

10 класс

Задача 10-1

Газообразная смесь аммиака с простым веществом **A** объемом 257,6 дм³ (н.у.) массой 366 г содержит $1,155848 \cdot 10^{26}$ электронов.

*а) Определите вещество **A**, если известно, что атом элемента, составляющего **A**, имеет одинаковое число нейтронов и протонов.*

Аммиак и вещество **A** в соотношениях, аналогичных приведенной выше газовой смеси, вступают в реакцию при температуре -70 °С (используется жидкий аммиак). В результате этого процесса с выходом 2,5 % образуется устойчивый только при очень низких температурах порошок красного цвета **B**, характеризующийся ионной структурой. Реакция сопровождается выделением бурого газа **B**, склонного к димеризации.

*б) Напишите уравнение реакции получения вещества **B**. Определите состав и массу вещества **B**, если известно, что при его синтезе в указанных условиях образовался такой объем газа **B**, который после его приведения к нормальным условиям занял 840 см³. Укажите название вещества **B**, из каких ионов оно состоит.*

При даже небольшом повышении температуры вещество **B** мгновенно разлагается с образованием вещества **Г**, простого вещества **Д** и воды.

*в) Определите вещества **Г** и **Д**, напишите соответствующее уравнение реакции, если известно, что при разложении полученного количества вещества **B** выделяется 630 см³ (н.у.) вещества **Д**.*

Вещество **Г** при дальнейшем неаккуратном нагревании также разлагается со взрывом, образуя оксид **Е**, который при температуре выше 500 °С и вовсе разлагается на простые вещества.

*г) Напишите уравнения разложения веществ **Г**, **Е**.*

Задача 10-2

Квас – известный всем традиционный напиток, который готовится из различных сортов муки или хлеба, воды и солода, и представляет собой продукт молочнокислого и отчасти спиртового брожения сахаристых веществ, образующихся из крахмала. Считается, что натуральный квас отлично утоляет жажду за счет кислого вкуса, обусловленного, в основном, присутствием молочной кислоты, а также содержит большое количество витаминов и ценных ферментов.

а) Приведите химическую формулу молочной кислоты. Приведите структурные формулы и названия ее стереоизомеров. Запишите уравнения реакций молочнокислого и спиртового брожения глюкозы.

Для приготовления 1 л кваса в домашних условиях использовали сырье, содержащее глюкозу массой 22,64 г. В результате брожения массовая доля спирта в полученном напитке составила 1,15%.

б) Рассчитайте pH полученного напитка, считая, что его кислотность обусловлена только молочной кислотой. В расчетах примите плотность кваса за 1 г/см³, константу диссоциации молочной кислоты равную $1,38 \cdot 10^{-4}$, а также считайте, что реакции брожения прошли количественно.

В промышленности, наряду с ферментативным способом получения, молочную кислоту производят синтетическим путем, основываясь на реакции ацетальдегида с циановодородом и последующем гидролизе образовавшегося вещества.

в) Запишите схему промышленного синтеза молочной кислоты. Укажите, какой стереоизомер молочной кислоты получают в таком синтезе и почему.

Задача 10-3

Автомобильные тоннели строят для преодоления природных препятствий, например, под горами, для сокращения пути (например, сквозь гору, а не вокруг нее), под водными преградами вместо мостов, вместо железнодорожных переездов или как части транспортных развязок – чтобы избежать пересечения транспортных потоков на одном уровне.

Сен-Готардский автомобильный тоннель, расположенный в Швейцарии, пролегает под горным перевалом Сен-

Готард в Альпах и связывает северную и южную части Швейцарии, а по сути – северную и южную части Европы. Тоннель является одним из самых длинных автомобильных тоннелей в Европе.

Сен-Готардский автомобильный тоннель представляет собой двухполосную автомобильную дорогу, протяженностью 16 942 метра. Поперечное сечение тоннеля – 90 м². В среднем за сутки через тоннель в обе стороны суммарно проезжает 17 064



Въезд в Сен-Готардский
автомобильный тоннель

автомобиля. В замкнутом пространстве выхлопные газы автомобилей могут представлять собой серьезную угрозу здоровью и жизни людей. Предельно допустимая концентрация угарного газа (в промилле) составляет 0,8 ‰ по объему ($0,8 \text{ ‰} = 0,08\%$). При содержании СО выше этого значения воздух в тоннеле станет ядовитым. Поэтому в автомобильных тоннелях необходимо обеспечивать бесперебойную вентиляцию и очистку воздуха. Примем, что средний расход бензина для каждого автомобиля, проезжающего через тоннель, составляет 8 дм³ на 100 км, средняя плотность бензина равна 0,75 кг/дм³, бензин содержит 86% углерода по массе, а в выхлопных газах содержание углекислого газа по объему в два раза больше, чем угарного газа. Давление в тоннеле равно 1 атм, температура 28 °С.

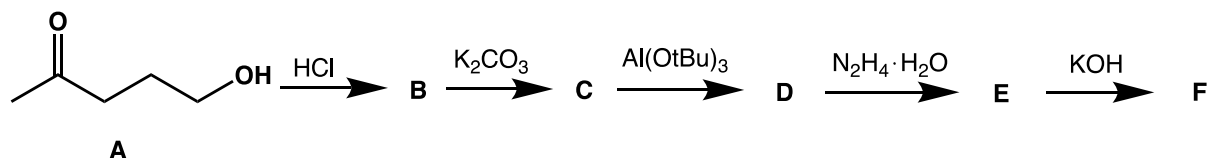
- а) Расчетom оцените, какое минимальное количество воздуха (м³/с) должны нагнетать в тоннель вентиляторы, чтобы содержание СО оставалось на уровне 0,5‰.*
- б) Расчетom оцените, через какое время в случае поломки вентиляторов содержание СО в туннеле поднимется до величины предельно допустимой концентрации, при той же интенсивности движения автомобилей и отсутствии дублирующих систем вентиляции.*

Автомобильные двигатели, работающие на дизельном топливе, а не на бензине, характеризуются меньшими выбросами СО, однако большими выбросами частиц сажи. Для характеристики качества дизельного топлива используют цетановое число – аналог октанового числа для бензина. Цетановое число топлива определяется нахождением смеси цетана и изоцетана в таком объемном отношении, которая имеет такое же время, необходимое для воспламенения при сжатии, как и исследуемое топливо. Цетановое число для *n*-цетана принято за 100, а изоцетана – за 15.

