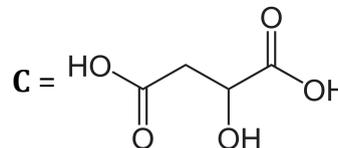
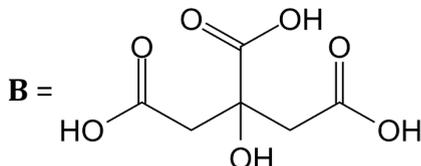
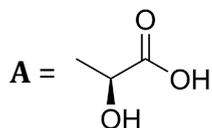


### 1. Кислая ситуация (10 б)

В школьном курсе химии подробно изучаются неорганические кислоты, хотя в природе более распространены органические кислоты. Одна из самых известных — молочная кислота, которая образуется в результате жизнедеятельности бактерий при окислении пищи, а также в мышцах человека при физических нагрузках, если они не получают достаточное количество кислорода. В промышленном производстве органических кислот все чаще используют помощь микроорганизмов, которые в процессе своей жизнедеятельности вырабатывают соответствующие кислоты. Органические кислоты используются в пищевой промышленности и фармацевтике, чтобы продукты лучше сохраняли свои свойства. На рисунке изображены три известные органические кислоты: молочная кислота (А), лимонная кислота (В) и яблочная кислота (С).



- Обведи функциональные группы и назови их (достаточно одного примера для каждой функциональной группы) (2)
- Расположи молекулы А–С в порядке уменьшения растворимости в воде. (2)
- Расположи кислоты А–С в порядке возрастания рН. (2)
- Напиши молекулярные формулы кислот А–С. (1,5)
- Дай кислотам А–С номенклатурные названия. (2,5)

### 2. Бесшумный убийца (10 б)

Соединения твердого простого вещества X широко известны как смертельные яды. В периодической системе этот элемент находится на границе между металлами и неметаллами. Поэтому элемент X избирательно реагирует как с металлами, так и с неметаллами. При нагревании в присутствии воздуха X горит синим пламенем и образует твёрдый газообразный оксид А с запахом чеснока ( $M = 395,7$  г моль<sup>-1</sup>), который используется в производстве инсектицидов и стекла. Оксид А можно также получить при нагревании в присутствии кислорода сульфида В элемента X. Соотношение числа атомов элементов в сульфиде В такое же, как и в оксиде А. В реакции оксида А с азотной кислотой образуется оксид С (степень окисления элемента X изменяется на два), диоксид азота и вода. В реакции сульфида В с водой образуется соответствующая оксиду А кислота D, а также выделяется газ E с запахом тухлых яиц. Элемент X не реагирует с азотом, бором, кремнием и углеродом, но реагирует с более активными галогенами, серой и некоторыми металлами.

- Определи при помощи вычислений элемент X. (1)
- Определи вещества А–D и напиши их формулы. (2)
- Напиши уравнения реакций и расставь коэффициенты: (4)
  - $X + O_2 \rightarrow A$ ; ii)  $B + O_2 \rightarrow A + SO_2$ ; iii)  $A + HNO_3 \rightarrow C + NO_2 + H_2O$ ; iv)  $B + H_2O \rightarrow D + E$ .

Оксид А в твердом состоянии белого цвета, а в растворённом в воде состоянии не имеет цвета, запаха или ощутимого вкуса, но даже в малых количествах опасен для человека. Долгое время оксид А не удавалось обнаружить, что делало его незаменимым ядом. Лишь в 1836 году химик Джеймс Марш опубликовал метод, позволяющий обнаружить наличие оксида А. Марш основал свой метод на реакции, открытой Карлом Вильгельмом Шееле, в ходе которой цинк и кислоту помещают кипятиться в одном сосуде с исследуемым веществом. Образующийся в реакции цинка с кислотой водород реагирует с соединением А (при его наличии), в результате чего образуется ядовитый и огнеопасный газ F с чесночным запахом – гидрид элемента X. Собранный газ F поджигается, и (при наличии элемента X) на порцеллане или стекле, поднесённом к пламени, остаётся темно-серый металлический след – элемент X. Для оценки количества полученный след сравнивали с контрольными следами, которые получали при обнаружении определенного количества X описанным методом.

- Напиши уравнения происходящих в ходе метода Марша реакций и расставь коэффициенты: (3)
  - $Zn + HNO_3 \rightarrow \dots$ ; ii)  $A + \dots \rightarrow F + \dots$ ; iii)  $F + O_2 \rightarrow X + H_2O$ .

### 3. Ракетная наука (10 б)

Гидразин ( $N_2H_4$ ) в стандартных условиях – это бесцветная жидкость, чрезвычайно токсичная для человека. Гидразин используется в качестве исходного материала в фармацевтической промышленности, а также в качестве ракетного топлива в авиации.

