

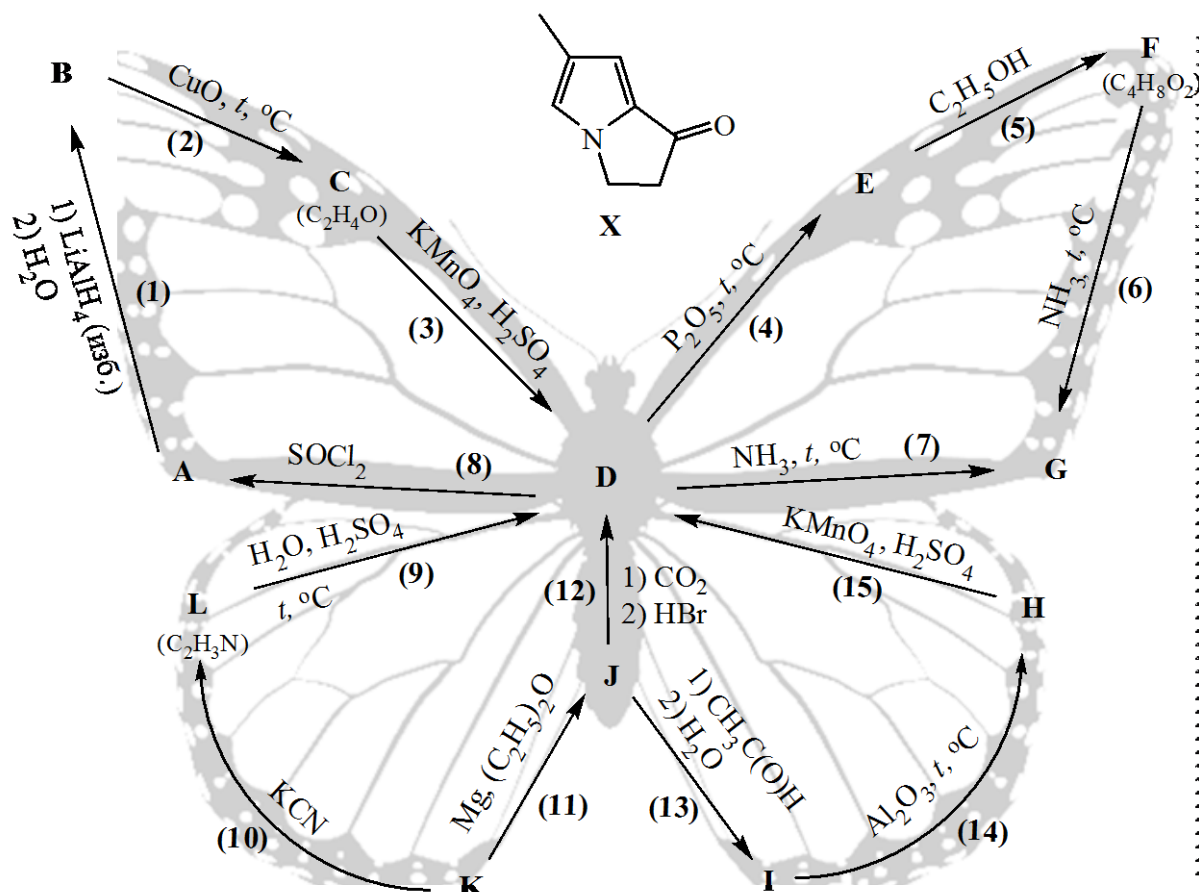


**Задание 1.** «ФЕН – значит первый!».

Одним из самых увлекательных предметов, изучаемых на факультете естественных наук (ФЕН) НГУ является органическая химия, которую изучают как «химики», так и «биологи», ведь органические соединения играют ключевую роль в существовании живых организмов.

