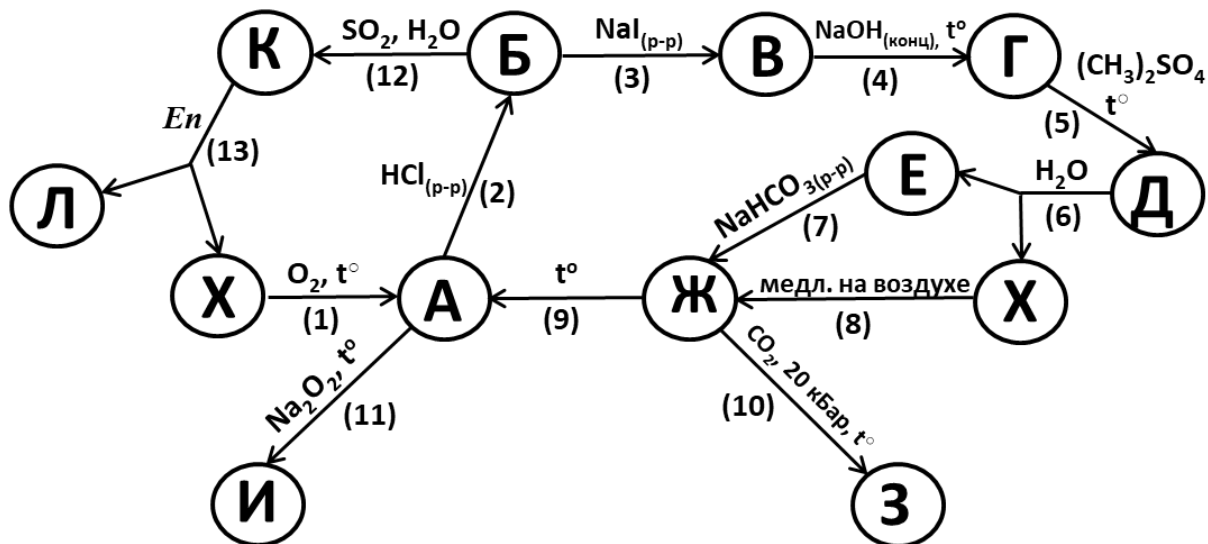


Десятый класс

Задача 10-1

На приведенной ниже схеме приведены превращения соединений А–Л, содержащих в своем составе элемент X.



Дополнительная информация:

- X – простое вещество, образованное элементом X.
- *En* – этилендиамин.
- Вещества В, Г, Ж нерастворимы в воде. Их цвета приведены ниже.

В	Г	Ж
белый	кирпично-красный	зеленый

- Вещество Е в виде кристаллогидрата можно купить в садоводческом магазине.
- Потеря массы при переходе Ж → А составляет 28.05 %.
- Увеличение массы при переходе А → И составляет 49.02 %.
- Содержание элемента X в соединении Ж составляет 57.48 % по массе.

Вопросы:

1. Установите элемент X и состав соединений А–Л.
2. Напишите уравнения реакций (1 – 13), приведенных на схеме.
3. При взаимодействии раствора соединения Е с избытком раствора цианида калия выделяется бесцветный газ. Напишите уравнение этой реакции.

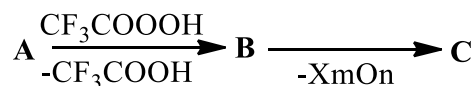
Задача 10-2

Чтоб не распалась связь времён
«Молекулярный цветок»

Красные кристаллы бинарного вещества **A** состоят из молекул, имеющих плоское строение и содержащих столько же атомов одного из элементов, сколько содержат молекулы его наиболее устойчивой при н.у. аллотропной модификаций. Молекула **A** напоминает раскрывшийся цветочный бутон, включает 9 циклов, а при повороте на угол 45° совмещается со своим исходным положением.

