**Задание 1.** «Криоскопия».

Свойства растворов, не зависящие от химической природы растворенного вещества, а определяющиеся лишь его количественным содержанием, называются *коллигативными*. Одним из важнейших примеров таких свойств является понижение температуры плавления (замерзания) растворителя при добавлении к нему сравнительно небольших количеств другого (нелетучего) вещества. Это явление называется криоскопия.

Выражение для изменения температуры замерзания растворителя, обусловленного введением сравнительно небольших количеств другого (нелетучего) компонента, выглядит так:

$$\Delta T = T - T_{\text{р-ра}} = -(RT^2/1000Q_{\text{пл}}) \cdot M \cdot i \cdot m, \text{ где: } T - \text{температура плавления чистого растворителя, К;}$$

R – универсальная газовая постоянная (8,314 Дж/моль·К);

$Q_{\text{пл}}$ – тепловой эффект плавления растворителя, Дж/моль;

M – молярная масса растворителя, г/моль;

i – изотонический коэффициент (отношение количества частиц примеси в растворе к количеству вещества введенной примеси);

m – моляльная концентрация примеси (количество моль примеси в 1000 г растворителя), моль/1000 г растворителя.

Одной из наиболее ярких иллюстраций применения данного явления может служить посыпание дорог и тротуаров в зимнее время хлоридом натрия, чтобы избежать гололедицы.

1. Исходя из приведённых справочных данных, рассчитайте тепловой эффект плавления льда: $Q^{\circ}_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}_{(\text{тв.})}) = 291,85$ кДж/моль; $Q^{\circ}_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж.})}) = 285,83$ кДж/моль; $Q^{\circ}_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}_{(\text{г.})}) = 241,81$ кДж/моль.

2. Оцените, при какой температуре будет замерзать 1 М водный раствор NaCl (плотность 1,038 г/см³). (Не забудьте про диссоциацию).

3. Оцените массу хлорида натрия (в г), которую необходимо высыпать на 1 м² льда толщиной 1 см, чтобы он растаял при -2°C . Плотность льда 0,917 г/мл.

4. Рассчитайте, сколько угля (в г) с массовым содержанием углерода 60% необходимо сжечь, чтобы выделившейся энергии хватило для плавления такого же количества льда. $Q^{\circ}_{\text{обр}}(\text{CO}_2_{(\text{г.})}) = 393,5$ кДж/моль.

Не менее распространенным применением явления криоскопии является использование эффекта понижения температуры замерзания бензина (что особенно актуально в условиях суровой сибирской зимы) при введении в его состав некоторых соединений и их смесей. Вашему вниманию предлагается список органических соединений, которые могут быть использованы для этой цели: *n*-гексан, 1,3-диметилциклогексан, 2,4-диметилгептан, *n*-декан, толуол, *o*-ксилол.

5. Изобразите структурные формулы перечисленных соединений. Какие из них имеют оптические изомеры?

У Вас есть возможность добавить к бензину любое из этих веществ до концентрации (массовой доли) 10 % и необходимость максимально понизить температуру замерзания бензина.

6. Выберите наиболее подходящее для этой цели вещество и оцените температуру, при которой замерзнет Ваш бензин. $T_{\text{пл}}(\text{бензина}) = -20^{\circ}\text{C}$; $T_{\text{кип}}(\text{бензина}) = 150^{\circ}\text{C}$; $Q^{\circ}_{\text{пл}}(\text{бензина}) = -12,7$ кДж/моль; $M_{\text{ср}}(\text{бензина}) = 110$ г/моль.

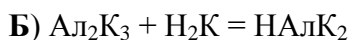
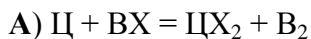
7. Приведите ещё два примера (название и краткое описание) коллигативных свойств растворов.

Задание 2. «Необычные символы элементов / Трудности понимания».

Как-то раз Юному Химику (ЮХ) пришлось одновременно заниматься изучением английского языка и химии. Он обратил внимание, что английские названия элементов часто не соответствуют их символу, написанному с помощью букв латинского алфавита. Например, potassium — K, iron — Fe.

1. Приведите ещё 2 примера «несоответствия» *английского* названия элемента и его символа.

