



## «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН)

### Заключительный этап Олимпиады РУДН для школьников 2025 г.

Профиль: Химия

Класс: 10-11

Время, отведенное на написание работы: 80 минут

При выполнении заданий обратите внимание на следующее:

1. Получив бланк заданий, проверьте его комплектность. Все страницы бланка пронумерованы.

2. Внимательно прочитайте текст каждого задания.

При выполнении каждого задания нужно исходить только из условий, изложенных в его тексте. Изыскание дополнительных условий, прямо не обозначенных в задании, может привести к ошибке.

3. При ответе на вопрос, требующий выбора варианта из предложенных, необходимо четко отметить, например, (а) выбранный вариант.

При ответе на вопрос, требующий развернутого ответа, просьба выполнять его четким и понятным почерком. Все ответы вносятся в бланк ответов.

4. Любые исправления, которые Вы вносите в бланк ответов, должны быть читаемы, занесены с использованием той же ручки. Для грамотного внесения изменений необходимо собственноручно зачеркнуть неправильный ответ, написав фразу «Верный ответ: [содержание верного ответа]». При этом внесенные исправления и указанный верный ответ должны позволять однозначно установить содержание ответа, данного участником Олимпиады на вопросы задания.

### Задача 1

Соль А окрашивает пламя в желтый цвет, а при нагревании ее с концентрированной серной кислотой отгоняется жидкость, в которой растворяется медь с выделением бурого газа. Соли В и С содержат одинаковый катион. При нагревании соли В наблюдается явление, напоминающее извержение вулкана с выделением бесцветного малоактивного газа. Соль С, взаимодействуя с раствором нитрата серебра, дает белый творожистый осадок. Какие вещества зашифрованы под буквами А, В и С. Напишите уравнения реакций, упомянутых в задании.

### Задача 2

В два раствора соли одновалентного металла одинаковой концентрации поместили цинковую и железную пластинки. Когда пластинки вынули, масса цинковой пластинки увеличилась на 15,1 г, а масса железной пластинки – на 8 г. Определите, соль какого металла находилась в исходном растворе, если взаимодействие цинковой пластинки с раствором соли протекало в два раза быстрее, чем взаимодействие железной пластинки? Ответ подтвердите расчетами.

### Задача 3

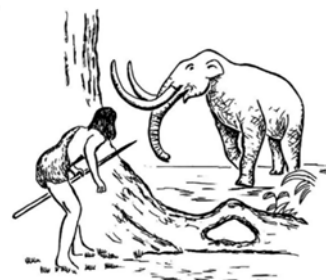
Имеются две одинаковые по мольному составу порции смеси Al, Mg, Fe, Zn, каждая массой 7,08 г. Одну порцию растворили в соляной кислоте и получили 3,584 л (н.у.) газа, другую – в растворе щелочи и получили 2,016 л (н.у.) газа. Известно, что в обеих смесях на один атом алюминия приходится три атома цинка. Найдите массы металлов в смеси.

### Задача 4

Для определения возраста органических останков применяется метод радиоуглеродного датирования, основанный на определении содержания в материале радиоактивного изотопа углерода  $^{14}\text{C}$ .

Изотоп углерода-14 постоянно образуется в верхних слоях атмосферы при столкновении нейтронов с ядрами атмосферного азота под действием космических лучей. Взаимодействуя с кислородом,  $^{14}\text{C}$  переходит в углекислый газ, который поглощается растениями в процессе фотосинтеза, а затем усваивается животными, поедающими растения. Количество поглощаемого и выделяемого  $^{14}\text{C}$  в процессе жизнедеятельности организма остается постоянным.

После смерти животное или растение прекращает обмен углеродом с окружающей средой, и количество  $^{14}\text{C}$  начинает уменьшаться в результате его распада до  $^{14}\text{N}$ . Период полураспада  $^{14}\text{C}$  равен 5360 годам. Измеряя количество  $^{14}\text{C}$  в палеонтологическом материале и сравнивая его с количеством  $^{14}\text{C}$  в современных организмах, ученые рассчитывают возраст останков.



1. Запишите уравнения ядерной реакции образования  $^{14}\text{C}$  и его радиоактивного распада.
2. Вычислите возраст остатков шерстистого мамонта (*Mammuthus primigenius Blum.*), найденных археологической экспедицией в Сибири, если ученые определили, что в найденных остатках количество  $^{14}\text{C}$  составляет 6,25 % от его исходного количества в живом организме.

