

**РЕГИОНАЛЬНАЯ ПРЕДМЕТНАЯ ОЛИМПИАДА**  
**студентов ВУЗов Санкт-Петербурга**  
**ПО ХИМИИ**

**Олимпиадное задание – 2023**

*Планируемая продолжительность выполнения задания 4 часа*

**Задание № 1. Неорганическая химия (30 баллов)**

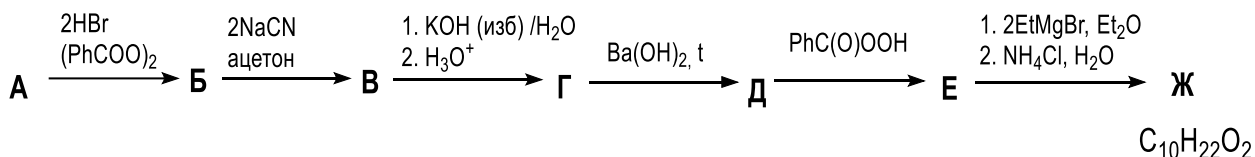
Нитрит натрия обладает антибактериальными и антиокислительными свойствами, поэтому применяется при производстве пищевой продукции как консервант и, побочно, как фиксатор окраски. На этикетках нитрит натрия обычно указывается как пищевая добавка E250. Пищевая добавка E250 разрешена во всем мире как консервант, защищающий продукты от бактерий ботулизма.

Определите молярную концентрацию (*ответ округлите до тысячных*) нитрита натрия в растворе, 15 мл которого добавили к 50 мл 0,02 М раствора перманганата калия, предварительно подкисленного 10 мл 2 н раствора серной кислоты и нагретого до 40 °С. Добавили избыток иодида калия. Смесь оставили на 5 минут в темном месте, затем оттитровали 20 мл 0,004 М раствора тиосульфата натрия до слабо желтой окраски. Добавили 10 капель 2 % раствора крахмала, раствор окрасился в синий цвет. После добавления 1,5 мл раствора тиосульфата натрия окраска раствора из синей резко перешла в бесцветную.

Напишите все происходящие в растворе реакции, расставьте коэффициенты, для окислительно-восстановительных реакций напишите электронно-ионный баланс (метод полуреакций).

**Задание № 2. Органическая химия (30 баллов)**

Определите структурные формулы всех веществ, зашифрованных в схеме. Соединение А симметрично и содержит один атом С  $sp^3$ .



### Задание № 3. Физическая химия (30 баллов)

Для оценки биохимических процессов в опухолях методом позитронно-электронной томографии используются пептиды, меченные изотопом  $^{18}\text{F}$ .