Навеску вещества **A** массой 6.72 г тщательно перемешали с избытком порошка алюминия и нагрели (*p-ция 1*), полученную твердую смесь перетерли в ступке, разделили на две равные части, которые подвергли испытаниям. Одну часть растворили в избытке соляной кислоты (*p-ции 2, 3 и 4*), вторую – в избытке раствора гидроксида натрия (*p-ции 5, 6 и 7*). В обоих случаях наблюдается выделение газа (5.376 л (н.у.) при обработке кислотой и 4.032 л (н.у.) при обработке щелочью) и образование прозрачного раствора.

Группа ученых, впервые синтезировавшая **A**, планировала получить новую аллотропную модификацию одного из элементов, входящих в его состав, по схеме:



Предполагалось, что при удалении элемента **X** из молекулы **B** ни одна из σ -связей между атомами интересовавшего авторов элемента не разорвется, а в получившейся аллотропной модификации все атомы будут равноценны.

1. Определите молекулярную формулу **A**, ответ подтвердите расчетом.
2. Напишите уравнения реакций, проведенных при определении состава **A**.
3. Вычислите взятую для опытов массу алюминия и его избыток в % от расчетного.
4. Изобразите структурные формулы **A**, **B** и **C**.

Задача 10-3

– Шляпник, что же общего у ворона и письменного столика?

– Ни малейшего понятия

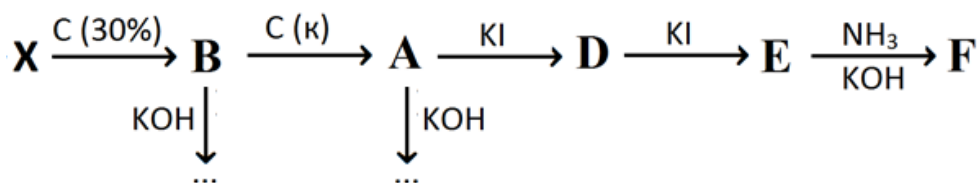
Л. Кэрролл («Алиса в стране чудес»)



Льюис Кэрролл, создавая образ своего Сумасшедшего шляпника, использовал описание нелепых поступков шляпников XIX века, для которых было характерно редкое заболевание, вызванное отравлением соединением **A**, которое использовалось для размягчения материи при изготовлении фетра. Интересно, что простое вещество, образованное элементом **X**, входящим в состав **A**, в древности считалось важнейшим исходным веществом в операциях священного тайного искусства по изготовлению препаратов, продлевающих жизнь и именуемых «пилюлями бессмертия».

Соединение **B**, имеющее тот же элементный состав, что и **A**, получают действием 30%-й кислоты **C** на простое вещество **X** (*p-ция* 1), взятое в избытке. Действие на **B** раствора щелочи приводит к выпадению черного осадка (*p-ция* 2), а обработка раствором концентрированной кислоты **C** к образованию соединения **A** (*p-ция* 3). При взаимодействии **A** с KOH образуется осадок желтого цвета (*p-ция* 4). Обработка **A** раствором KI приводит сначала к выпадению осадка **D** (*p-ция* 5), а затем, при избытке иодида, осадок переводится в раствор соединения **E** (*p-ция* 6). **E** – широко известный качественный реагент на аммиак и соли аммония. При реакции **E** с щелочным раствором аммиака выпадает бурый осадок **F** ($\omega(\text{N})=2.5\%$) (*p-ция* 7).

Ниже приведена схема описанных выше превращений элемента **X**:



1. Определите неизвестные вещества **X**, **A** – **F**. Напишите уравнения описанных реакций (1 – 7). Учтите, что соединение **B** диамагнитно*.