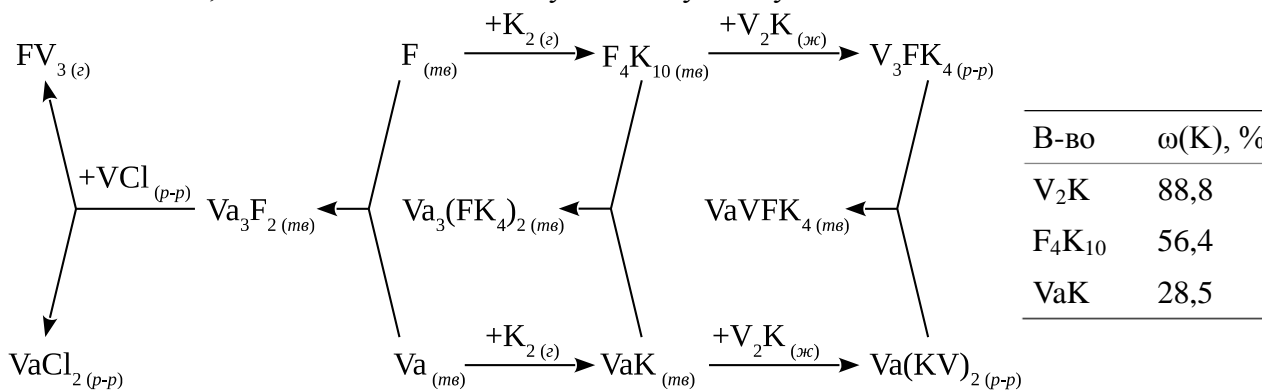
ЮХ решил составить для своего друга Начиначающего Химика (НХ) химическую загадку, в которой символы элементов были бы «правильно» составлены из одной-двух букв русского алфавита, соответствующих их названию на русском языке. Вот что получилось у ЮХ:



2. Расставьте коэффициенты в приведённых уравнениях химических реакций. К каким типам химических реакций относятся превращения А–Д?

3. Расшифруйте загадку ЮХ, переписав *уравнения* в привычной для нас нотации (используйте символы из выданной таблицы Д.И. Менделеева).

НХ не остался в долгу и использовал случайно попавшуюся под руку таблицу Менделеева на чешском языке, чтобы составить ответную загадку-схему для ЮХ:



НХ признался, что, к его сожалению, символ одного из элементов совпадает с привычным для нас символом. Кроме того, НХ сообщил, что газ FV₃ обладает характерным запахом гнилой рыбы, а из-за его способности самовоспламеняться на воздухе на болотах появляются блуждающие огни.

Расшифруйте загадку НХ:

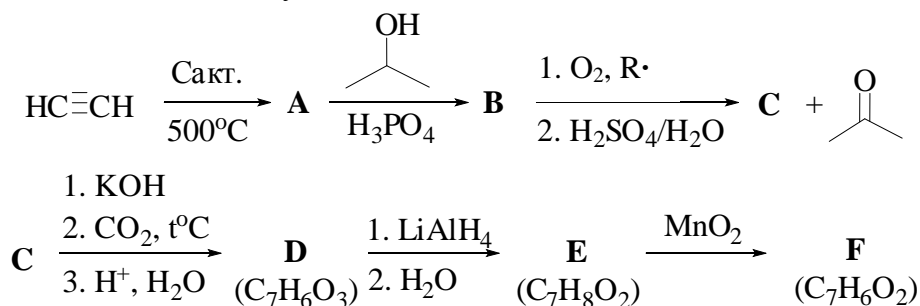
4. Запишите формулы веществ с использованием обычных символов элементов.

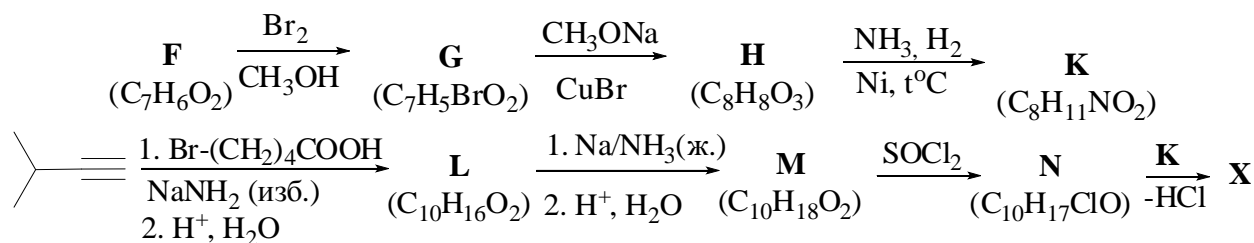
5. Укажите, к каким классам соединений относятся эти вещества.

6. Напишите уравнения всех реакций, приведённых на схеме.

Задание 3. «Самый острый перец в мире».

