остаток О. Остаток О, содержащий только металл А, растворили в избытке концентрированной азотной кислоты (*реакция 3*), в результате чего выделилось 10,248 л бурого газа (измерено при н.у.). Раствор аккуратно выпарили, а сухой остаток продолжили нагревать (*реакция 4*). В результате реакции выделился оксид металла А и смесь газов объемом 12,810 л (измерено при н.у.).

Анализ фильтрата Ф показал, что в нем содержатся только катионы металлов В и С, расположенных в одной группе и одном периоде в короткой Периодической системе элементов, причем известно, что фторид металла В растворим, а фторид металла С нерастворим. Также анализ фильтрата показал, что исходное массовое отношение металла В к металлу С равно 131:3.

Дополнительно известно, что при реакции 1,040 г хлорида металла В с избытком раствора едкого натра образуется 0,744 г осадка (*реакция 5*). При реакции 1,016 г хлорида металла С с избытком раствора едкого натра образуется 0,720 г осадка (*реакция 6*).

Определите металлы А, В и С. Напишите уравнения всех описанных реакций.

Определите массовые доли компонентов в сплаве. Как называется данный сплав?

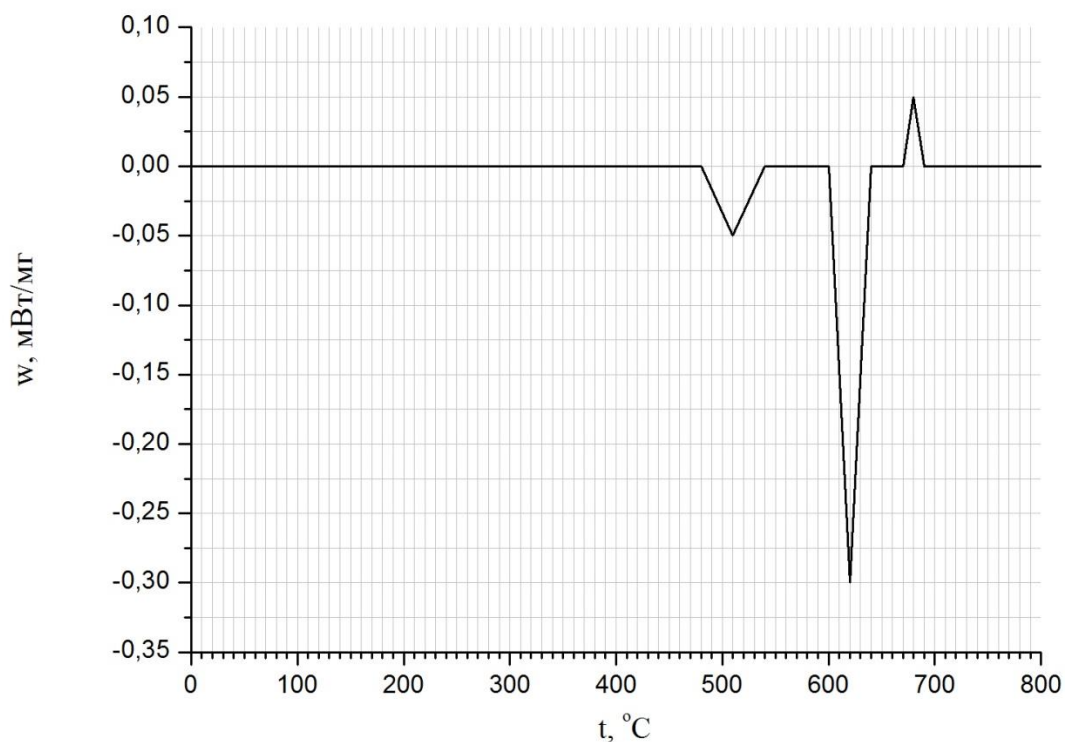
Задача 2 (20 баллов)

Принимая душ, Вася установил температуру воды, выходящей из лейки смесителя, равной 39 °С; при этом расход воды был такой, что литровая банка наполнялась за 14 с. В этот момент на кухне открыли кран горячей воды, чтобы помыть посуду, и расход горячей воды в душе упал в 2 раза. Как (во сколько раз) при этом изменится суммарный расход воды в душе? Какая мощность должна быть у электрического проточного водонагревателя в ванной комнате, установленного на холодной воде, чтобы температура воды, льющейся из душа, не изменилась? Есть ли разница, на горячий или на холодный трубопровод ставить этот водонагреватель? Принять температуру воды в холодном и горячем трубопроводах равной 6 °С и 58 °С соответственно.