На нашей схеме представлены превращения органических веществ **A-L**, в центре которых находится вещество **D**. Вещество **D** представляет собой слабую одноосновную органическую кислоту, которая является продуктом брожения вина и известна человеку с давних времен. Вещество **D** вы можете найти и дома в виде 3 % водного раствора, который применяется для консервирования и в кулинарии. В таблице приведены массовые доли нескольких элементов в некоторых из представленных веществ.

|         | Массовая доля элементов в веществах, % |       |       |       |       |
|---------|--|-------|-------|-------|-------|
| Элемент | D                                      | E     | G     | J     | I     |
| C       | 40                                     | 47,06 | 40,67 | 10,07 | 59,96 |
| H       | 6,71                                   | 5,92  | 8,53  | 2,54  | 13,42 |
| O       | 53,29                                  | 47,02 | 27,09 | 0     | 26,62 |



1. Напишите **уравнения** реакций 1-15, представленных на схеме.
2. Изобразите структурные формулы органических веществ (**A-L**) и назовите их.
3. Как вы думаете, какое отношение имеют бабочка Данаида монарх и органическая молекула (**X**), представленные на картинке, к Факультету естественных наук НГУ? Какая связь прослеживается между веществом **X** и бабочкой Данаида монарх? Как называется гетероцикл в составе **X**?



- а) Укажите порядковый номер в периодической системе (ПС) (Столбец б) (далее Ст.) самого малораспространённого на Земле элемента второго периода, название которого происходит от греческого «новый». Для каких целей человек активно использует нереакционноспособное простое вещество, образуемое этим элементом?
- б) Укажите порядковый номер (Ст. 10) самого распространенного элемента во Вселенной. Образующим им простое вещество может с взрывом реагировать с кислородом воздуха [реакция 1]. Приведите по одному лабораторному [2] и промышленному [3] способу получения этого простого вещества. Среди изотопов этого элемента встречается сверхтяжёлый, массовое число которого на 2 больше, чем у основного изотопа. Напишите уравнение его радиоактивного распада ( $\beta$ -распад, период полураспада  $\tau_{0,5} = 12,3$  года) [4]. Оцените количество атомов этого изотопа через 1 год, если исходно взяли 1 г простого вещества элемента, содержащего только этот изотоп. Закон радиоактивного распада:  $N = N_0 \times 2^{-x}$ , где  $N$  и  $N_0$  – текущее и начальное количество частиц соответственно,  $x = t/\tau_{0,5}$ ,  $t$  – время распада.
- в) Обычную пищевую соду (гидрокарбонат натрия) можно использовать для создания вулкана в домашних условиях. Для этого можно взять 5,7 г соды и добавить избыток уксусной кислоты [5]. Сколько грамм газа (Ст. 14) получится в этой реакции? При пропускании этого количества газа через раствор гашеной извести получен осадок [6] с выходом 73,5 %, определите его массу (Ст. 7).
- г) Укажите порядковый номер (Ст. 2) элемента, образующим которым простое вещество является одним из самых легких газов. В каком периоде ПС находится этот элемент (Ст. 11)? Для этого элемента до недавнего времени считалось принципиально невозможным образование сложных веществ. Однако в 2013 г. было показано, что при высоких давлениях этого газа над одним из щелочных металлов образуется бинарное (двухэлементное) соединение, массовая доля неметалла в котором составляет 8 %. Определите формулу этого бинарного соединения.
- д) Укажите порядковый номер (Ст. 8) элемента и номер группы ПС (в коротком варианте), в которой он находится (Ст. 15). Соединения этого элемента используются в сельском хозяйстве в качестве микроудобрений (например, бура). В природе этот элемент находится в виде двух стабильных изотопов, массовые числа которых отличаются на 1. Более легкий изотоп используется в атомных реакторах для регулирования скорости реакции, а также для биологической защиты от тепловых нейтронов. Известно, что после захвата этим изотопом нейтрона из его ядра испускается альфа частица (ядро атома  ${}^4\text{He}$ ) и образуется стабильный изотоп лития [7].
- е) Установите формулу бинарного (двухэлементного) соединения, образованного элементами первых двух периодов ПС (для кроссворда сложите порядковые номера этих элементов, Ст. 5). Оно является сильным восстановителем, легко реагирует с водой с выделением горючего газа, осадка в реакции не образуется [8]. Какой вид химической связи в этом соединении, если известно, что соединение может быть подвергнуто электролизу в расплаве [9]? А какие продукты получаются при электролизе его водного раствора [10]? При добавлении этого вещества к этиловому спирту реакция [11] может пойти настолько бурно, что спирт может загореться [12].
- ж) Укажите порядковый номер (Ст. 13) элемента, название которого происходит от древнегреческого «разрушение». Простое вещество (бледно-жёлтый газ) является чрезвычайно сильным окислителем и может реагировать даже с такими химически стойкими веществами, как вода [13], стекло ( $\text{SiO}_2$ ) [14], платина (в образующемся соединении  $\omega_{\text{Pt}} = 63,1$  %) [15]. Реакция пропана с этим газом настолько экзотермична, что часто протекает со взрывом [16].

