

9 класс

Задача 9-1

Тяжелый и относительно легкоплавкий металл **X** известен человечеству с древних времен. На протяжении многих лет он использовался для изготовления украшений, навесных печатей к грамотам, а «сахар» металла **X** добавляли в вино для улучшения его вкусовых свойств вплоть до запрета буллой (распоряжением) папы римского в 1498 году.

Металл **X** в избытке кислорода сгорает до оксида **Y**, массовая доля кислорода в котором составляет 9,343%.

- а) О каком металле идет речь? Почему запретили добавлять «сахар» металла **X** в вино? К какому классу неорганических соединений относится это соединение металла **X**? Приведите химическую формулу такого «сахара».
- б) Расчетом установите формулу оксида **Y**. Какова степень окисления металла в оксиде?

Полученный оксид **Y** массой 2,50 г обработали раствором азотной кислоты объемом 100 см³ ($\rho = 1,02 \text{ г/см}^3$) с мольной долей кислоты равной 0,009. При этом в осадок выпало вещество **A** черного цвета, которое обладает сильными окислительными свойствами.

- в) Определите молярную концентрацию (моль/дм³) азотной кислоты в исходном растворе, если мольная доля вещества в растворе (χ) рассчитывается как отношение химического количества этого вещества к сумме химических количеств всех веществ, входящих в состав раствора.
- г) Запишите уравнение протекающей реакции между оксидом **Y** и азотной кислотой. Определите массу отфильтрованного и высушенного вещества **A**, если потери при фильтровании составили 5%. Рассчитайте массовую долю (%) соли **B**, оставшейся в фильтрате.
- д) Запишите уравнения реакций взаимодействия вещества **A** с концентрированной соляной кислотой. Запишите уравнение реакции вещества **A** с раствором сульфата марганца в присутствии серной кислоты.

Задача 9-2

Дисерная кислота представляет собой бесцветные прозрачные кристаллы, которые плавятся при 35 °С. Эту кислоту также называют дымящей серной кислотой, поскольку на воздухе она разлагается на серную кислоту и летучий серный ангидрид.

В раствор, полученный смешением 5,0 дм³ 1,4 М раствора серной кислоты и 2,0 дм³ 49%-ного раствора серной кислоты ($\rho = 1,4 \text{ г/см}^3$), осторожно ввели 1,0 моль дисерной кислоты и некоторое количество 20%-ного олеума (20% - массовая доля). Для

количественного анализа полученной смеси её объем довели дистиллированной водой до 13,2 дм³. Точно отмерянный объем полученной смеси разбавили в 10 раз, отобрали аликвоту 10 см³ и оттитровали 0,1 М раствором гидроксида натрия. На титрование потребовалось 50 см³ раствора NaOH.

а) Рассчитайте, какую массу (g) 20%-ного олеума добавили в раствор.

Некоторые неметаллы при взаимодействии с олеумом образуют циклические катионы. Например, при растворении в олеуме серы раствор приобретает ярко-синюю окраску, которая обусловлена образованием катионов [S₈]²⁺.

В олеуме растворили хрупкий, блестящий на изломе, серый неметалл X. При этом выделился оксид серы(IV) и раствор приобрел желто-оранжевую окраску. Из раствора удалось выделить кислый дисульфат, содержащий в своем составе двузарядный катион неметалла X. Было установлено, что катион имеет плоско-квадратную геометрию.

б) Установите, какой неметалл растворили в олеуме, если при растворении 19,75 г X в описанном процессе выделяется 1,40 дм³ оксида серы(IV) (н.у.). Приведите химическую формулу полученного кислого дисульфата неметалла X.

Задача 9-3

Среди привычных для нас атрибутов празднования Нового года есть разнообразные фейерверки, хлопушки и салюты. Самыми распространенными из них являются бенгальские огни. Состав бенгальских огней был разработан еще в древности в Индии и применялся для сигнализации. Современный бенгальский огонь представляет собой проволоку, более высокая теплопроводность которой обеспечивает горение по спирали, на которую нанесен пиротехнический состав.

В пиротехнический состав огня обычно входят: нитрат щелочного или щелочно-земельного металла, металлический порошок (Fe, Al или их смеси), а также до 4% клеящего – крахмала или его производных. Для анализа состава бенгальских огней пиротехническую смесь аккуратно соскребли с проволоки, масса полученного порошка составила 3,045 г. Эту смесь измельчили и попытались растворить в воде при тщательном перемешивании. Нерастворившуюся часть отфильтровали, а к фильтрату добавили избыток раствора карбоната натрия, в результате чего выпал белый осадок массой 1,1358 г.