### **Задача 5**

Какое количество (в литрах) этилена (при  $40.0^\circ\text{C}$  и 730 мм рт. ст.) нужно сжечь, чтобы нагреть 3.145 кг воды от  $23.0$  до  $87.0^\circ\text{C}$ ? Теплоты образования этилена, углекислого газа и воды равны 52,3, -393.5 и -285.8 кДж/моль, теплоёмкость воды составляет 75.31 Дж/(моль·К).

### **Задача 6**

Реакция разложения спазмолитина в растворе является реакцией первого порядка. Период полупревращения спазмолитина при  $25^\circ\text{C}$  равен 104 ч. Определите за какое время спазмолитин распадется на 83%, если начальная концентрация его равна 1,3 моль/л.

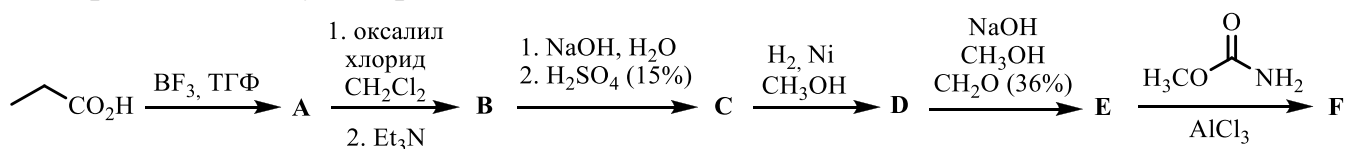
## Задания с развернутым ответом

### Задача 7

В 1940-х годах Фрэнк Бергер работал в британской фармацевтической компании и занимался поиском консерванта для пенициллина. Однажды он заметил, что соединение под названием мефенезин успокаивает лабораторных грызунов, не оказывая на них седативного действия. Впоследствии Бергер сослался на этот «транквилизирующий» эффект в теперь уже исторической статье, опубликованной в 1946 году. Однако существовало три основных недостатка использования мефенезина в качестве транквилизатора: очень короткая продолжительность действия, низкий терапевтический индекс и слабая активность. В мае 1950 года было получено химически родственное соединение, вещество **F**, которое было лишено этих недостатков. Поступивший в продажу в 1955 году препарат быстро стал первым психотропным препаратом-блокбастером в истории Америки. С тех пор он продавался под более чем 100 торговыми наименованиями. Производство продолжалось в течение 1960-х годов, но к 1970 году препарат был включен в список контролируемых веществ после того, как было обнаружено, что он вызывает физическую и психологическую зависимость.

В России вещество **F** было получено из соединения **B** по методу, приведенному на схеме. В США применялся немного иной подход – вещество **E** последовательно обрабатывали сначала фосгеном, а затем бесцветным газом с резким характерным запахом, который относится к числу важнейших продуктов химической промышленности.

Напишите соединения **A-F**. Приведите название для вещества **D**. Приведите схему альтернативного пути, применявшегося в США.