### Задание 3. «Кипящее вещество».

С середины XIX века и до сих пор бесцветные водные растворы вещества А активно применяются как в традиционной медицинской практике, так и при лечении «народными» методами. Как кровоостанавливающее и дезинфицирующее средство, его чаще всего используют в виде 3 % раствора, который продается в аптеках и зачастую является компонентом многих домашних аптечек; в продажу иногда также поступает довольно концентрированный 30-35 % раствор (препарат Б). Домашние хозяйки с помощью этого раствора выводят пятна и отбеливают ткани, а современные модницы обесцвечивают волосы перед покраской.

Однако, обращаться с препаратом Б надо очень аккуратно: попадая на кожу рук, он вызывает сильные ожоги. **Особенно надо беречь глаза.** По этой причине для бытовых целей удобнее использовать твердое соединение вещества А с мочевиной (ее формула  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ), которое также можно купить в аптеке (препарат В). Действие раствора, содержащего одну таблетку В массой 1,25 г в стакане воды, будет таким же, как если бы Вы взяли одну столовую ложку (15 г) 3 %-го раствора А на такой же стакан воды.

Мочевина никакого влияния на действие **A** не оказывает, а служит растворимым «контейнером» для его хранения.

Установлено, что вещество **A** всегда образуется в небольшом количестве во влажной атмосфере при грозовом разряде. Тем не менее, известно, что в концентрированных растворах это вещество не переносит прямого солнечного света, а некоторые добавки разлагают его так быстро, что оно будто вскипает. Если над сосудом, в котором разлагается концентрированный раствор вещества **A**, подержать тлеющую лучинку, она вспыхивает ярким пламенем.

1. Приведите названия вещества **A** и препаратов **B** и **B**.
2. Приведите один пример добавки, ускоряющей процесс разложения **A** при комнатной температуре.
3. Рассчитайте массовые доли и мольное соотношение вещества **A** и мочевины в препарате **B**.
4. Какой из продуктов разложения **A** обеспечивает его дезинфицирующие и отбеливающие свойства? Почему вещество **A** не образуется во влажной атмосфере в обычных условиях, а получается только при грозовом разряде?

В XIX веке вещество **A** получали взаимодействием вещества **Г** с разбавленной серной кислотой (этот способ до сих пор используется в лабораторной практике) [реакция 1]. Само вещество **Г** получается при сильном прокаливании оксида бария в токе воздуха [2].

С конца XIX до середины XX века основным способом получения **A** являлся электролиз раствора гидросульфата аммония [3] с последующим гидролизом образующейся соли **Д** [4].

5. Установите формулы веществ **Г** и **Д** и напишите уравнения реакций [1-4].

Вещество **A** чрезвычайно реакционноспособно: при комнатной температуре легко реагирует с гидроксидами железа(II) [5] и марганца(II) [6], окрашивает в бурый цвет подкисленный раствор иодида калия [7], выделяет зеленый газ из концентрированной соляной кислоты [8], превращает черный сульфид свинца в белое вещество [9], черный оксид серебра в металл [10], обесцвечивает подкисленный серной кислотой раствор перманганата калия [11] и помогает диоксиду марганца раствориться в разбавленной серной кислоте [12].

6. Напишите уравнения реакций [5-12], описывающих реакционную способность вещества **A**.

#### Задание 4. «Бугринский мост».

*«Соединяя берега и судьбы»*

Из репортажа об открытии моста

В 2014 г. в Новосибирске была открыта новая транспортная развязка, включающая третий по счету мост через Обь, названный «Бугринским», с самым большим в СНГ арочным пролетом. Как правило, современные конструкции подобных мостов возводят из специальных сплавов. Чтобы повысить устойчивость такого сплава к внешним воздействиям, в сталь добавляют легирующие компоненты. Известно, что сталь некоторой марки **M**, которая в настоящее время используется для изготовления металлоконструкций мостов, содержит 3 основных элемента. Этими элементами являются металл **A**, неметалл-раскислитель **B** (2-е место в земной коре по распространенности) и легирующий компонент **B**, являющийся одним из самых твердых металлов. Известно, что этот металл проявляет в своих соединениях степени окисления +2, +3 и +6.