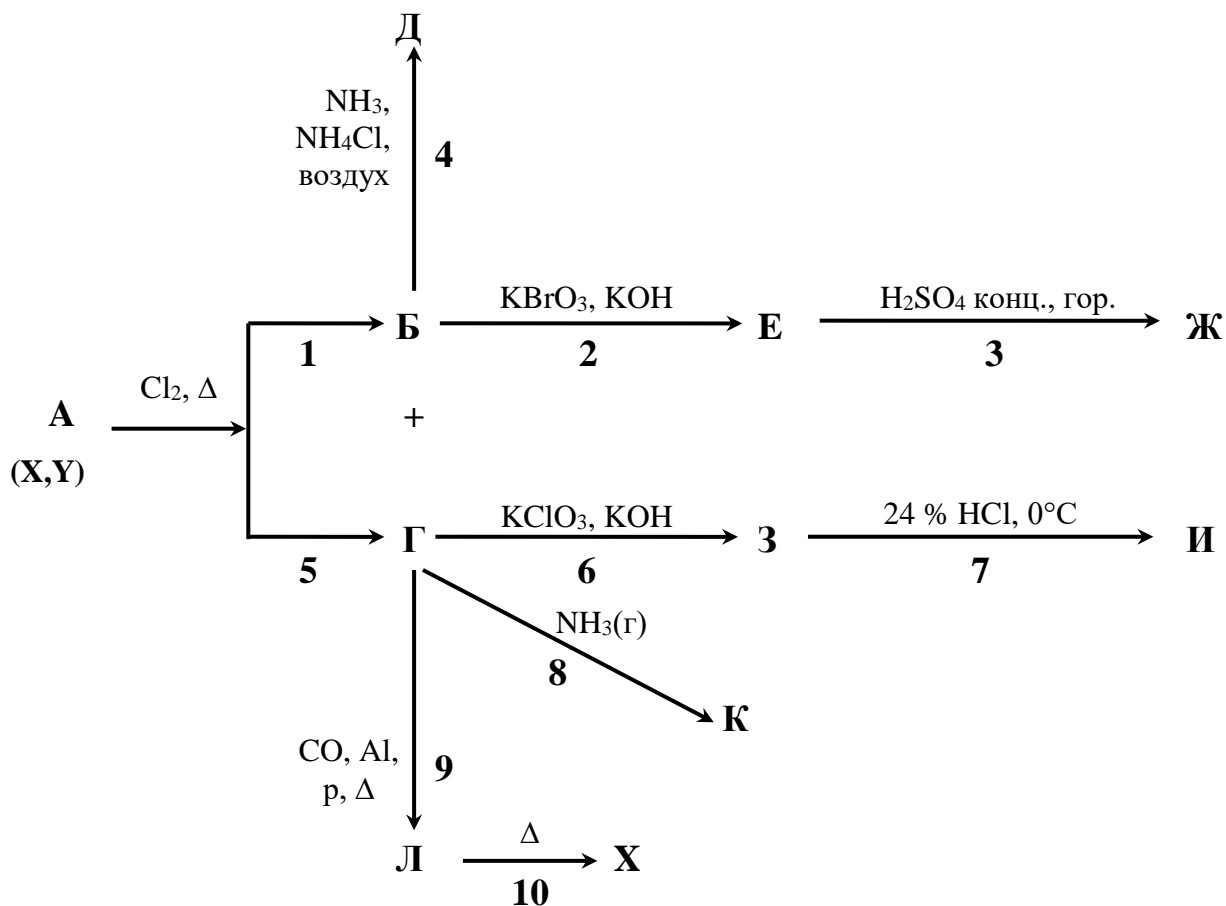
В радиохимической лаборатории в 10 часов 52 минуты закончили синтез меченого пептида массой 0,8 г. В 11 часов 13 минут пациенту ввели 350 мг пептида. К моменту ввода в дозе пептида содержалось  $5,7 \cdot 10^9$  радиоактивных ядер. За время исследования распалось  $8,79 \cdot 10^8$  ядер. Определите продолжительность исследования (в минутах) и число ядер в исходном пептиде к моменту окончания синтеза.  $T_{1/2}(^{18}\text{F}) = 109,77$  минут.

### Задание № 4. Неорганическая химия (60 баллов)

Сплав **А** двух металлов **Х** и **У**, используемый при изготовлении зубных и ортопедических имплантов, подвергли высокотемпературному хлорированию. Кристаллические вещества синего **Б** и сиреневого **Г** цвета, образующиеся в результате хлорирования, обработали деионизированной водой. При этом водный раствор вещества **Б** приобрёл розовый цвет, а сиреневые кристаллы **Г** практически не растворились. При насыщении водного раствора вещества **Б** аммиаком и хлоридом аммония в токе воздуха происходит изменение цвета раствора на малиновый и формирование вещества **Д**, выпадающего при охлаждении в виде кристаллов тёмно-розового цвета. При добавлении  $\text{KBrO}_3$  и  $\text{KOH}$  к раствору вещества **Б** образуется тёмно-коричневый осадок **Е**, который растворяется в горячей концентрированной серной кислоте с формированием вещества **Ж** и выделением бесцветного газа.