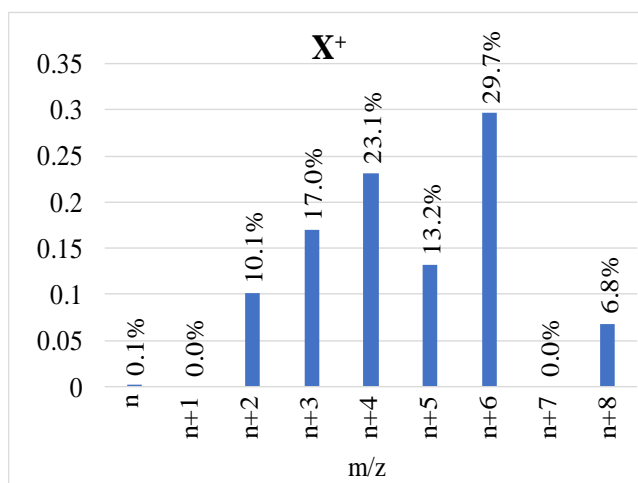
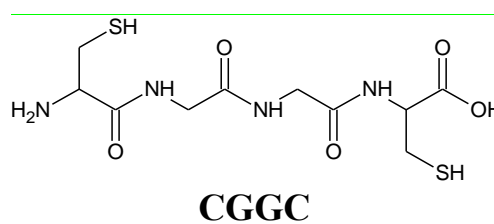
2. Как можно провести обратные превращения из **A** в **B**, а затем в **X**? Приведите уравнения химических реакций.

Если в *p*-циии 5 использовать KBr , то полученное вещество **G** при нагревании со стехиометрическим количеством красного фосфора и **X** в течение 12 суток при температуре $300^{\circ}C$ в запаянной ампуле превращается в светло-желтый кристаллический порошок **H** ($\omega(P)=4.47\%$), структурный аналог соединения **F**.

3. Определите вещества **G** и **H**.

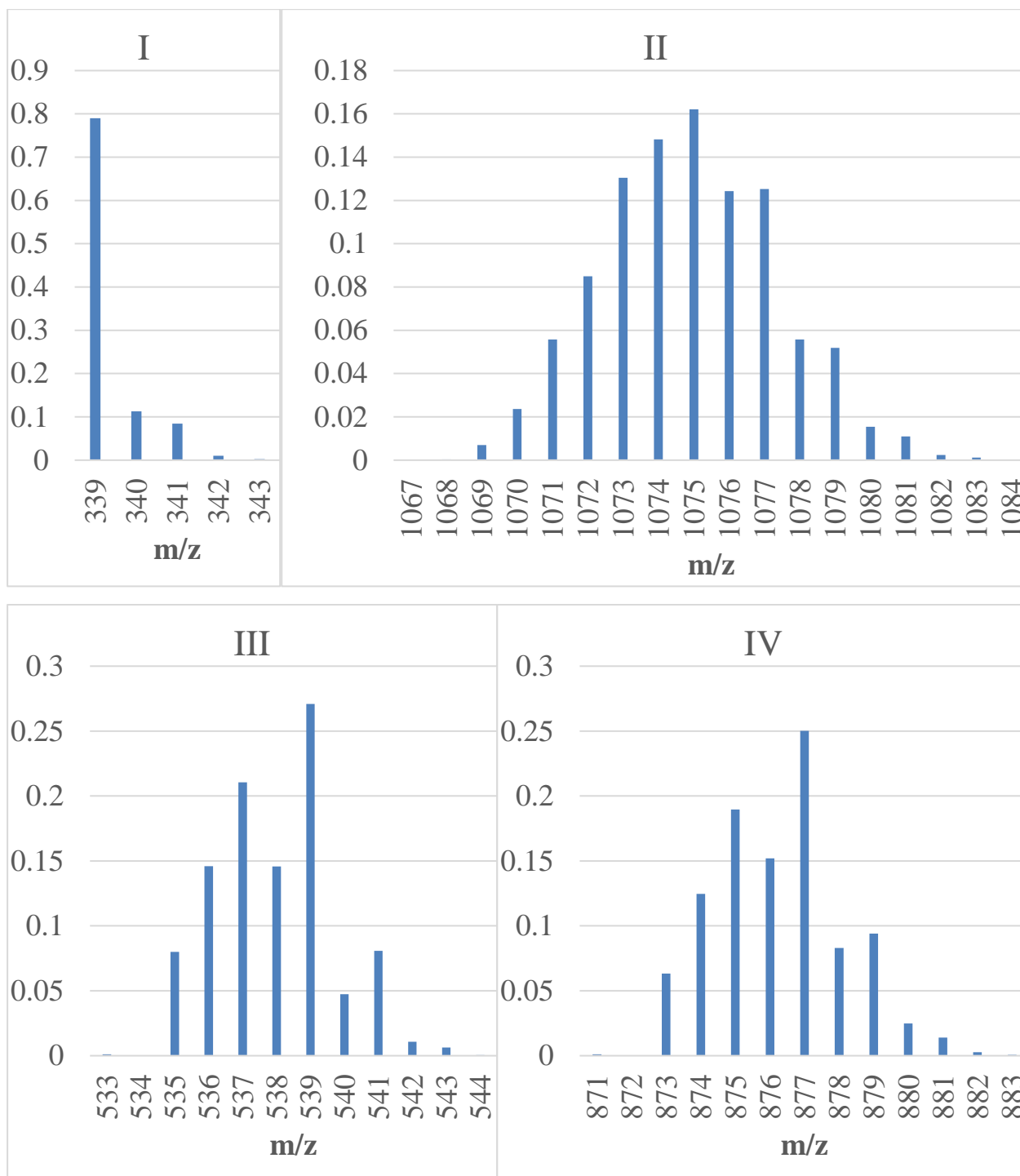
Соединения элемента **X** накапливаются в биосфере благодаря деятельности человека. Для изучения усвоения **X** растениями рассмотрена модельная система, состоящая из **A** и тетрапептида (**CGGC**).