Для определения количественного состава компонентов стали **M** ее навеску массой 1,000 г кипятили в растворе смеси серной (30 %) и ортофосфорной (10 %) кислот почти до полного ее растворения [реакции 1, 2]. После этого к зеленому раствору добавили концентрированной азотной кислоты, и упарили раствор до появления белых паров серной кислоты [3-4]. Затем раствор разбавили водой, твердый остаток оксида неметалла **B** отфильтровали и прокалили до постоянного веса для удаления воды. Масса полученного белого вещества ( $\omega_B = 46,7\%$ ) составила 12,8 мг.

Содержание металла **B** в **M** установили методом титрования. Для этого к отфильтрованному раствору зеленого цвета (характерного для ионов  $B^{3+}$ ) прибавили избыток твердого  $(NH_4)_2S_2O_8$ , несколько капель раствора  $AgNO_3$  и нагрели этот раствор. После того, как раствор окрасился в оранжевый цвет, присутствующий аммонийной соли **Г** [5], его прокипятили до полного разложения избытка  $(NH_4)_2S_2O_8$  [6]. Затем

добавили избыток раствора  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (14,6 мл,  $C = 0,100$  моль/л) [7] и оттитровали полученный зеленый раствор перманганатом калия [8]. На титрование затратили 12,3 мл раствора  $\text{KMnO}_4$  с концентрацией 0,0200 моль/л.

Соль Г легко восстанавливается сульфитом натрия в сернокислой [9], нейтральной [10] и щелочной [11] среде, а если сухую соль Г поджечь, то процесс ее горения [12] напоминает извергающийся вулкан.

1. Определите элементы А-В. Установите формулу и напишите название вещества Г.
2. Напишите уравнения реакций [1-12].
3. С какой целью при анализе к растворам добавляли такие вещества, как ортофосфорная кислота и нитрат серебра (они ведь не потребовались Вам в п.2)?
4. Приведите номенклатурные и тривиальные названия веществ  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  и  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .
5. Вычислите массовые доли компонентов стали М, считая что она содержит только упомянутые в задаче элементы А – В.

Известно, что длительная эксплуатация металлических мостов при динамических нагрузках в условиях атмосферного воздействия создает предпосылки к их разрушению. Наиболее легким способом антикоррозийной обработки металлоконструкций является их окраска. Для этих целей можно использовать органические и неорганические составы. Последние отличаются большей световой, атмосферной и химической стойкостью. Разнообразие возможных цветов делает такой способ защиты более привлекательным. Так, для окраски в насыщенный красный цвет арки Бугринского моста, могли использоваться такие неорганические вещества как Д и Е, а для получения зеленого цвета самого длинного в мире новосибирского метромоста – вещество Ж. Все эти вещества являются атмосферостойкими и предотвращают разрушение стали, однако имеют различную устойчивость по отношению к кислотам и щелочам. Соединение Ж, представляющее собой оксид металла В, химически инертно. Оксид Д растворяется в разбавленном растворе азотной кислоты с образованием в качестве продуктов соли металла А и воды [13]. Оксид тяжелого металла Е в этих же условиях, кроме воды, дает два соединения с различными степенями окисления этого металла [14]. Известно, что этот тяжелый металл применяется в производстве боеприпасов и автомобильных аккумуляторов. Кроме того Е, в отличие от Д, растворяется и в концентрированном растворе  $\text{NaOH}$  [15], а Д может быть получен в результате обжига бинарного соединения З ( $\omega_{\text{A}} = 46,5\%$ ) [16], что является одним из промышленных способов получения газа И. Массовые доли кислорода в соединениях Д – И приведены в таблице.

| Соединение              | Д    | Е   | Ж    | З | И    |
|-------------------------|------|-----|------|---|------|
| $\omega_{\text{O}}, \%$ | 30,1 | 9,3 | 31,6 | 0 | 50,0 |

6. Какие способы борьбы с коррозией, кроме легирования стали и окраски поверхности, Вы знаете? Приведите два примера, поясняющих, как еще можно защитить конструкцию.
7. Установите состав веществ Д – И и приведите уравнения реакций [13-16]. Какое из соединений (Д или Е) предпочтительнее использовать для окраски Бугринского моста и почему?
8. В первоначальном проекте Бугринский мост назывался «...заводским», из-за его близкого расположения к одному из крупнейших в мире заводов по производству металла К. Этот металл также находит широкое применение для предохранения А от ржавления, например, при лужении консервных банок. О каком металле идет речь? В чем недостаток подобного способа защиты А?