В 2011 году в книгу рекордов Гиннеса внесли самый острый перец в мире, выращенный искусственно. Содержащееся в нём вещество, отвечающее за острый вкус, имеет название капсаицин. Это алкалоид, который присутствует в различных видах стручкового перца. В чистом виде при стандартных условиях он представляет собой белый порошок, нерастворимый в холодной воде, но растворимый в спирте. Капсаицин X интересен тем, что, являясь мощным раздражителем, вызывает привыкание после приёма регулярных доз низкой концентрации. Ниже приведены схемы синтеза, в которой он может быть получен.





Приведите структурные формулы соединений А–N и самого капсаицина X, если известно, что в соединении D отсутствует внутримолекулярная водородная связь.

Задание 4. «Хлор + вода = клатрат».

Хлор — химически активный неметалл, принадлежащий к группе галогенов. Был открыт в 1774 году шведским химиком Карлом Вильгельмом Шееле при взаимодействии пиролюзита (MnO_2) с концентрированной соляной кислотой. В промышленности хлор получают электролизом водного раствора хлорида натрия, а чтобы предотвратить окисление воды, анод покрывают слоем RuO_2 .

1. Напишите уравнение реакции, проведенной Шееле, предложите ещё один лабораторный способ получения хлора. Напишите уравнения реакций основного процесса электролиза водного раствора хлорида натрия, а также побочного процесса, протекающего без анодного покрытия RuO_2 .

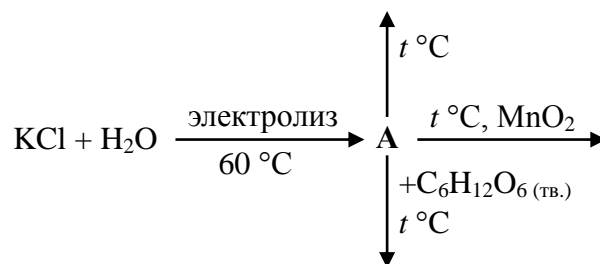
2. Существует ряд кислот, содержащих хлор, водород и кислород. Приведите формулы и названия этих кислот, а также названия соответствующих им калиевых солей по традиционной химической номенклатуре.

Можно выделить два типа взаимодействия хлора с водой после его растворения. При комнатной температуре в разбавленном растворе в основном происходит реакция диспропорционирования. При пониженной температуре из насыщенного раствора хлорной воды выделяются жёлтые кристаллы клатрата хлора. Клатраты представляют собой такие соединения, в которых молекулы одного сорта (т. н. «гости») заключены в полости, образованные молекулами другого сорта (т. н. «хозяевами»). В клатратах между «гостями» и «хозяевами» обычно образуются слабые межмолекулярные связи: ван-дер-ваальсовы либо водородные.

3. Напишите уравнение реакции диспропорционирования хлора в воде при $t_{\text{комн.}}$. Какой из описанных типов связей характеризуется большей энергией? А какой из них реализуется в клатрате хлора?

4. Определите состав клатрата $\text{Cl}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, если при разложении 1,5 г данного соединения при 10°C и нормальном атмосферном давлении выделяется 170 мл хлора. Какое из веществ является «хозяином», а какое — «гостем»?

Вашему вниманию предложена схема, в центре которой находится хлорсодержащее вещество А.



5. Установите формулу вещества А и приведите его собственное историческое название.

6. Напишите уравнения всех реакций, приведённых на схеме.

7. Хлор — токсичный удушливый газ, являющийся одним из первых боевых отравляющих веществ. Если произошла утечка хлора, то на очень короткое время защитить органы дыхания от попадания в них хлора можно тканевой повязкой, смоченной раствором карбоната, сульфита или тиосульфата натрия. Напишите уравнения описанных реакций (в реакции с тиосульфатом натрия рассмотрите два случая — с недостатком и избытком хлора).

8. Реакция хлора и водорода в газовой фазе является фотохимической, т. е. активирующейся под действием света. Реакция обладает высоким квантовым выходом $\varphi = 10^6$ (отношение числа прореагировавших молекул к числу поглощённых фотонов). Определите, сколько фотонов было поглощено хлором, если в результате образовалось 0,134 моля хлороводорода. В результате реакции поглотилось 0,2 Дж световой энергии. Светом какой длины волны облучали реакционный сосуд?

Энергия одного кванта излучения связана с его частотой соотношением $E = h\nu$, где h — постоянная Планка = $6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с.