В масс-спектре† исследуемого раствора присутствуют сигналы от нескольких однозарядных катионов. На рис. приведены участки масс-спектра, содержащие линии, относящиеся к отдельным ионам:



* Диамагнитно, значит не содержит неспаренных электронов

† масс-спектрометрия – метод исследования вещества путем определения отношения массы к заряду (m/z) и количества заряженных частиц, образующихся при том или ином процессе воздействия на вещество. По оси ординат на графиках отложены мольные доли частиц данного состава с соответствующими m/z .

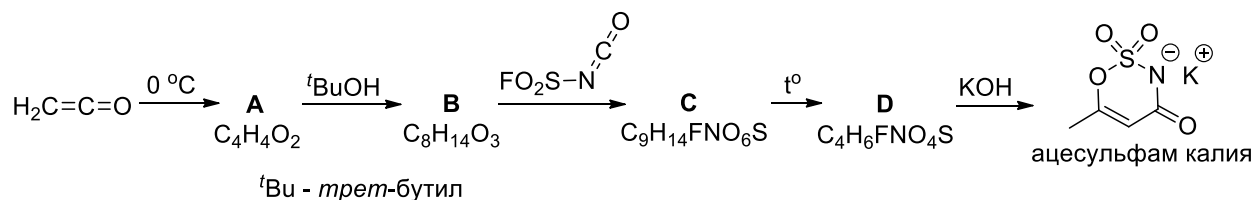


4. Определите массу самого легкого изотопа X, присутствующего в природной смеси изотопов. Чем обусловлено присутствие нескольких линий в спектре I? Установите состав катионов I – IV. Ответ обоснуйте.

Задача 10-4

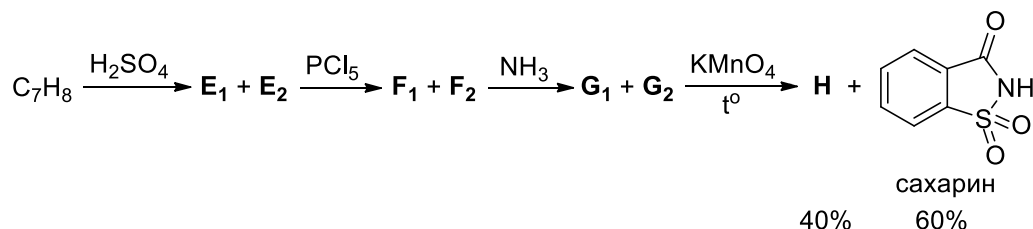
Проблема сахарного диабета II типа является одной из насущных, несмотря на наличие большого числа эффективных препаратов и разработку новых. Для того чтобы больные сахарным диабетом могли иногда порадовать себя

сладким, на прилавках аптек и супермаркетов стали появляться специальные продукты со сладким вкусом, не содержащие глюкозу. Один из подсластителей, используемых в таких продуктах (**E950** или *ацесульфам калия*), был впервые описан Карлом Клаусом в 1967 году:



1. Расшифруйте структуры соединений **A – D**.