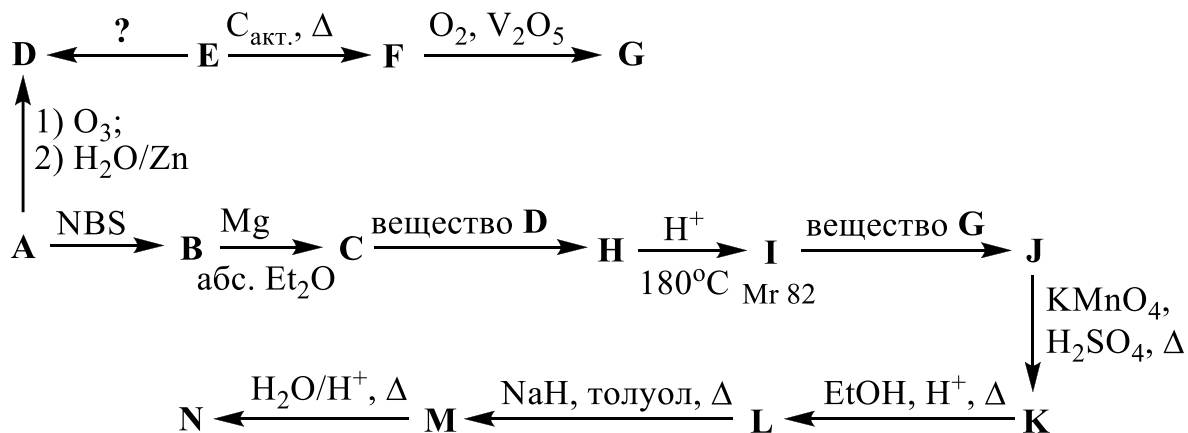
Осадок **Г** отделили от раствора и сплавляли с  $\text{KClO}_3$  и  $\text{KOH}$ . При взаимодействии полученного при сплавлении вещества **З** с 24% раствором соляной кислоты на холоду образуются оранжевые кристаллы соли Пелиго **И**, содержащие 27,5% кислорода. При нагревании кристаллов **Г** в токе аммиака образуется чёрное вещество **К**. Простое вещество **Х** можно получить в результате термического разложения твердого вещества **Л**, образованного при пропускании угарного газа при нагревании и повышенном давлении в присутствии алюминиевой пудры.

Определите металлы **Х** и **У**, входящие в состав сплава **А**, зная, что длина волны наиболее интенсивного максимума рентгеновского  $K_\alpha$  излучения металла **У** составляет  $1,82\text{Å}$ , а металла **Х**  $2,33\text{Å}$ . Определите состав всех веществ и запишите уравнения 10 реакций.



### Задание № 5. Органическая химия (60 баллов)

Приведите схемы химических реакций, согласно следующей цепочке превращений. В спектре ЯМР  $^{13}\text{C}$  соединения **D** присутствуют два сигнала атомов углерода при 31 и 200 м.д. Изобразите R-энантиомер вещества **H** и S,S,S,S-энантиомер вещества **M** с указанием стереоцентров в виде клиньев.



### Задание № 6. Физическая химия (60 баллов)

Было измерено давление над твердым ( $P_i^s$ ) и жидким ( $P_i^l$ ) веществом X при двух температурах:

$$P_1^s(T_1 = 500 \text{ K}) = 0.03 \text{ a}, P_1^l(T_1 = 500 \text{ K}) = 0.07 \text{ a};$$

$$P_2^s(T_2 = 600 \text{ K}) = 0.14 \text{ a}, P_2^l(T_2 = 600 \text{ K}) = 0.20 \text{ a}.$$

Найти:

- температуру кипения и возгонки X при атмосферном давлении –  $T^{ev}, T^{sub}$ ;
- теплоту плавления X –  $\Delta H^f$ ;
- координаты тройной точки, где сосуществуют все 3 агрегатные состояния, –  $P^{ter}, T^{ter}$ .

Объяснить, как расчетная температура возгонки индивидуального соединения может быть меньше температуры кипения и привести примеры таких веществ.