Темный остаток порошка, нерастворившийся в воде, внесли в избыток соляной кислоты, при этом сразу началась бурная реакция, в ходе которой выделилось 0,90 дм³ газа при 25°С и давлении 120 кПа. От полученного раствора отделили остатки клея и добавили к

нему избыток раствора щелочи, в результате чего образовался зеленоватый осадок массой 0,8242 г, который быстро бурел на воздухе.

- а) *Нитрат какого металла использовался в проанализированных бенгальских огнях? Приведите уравнения реакций, описанных в задаче.*
- б) *Рассчитайте массовые доли всех компонентов бенгальской смеси.*
- в) *Приведите уравнения реакций, протекающих при горении бенгальского огня.*
- г) *Исходя из состава бенгальского огня, предположите, искры какого цвета можно увидеть при его горении?*

Задача 9-4

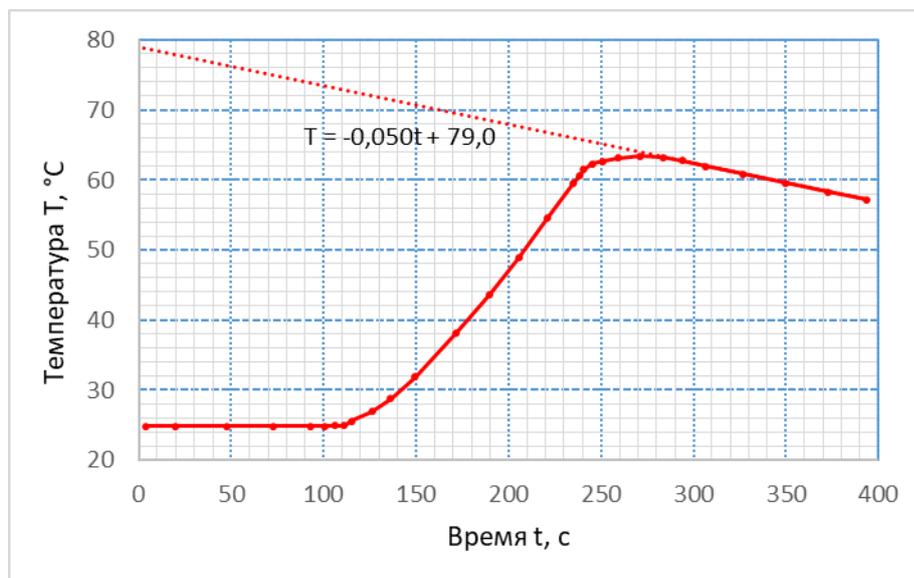
В каждом веществе запасено определенное количество энергии. Эта энергия сосредоточена главным образом в химических связях. Химическая реакция подразумевает превращение одного или нескольких исходных веществ в другие вещества. Это значит, что в ходе химических реакций происходит разрушение старых химических связей и образование новых. Следовательно, все химические реакции сопровождаются выделением или поглощением энергии, поскольку энергия связей в исходных веществах и в продуктах реакции в абсолютном большинстве случаев различны. Поэтому различают экзо- и эндотермические реакции. Количество поглощенной или выделенной энергии можно в первом приближении отождествить с изменением энтальпии процесса ($\Delta_r H$). В простейшем случае экспериментально изменение энтальпии реакции, протекающей в растворе, можно определить по изменению температуры растворителя. Тогда, если считать, что все выделяющееся в реакции количество тепла переходит к растворителю без потерь и расходуется только на изменение температуры растворителя, то изменение энтальпии реакции, протекающей в водном растворе, может быть рассчитано по следующему соотношению:

$$\Delta_r H = - c_s(\text{H}_2\text{O}) \cdot m(\text{H}_2\text{O}) \cdot \Delta T(\text{H}_2\text{O}),$$

где $\Delta_r H$ – изменение энтальпии реакции, Дж; $c_s(\text{H}_2\text{O}) = 4,18$ Дж/(г·К) – удельная теплоемкость воды (растворителя); ΔT – изменение температуры растворителя при протекании реакции, К.