Задача 3 (20 баллов)

В металлургии для улучшения разделения цветных металлов и снижения потерь металлов при плавке используют сульфидизаторы. Сульфидизатор – реагент, который добавляют в расплав для образования в нем сульфидов. Одним из таких сульфидизаторов является пирит. Для изучения процессов, протекающих при разложении пирита, был взят образец концентрата пирита массой $m = 20$ мг, содержащий $\omega_{\text{масс}} = 40\%$ пирита. Образец исследовали методом калориметрии. Калориметрия – это метод изучения физико-химических свойств веществ в условиях контролируемого изменения температуры, при котором регистрируют тепловые эффекты, происходящие в результате физических или химических превращений в исследуемом веществе. В результате исследования концентрата пирита была получена калориметрическая кривая, упрощенный вид которой представлен на рисунке. Скорость нагрева в данном случае составляет $\beta = 10$ °С/мин. С помощью представленной калориметрической кривой можно определить тепловые эффекты реакций разложения пирита, протекающих по мере повышения температуры. Если подсчитать площадь каждого пика на калориметрической кривой и разделить эту площадь на скорость нагрева, то можно однозначно определить количество выделенного или поглощенного тепла, отнесенного к единице массы реагирующего вещества ($\Delta q = S_{\text{пика}}/\beta$). Каждый пик на калориметрической кривой соответствует одной из реакций, протекающих при разложении пирита. Если пик направлен вверх, то реакция экзотермическая (реакция проходит с выделением тепла), если пик направлен вниз, то реакция эндотермическая (реакция проходит с поглощением тепла). Напишите уравнения реакций, протекающих при нагревании пирита. Определите, какое количество теплоты выделится или поглотится на каждом этапе разложения пирита, если известно, что:

- первый этап разложения происходит без потери массы, а на втором и третьем этапах масса образца уменьшается;
- второй этап разложения протекает при избытке кислорода, а третий этап – при недостатке кислорода;
- на первом этапе прореагировало 30 % пирита;
- на втором этапе выделилось $m_r = 4,27$ мг газа;
- весь пирит прореагировал без остатка.



Задача 4 (20 баллов)

В химической лаборатории есть два закрытых сосуда. В первом сосуде содержится раствор хлорида аммония, во втором – раствор хлорноватой кислоты. В лабораторию поступило 560 г гидроксида калия. Часть гидроксида калия поместили в первый сосуд, оставшуюся часть – во второй. Через некоторое время во второй сосуд добавили небольшое количество оксида марганца (IV) и нагрели до 350 °С. Образовавшиеся в сосудах газы вместе пропустили через подогреваемую трубку, внутренняя поверхность которой покрыта тонким слоем платины, в результате получив вещество А, которое является газом при стандартных условиях, как один из продуктов прошедшей реакции. При этом сотрудники лаборатории обратили внимание на следующие факты:

если в первый сосуд поместить ν моль гидроксида калия, то в этом сосуде прореагируют $(\nu - 0,02\nu^2)$ моль гидроксида калия;

если во второй сосуд поместить ν моль гидроксида калия, то в этом сосуде прореагируют $\frac{2}{3}\nu$ моль гидроксида калия.

Какую часть гидроксида калия нужно поместить в первый сосуд, чтобы полученный объем вещества А был наибольшим? Какое количество вещества А будет при этом получено? Ответ поясните.

Задача 5 (20 баллов)

Перед любопытным грузчиком Василием на ровной горизонтальной площадке стоит легкий непрозрачный тонкостенный контейнер, выполненный из полимерного композитного материала и покрытый изнутри тонкой тефлоновой пленкой с низким коэффициентом трения. Контейнер выполнен в виде куба с длиной ребра 70 см. Василий знает, что внутри контейнера лежит тяжелый однородный брусок в виде прямоугольного параллелепипеда массой 40 кг, длины всех ребер которого находятся в пределах от 20 до 40 см. Как Василий может оценить отношения длин ребер бруска, не нарушая целостность контейнера? У Василия есть помощник Петр с транспортом и инженерным калькулятором.