- в) Расчетom установите химическую формулу цетана, если при полном сгорании в избытке кислорода некоторой порции цетана образуется 70,4 г СО₂ и 30,6 г Н₂О. Приведите структурную химическую формулу изоцетана, если в его молекуле число третичных, вторичных и четвертичных атомов углерода относятся как 1:3:3, четвертичные атомы углерода в основной углеродной цепочке имеют номера 2, 4 и 8, а третичный – 6. Назовите изоцетан по номенклатуре ИЮПАК.*
- г) Расчетom установите цетановое число дизельного топлива, которому соответствует смесь 5 дм³ цетана и 7,5 дм³ изоцетана.*

Задача 10-4

Жидкое вещество **F**, имеющее напряженную структуру, может быть легко получено из линейного кетоспирта **A** по следующей схеме:



- а) Расшифруйте схему синтеза вещества **F**, если превращение **B** в **C** является реакцией внутримолекулярного нуклеофильного замещения; в реакции превращения **B** в **C** и в реакции превращения **C** в **D** участвуют разные атомы углерода, находящиеся при кето-группе; превращение **D** в **E** сопровождается образованием гетероциклической системы (одна из промежуточных стадий процесса – нуклеофильное присоединение к α,β -ненасыщенному соединению), а при превращении **E** в **F** вторым продуктом реакции является низкомолекулярный газ? Относительная плотность паров **F** по воздуху равна 4,69.
- б) Какое название имеет реакция конденсации, проходящая при действии на **C** кислоты Льюиса $\text{Al}(\text{OtBu})_3$? Приведите механизм превращения **C** в **D**.
Энтальпия образования вещества **F** составляет 133 кДж/моль.
- в) Рассчитайте, какое количество энергии выделится при сгорании 1 кг вещества **F**.
- г) Чем обусловлено сильноположительное значение энтальпии образования вещества **F**?

Справочная информация

	$\text{CO}_{2(\text{г})}$	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$
$\Delta H_{f,298}^\circ$, кДж/моль	-393,51	-285,83

Задача 10-5

Одним из веществ, содержащихся в придаточной смазочной железе жала медоносных пчел является соединение **X**. Популярный научный формат, используемый для хранения информации о химическом соединении в компьютере, позволяет записать это соединение в виде строки символов $\text{CCCCOC}(=\text{O})\text{C}$. Известно, что молекулы в этом формате кодируются следующим образом:

- сначала в структуре молекулы ищется наибольший по длине путь между двумя атомами (если двигаться при этом по химическим связям от одного атома к другому и по

одной связи можно пройти только один раз) и атомы записываются в строку друг за другом, так, как они встречаются при обходе этого пути.

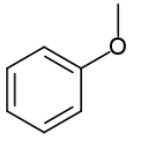
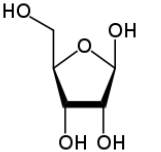
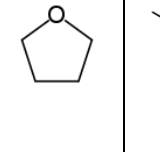
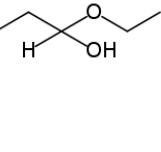
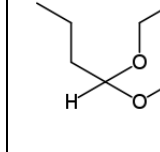
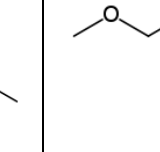
- атомы-органогены записываются латинскими символами: B, C, N, O, P, S, F, Cl, Br, I, атомы водорода явно не указываются (если их число соответствует наименьшей нормальной валентности в соответствии с явно заданными связями).
- химические связи записываются как «=» - двойная связь, «#» - тройная связь, одинарная связь в явном виде не указывается.
- если есть ответвление от основного пути, то его указывают в круглых скобках после символа того атома, от которого оно начинается.

а) Запишите название согласно номенклатуре ИЮПАК для соединения X.

б) Соединение X, входит в состав популярных многокомпонентных растворителей. Образуется оно в результате взаимодействия вещества CCCCCO с $CC(=O)O$. Назовите эти соединения. Напишите соответствующее уравнение реакции.

Расширением указанного выше способа записи молекул является формат SMARTS, применяемый для поиска отдельных фрагментов в молекуле. Базовые правила записи молекул для этого формата, такие же, как и выше. Главное отличие между ними заключается в том, что строка, записанная в формате SMARTS представляет собой шаблон. Например, строка O в исходном формате обозначает молекулу воды. В формате же SMARTS эта строка обозначает алифатический атом кислорода. Т.е. если искать совпадения по этому шаблону среди большого числа молекул, то в первом случае найдется только одна молекула, во втором же — все соединения, содержащие данный фрагмент.

в) У соединения CCCCCO из пункта б) есть ряд межклассовых изомеров. Шаблон SMARTS, при помощи которого можно найти эти межклассовые изомеры в базе данных, является строка вида COC. К какому классу органических соединений принадлежат эти молекулы? Какие из приведенных ниже молекул будут еще найдены при использовании данного шаблона? Какие из обнаруженных соединений на самом деле не принадлежат к этому классу органических соединений по своим химическим свойствам?

					
1	2	3	4	5	6