Школьник Василий в закрытый сосуд из материала, плохо проводящего тепло, закрепил термометр, после чего изучал, какое количество тепла поглощается или выделяется в реакции взаимодействия порошка цинка с раствором сульфата меди. Он поместил 50,0 см³ раствора сульфата меди(II) некоторой концентрации в сосуд для измерений. Изменение температуры раствора во времени Василий фиксировал с помощью специальной программы регистрации данных. Через 100 с после внесения раствора

сульфата меди в сосуд (при этом температура раствора была 24 °С) Василий добавил к нему заведомый избыток порошка цинка. Через некоторое время раствор полностью обесцветился. Василий получил следующую зависимость температуры растворителя от времени:



Из полученных экспериментальных данных Василий рассчитал изменение энтальпии реакции цинка с раствором сульфата меди, причем с внесением в расчеты поправки на несовершенство экспериментальной установки.

- Запишите уравнение химической реакции, протекавшей в эксперименте Василия.
- С чем связано постепенное линейное снижение температуры раствора после 270 с эксперимента? На основе экспериментальных данных, полученных Василием, рассчитайте изменение температуры раствора при протекании реакции, если бы процесс проходил в идеальных условиях.
- Рассчитайте концентрацию (моль/дм³) использованного в эксперименте раствора сульфата меди, если рассчитанное Василием значение энтальпии реакции получилось равным -199,04 кДж/моль. Сформулируйте допущения, которые Вы принимаете при проведении расчета. Плотность раствора сульфата меди при расчетах примите 1,0 г/см³.

Василий сравнил полученное экспериментальное значение энтальпии реакции с теоретическим значением, рассчитанным по справочным данным.

	Zn ²⁺ _(р-р)	Cu ²⁺ _(р-р)	Zn _(тв)	Cu _(тв.)	CuSO _{4(тв)}	ZnSO _{4(тв)}	H ₂ O _(ж.)
ΔiH° ₂₉₈ , кДж/моль	-153,5	65,6	0	0	-771,4	-982,8	-285,5

- Рассчитайте разницу теоретического и экспериментального значения энтальпии реакции. Объясните расхождение этих значений.

Задача 9-5

На дальней полке старого химического склада сотрудником была обнаружена коробка с пятью образцами жидкостей. На коробке была маркировка: неразв.-C₅, то есть в бутылках были образцы веществ неразветвленного строения с пятью атомами углерода в молекуле. Чтобы разобраться, какая жидкость находится в каждой бутылке, сотрудник провел серию экспериментов, результаты которых занес в таблицу. В каждом опыте он использовал навески жидкостей массой 0,2 г. А бромную воду приготовил растворением 1,5 г брома в 250 см³ воды, раствор добавлял к образцам постепенно.

Эксперимент	Растворимость в воде	Объем бромной воды, которую способна обесцветить навеска	Пропускание HCl	Добавление калия	Температура кипения
Образец 1	растворяется	0 см ³	реагирует медленно, дает один продукт	бурно реагирует	116,0 °C
Образец 2	не растворяется	≈76 см ³	реагирует, дает смесь двух продуктов	не реагирует	36,3 °C
Образец 3	не растворяется	≈76 см ³	реагирует, дает преимущественно один продукт	не реагирует	30,1 °C
Образец 4	не растворяется	0 см ³	не реагирует	не реагирует	49,2 °C
Образец 5	не растворяется	0 см ³	не реагирует	не реагирует	36,1 °C

По результатам проведенного эксперимента органик сразу понял, что представляют собой образцы 2 и 3. Для других образцов он провел дополнительные опыты.

а) *Приведите структурные формулы и названия веществ, представляющих образцы 2 и 3. Поясните ход своих рассуждений и приведите структурные формулы продуктов взаимодействия этих жидкостей с хлороводородом.*

Образцы 4 и 5 органик хлорировал на свету, в результате чего получил одно и три монохлорпроизводных соответственно (без учета стереоизомеров).

б) *Приведите структурные формулы и названия веществ, представляющих образцы 4 и 5, а также структурные формулы монохлорпроизводных, полученных при их хлорировании на свету.*

Для образца 1 органик сразу установил класс, к которому относится органическое соединение, и нарисовал структурные формулы возможных изомеров. Для уточнения структуры конкретного изомера, он нагрел эту жидкость с серной кислотой, а затем очистил полученный продукт перегонкой. Перегонка продукта происходила при температуре около 36°C.

- в) К какому классу соединений принадлежит вещество из образца 1? Приведите уравнения реакций веществ этого класса с натрием и хлороводородом в общем виде. Приведите структурные формулы возможных изомеров, которые органик нарисовал до проведения опыта с серной кислотой.
- г) Какой вывод о структуре жидкости из образца 1 сделал органик по результатам опыта с серной кислотой? Приведите структурные формулы продуктов, которые бы получились при нагревании с серной кислотой каждого из изомеров из п. в).