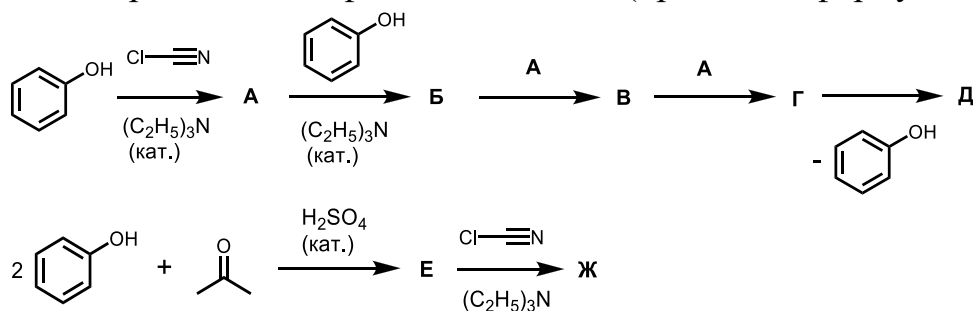


### Задача 8

В первой четверти 19 в два выдающихся немецких химика – Ф. Вёлер и Ю. Либих изучая соли, соответственно, циановой и гремучей кислот – цианат и фульминат серебра, обнаружили, что при явном различии свойств (цианат серебра достаточно устойчив, в то время как фульминат легко детонирует и крайне опасен) они обладают одним и тем же составом. Поначалу Ю. Либих даже обвинял Ф. Вёлера в неточности его данных. Спектральных методов исследования химических соединений на тот момент не существовало. Когда сомнения в точности анализа, проведённого обоими великими химиками, отпали не менее выдающийся шведский учёный Й.Я. Берцеллиус ввёл в химию термин «изомерия». Позднее было выяснено, что свободная циановая кислота существует преимущественно в виде своего таутомера – изоциановой кислоты, представляющего собой более слабую кислоту. Первоначально для гремучей кислоты Д.У. Нефом была предложена формула оксима монооксида углерода, которая сейчас соответствует изофульминовой кислоте. Сама же гремучая (фульминовая) кислота, как было показано, представляет собой нитрилоксид муравьиной кислоты.

Запишите структурные формулы Льюиса всех перечисленных изомеров состава  $\text{CHNO}$ , указав при необходимости формальные заряды на атомах.

Органические производные циановой кислоты используются для получения цианатэфирных смол и на их основе – термостойких композитных материалов. Простейшие арилцианаты, например, фенилцианат (**А**), могут быть получены взаимодействием хлорциана с фенолом в присутствии триэтиламина в качестве основания. В избытке фенола происходит образование имидокарбоната **Б**, который далее может последовательно реагировать ещё с двумя молекулами фенилцианата с образованием тримера фенилизоцианата **Д** – производного шестичленного гетероцикла, симметричного триазина. Данный процесс лежит в основе получения сшитых полимеров на основе бисцианатов, например, дицианата бисфенола **А**. Расшифруйте схему получения и тримеризации фенилцианата и схему получения мономера на основе фенола и ацетона (приведите формулы соединений **А** – **Ж**).



### Задача 9

Молекулу **А** называют космической органической молекулой, поскольку это наиболее распространённое и первое обнаруженное в межзвёздном пространстве органическое соединение. При растворении этого соединения в воде образуется производное **Б**. При концентрировании раствора **Б** или при длительном стоянии выпадает белый осадок **В**, который при нагревании даёт газ **А**. Раствор **Б**, стабилизированный метанолом, используется для сохранения биологических препаратов. При взаимодействии соединения **А** с аммиаком протекает экзотермичная реакция, приводящая к белому кристаллическому веществу **Г**, молекулы которого имеют алмазоподобное строение, причём при образовании одной молекулы **Г** расходуется 6 молекул **А** выделяется 6 молекул воды. При действии бензилхлорида на раствор **Г** в хлороформе в осадок выпадает белое кристаллическое вещество **Д**. Обработка кристаллов **Д** в спиртовом растворе концентрированной соляной кислотой при нагревании приводит к органической соли **Е**, неорганической соли **Ж** и летучей жидкости **З** состава  $C_5H_{12}O_2$ . Данная жидкость при гидролизе превращается в первую и главную космическую органическую молекулу **А**. Расшифруйте все описанные превращения, изобразив формулы **А** – **З**. Какая функциональная группа присутствует в соединении **В**? Вещество **Г** используется для лечения инфекций мочевыводящих путей, предложите механизм его действия.

### Задача 10

До 1996 года веществу **E** принадлежал рекорд чувствительности в Книге рекордов Гиннеса – его присутствие в воздухе можно обнаружить при концентрации  $2 \times 10^{-8}$  мг в литре. Благодаря аромату соединение **E** используется в парфюмерии в качестве базовой ноты. Тривиальное название вещества **E** связано с растением, которое нашло широкое применение в изготовлении кондитерских изделий, однако добывать **E** из этого растения не целесообразно – оно составляет лишь 2 % сухого веса семян и находится в смеси с иными ароматными веществами, в том числе гелиотропином. Сейчас вещество **E** производят из нефтехимического сырья – гваякола, соединения с «дымным» запахом. Схема образования соединения **E** приведена ниже. Любопытно, что фрагмент **E** можно найти в капсаицине – алкалоиде, содержащимся в различных видах стручкового перца. Жгучесть капсаицина оценивается в 16 000 000 единиц по шкале Сквилла (третье место среди всех жгучих соединений), а его переносимость человеком составляет 0.004 мг/л. Получить капсаицин из соединения **E** можно в две стадии.

Напишите структурные формулы соединений **A–E**; обратите внимание, что соединение **C** является конечным продуктом метаболизма адреналина и норадреналина. Приведите тривиальное название соединения **E**. Напишите структурные формулы соединений **F** и **G**.