Еще раньше, в далеком 1879 году, уроженец города Тамбов, немецкий химик Фальберг получил из толуола имид *орто*-сульфобензойной кислоты, у которого неожиданно обнаружился сладкий вкус. Вещество назвали *сахарином*. Это был первый синтетический подсластитель. Несмотря на то, что это вещество в 500 раз слаще сахара, оно не усваивается организмом, не имеет пищевой ценности и не может превратиться в жир. Сегодня это самый применяемый подсластитель, он разрешён и используется в 90 странах мира, в том числе и в России. Единственный недостаток сахарина – неприятный металлический привкус. Синтез сахарина осуществляется по следующей схеме:



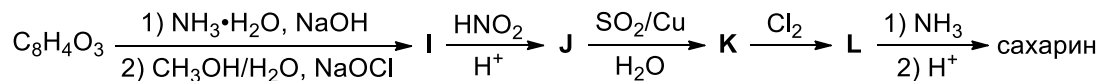
2. Расшифруйте структуры соединений **E₁, E₂, F₁, F₂, G₁, G₂** и **H**.

В приведенной выше методике синтеза получалась смесь продуктов, и в 1891 году Фальберг ввел дополнительную стадию очистки, основанную на разнице в растворимости сахарина и вещества **H** при определенном значении pH.

3. Укажите функциональные группы в сахарине и веществе **H**, которые обуславливают разницу в растворимости.

В 1950-х годах О. Сенн и Г. Ф. Шлаудекер разработали альтернативный подход для синтеза сахарина из фталевого ангидрида. Этот процесс был

адаптирован для коммерческого применения в середине 1950-х годов компанией Maumee Chemical Company из Толедо (Огайо, США). У него есть главное преимущество – отсутствие необходимости дорогостоящего разделения продуктов.



4. Расшифруйте структуры соединений I – L.

Задача 10-5

Сгорание равновесной смеси

При сгорании 1 моль смеси, содержащей этилен и водород, выделилось 848.5 кДж теплоты. В другом опыте в то же количество смеси внесли катализатор гидрирования, выдержали достаточное для установления равновесия время и сожгли образовавшуюся смесь. При этом выделилось 793.3 кДж теплоты. Измерения проводили при общем давлении 1 бар, все теплоты приведены к стандартным условиям.

1. Установите состав исходной и конечной смесей (в мольных процентах).
2. Запишите выражение для константы равновесия реакции гидрирования через парциальные давления газов и рассчитайте её.
3. В какую сторону сместится равновесие реакции гидрирования при повышении температуры? Ответ обоснуйте с помощью расчёта.

При сгорании 1 моль другой смеси, которая может содержать этан, этилен и водород, выделилось 1417.7 кДж теплоты. После выдерживания смеси над катализатором теплота сгорания повысилась до 1428.0 кДж. Температура и давление были такими же, как и в первом опыте.

4. В прямом или в обратном направлении идёт реакция гидрирования в этом случае? Ответ обоснуйте.
5. Установите состав исходной и конечной смесей (в мольных процентах).

Дополнительная информация

Стандартные теплоты сгорания веществ: $Q_{\text{сгор.}}(\text{C}_2\text{H}_4) = 1411$ кДж/моль; $Q_{\text{сгор.}}(\text{C}_2\text{H}_6) = 1560$ кДж/моль; $Q_{\text{сгор.}}(\text{H}_2) = 286.0$ кДж/моль