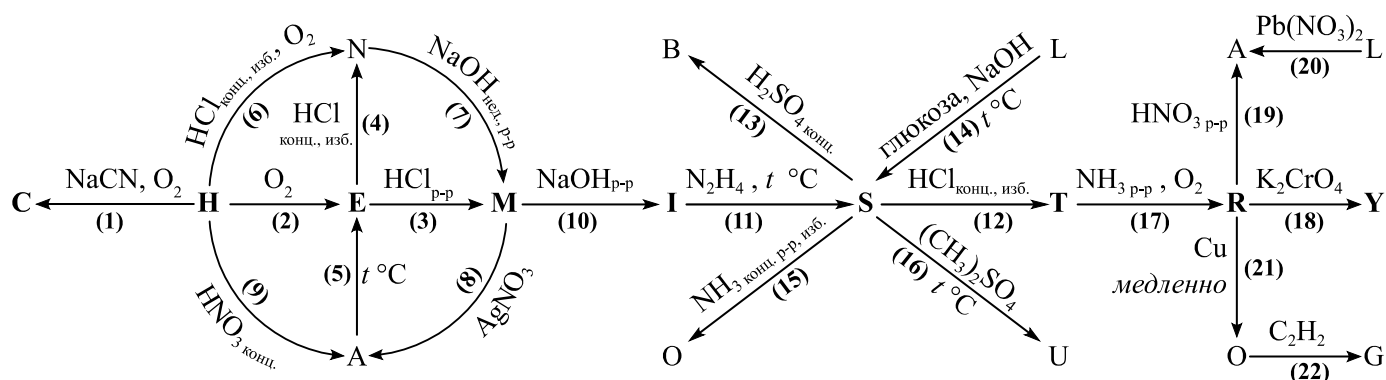
Задание 5. «Высокий уровень подготовки выпускников ФЕН НГУ достигается гармоничным сочетанием глубоких знаний в областях математики, физики, химии и биологии». <http://fen.nsu.ru>

Металл **Н** — один из первых металлов, широко освоенных человеком из-за сравнительной доступности для получения из руды и малой температуры плавления. Он входит в семёрку металлов, известных человеку с очень древних времён. В приведённой ниже схеме с помощью букв трёх английских слов, характеризующих Факультет естественных наук, зашифрованы превращения металла **Н**. Известно, что **Е**, **G**, **L**, **M**, **S** являются бинарными веществами. Вещество **Е** чёрного цвета, растворы веществ **L** и **M** голубого цвета, а вещество **S** красного цвета.



1. Запишите эти три слова, учитывая, что выделенные жирным буквы можно использовать несколько раз, а остальные только один раз.

2. Определите металл **Н**. Вспомните названия трёх минералов металла **Н** и приведите химические формулы основных компонентов каждого из них.



3. Расшифруйте все зашифрованные вещества. Приведите названия веществ, обозначения которых выделены жирным цветом.

4. Напишите уравнения реакций (1)–(22).

Раствор вещества **Y** зелёного цвета. Однако при нанесении капли вещества на смоченную полоску бумаги и наложении постоянного электрического тока зелёная окраска раствора исчезает и возле одного из электродов скапливается «вещество» ярко-синего цвета, а возле другого — жёлтого.

5. Объясните данный факт. Если нужно, приведите уравнение реакции. Какое вещество скапливается возле катода, а какое возле анода?

Растворы веществ **O** и **T** часто используются в газовом анализе для улавливания окиси углерода, которая поглощается на холоду и вновь выделяется при нагревании. Из насыщенного окисью углерода раствора **T** может быть выделен бесцветный дигидрат, содержащий 38,98% **Н** по массе.

6. Определите формулу дигидрата и напишите уравнение реакции улавливания окиси углерода.

Вещество **U** образуется в среде неводного растворителя и представляет собой бесцветные кристаллы, содержащие ион металла **Н** в малораспространённой степени окисления. При добавлении к нему хотя бы небольшого количества воды происходит мгновенное химическое превращение с образованием осадка и раствора синего цвета.

7. Напишите уравнение реакции вещества **U** с водой. Как вещество **U** будет реагировать с водным раствором аммиака? Напишите уравнение реакции.

Кристаллы вещества **B**, выпадающие при охлаждении его насыщенного водного раствора, при прокаливании при температуре ниже 100 °С теряют 14,4% своей массы, при нагревании выше 110 °С масса вещества уменьшается ещё на 14,4% от массы исходного вещества, а нагревание выше 260 °С приводит к образованию белого вещества, масса которого составляет 63,9% от исходной.

8. Приведите тривиальное название вещества **B**, выпадающего в осадок из его водного раствора при охлаждении, и запишите уравнения реакций его последовательного термоллиза при разных температурах.