Соединение	$\Delta H_f$ кДж моль <sup>-1</sup>
$H_2O_2$	-188
$H_2O$	-242
$N_2H_4$	+51
$NH_3$	-46

- а) Расставь коэффициенты в уравнении получения гидразина из аммиака и пероксида водорода:  $NH_3 + H_2O_2 \rightarrow N_2H_4 + H_2O$ . (1)
- б) Нарисуй плоскостные структурные формулы соединений  $H_2O_2$ ,  $H_2O$ ,  $N_2H_4$  и  $NH_3$ . (2)
- в) Покажи при помощи вычислений, что энтальпия реакции между аммиаком и пероксидом водорода ( $\Delta H_r$ ) прим. равна  $-150$  кДж моль<sup>-1</sup>. Энтальпии образования ( $\Delta H_f$ ) даны в таблице. (3)
- Гидразин также используется в случае отказа двигателя истребителя F-16. Резервуар с гидразином объёмом  $25$  дм<sup>3</sup> содержит смесь из 70%  $N_2H_4$  и 30%  $H_2O$  ( $\rho = 1,03$  г см<sup>-3</sup>), при проведении которой через Ir-катализатор образуется достаточно газов, чтобы запустить турбину, которая, в свою очередь, снабжает F-16 электроэнергией.
- д) Оцени, как долго (с) может работать такая система, если средняя потребляемая мощность F-16 составляет  $220$  кВт (кДж с<sup>-1</sup>) и потери энергии отсутствуют. (4)

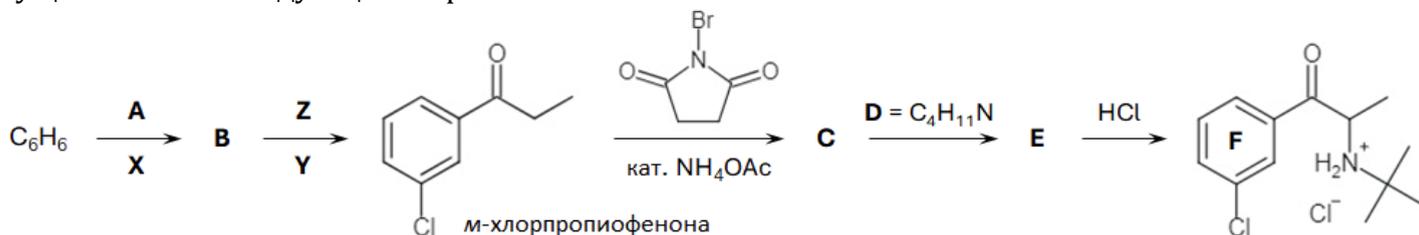
### 4. Трах-шарх (10 б)

В результате каталитической реакции спирта **A** ( $M = 92,1$  г моль<sup>-1</sup>) с концентрированной азотной кислотой образуется маслянистый вязкий нитроэфир **B** ( $M \approx 230$  г моль<sup>-1</sup>) с общей формулой  $C_aH_bN_cO_d$  (**реакция 1**), который исторически использовался в качестве взрывчатого вещества как в добывающей, так и военной промышленности. Взрывоопасность нитроэфира **B** обусловлена высоким содержанием азота и кислорода, которые при воспламенении способствуют экзотермическому окислению углеводородной цепи. При разложении  $5,000$  г вещества **B** образуется  $2,904$  г углекислого газа,  $0,990$  г воды,  $0,924$  г азота, а остаточную часть формирует двухатомный газ **X<sub>2</sub>** (**реакция 2**).

- а) Найди при помощи вычислений молекулярную формулу вещества **B**. (3)
- б) Определи молекулярную формулу спирта **A**. (1)
- в) Напиши и расставь коэффициенты в уравнениях **реакций 1 и 2**. (2)
- д) Нарисуй графические структурные формулы спирта **A** и его нитроэфира **B**. (2)
- Соединение **B** в небольших количествах также действует как средство, расширяющее сосуды сердечной мышцы, благодаря чему находит широкое применение в медицине.  $250$  см<sup>3</sup> медицинского 5%-ного водного раствора декстрозы содержит  $50$  мг активного вещества **B**.
- е) Вычисли необходимую скорость потока раствора в капельнице (см<sup>3</sup> ч<sup>-1</sup>), чтобы вводить в пациента  $20$  мкг мин<sup>-1</sup> активного вещества **B**. (2)

### 5. Разностороннее лекарство (10 б)

Антидепрессант бупропион является избирательным ингибитором захвата дофамина и норадреналина, что повышает концентрацию этих возбуждающих веществ в мозге. Препарат показан в основном для лечения депрессивных и биполярных аффективных расстройств, а также используется в медицине для облегчения симптомов абстинентного синдрома при никотиновой зависимости. Пятиэтапный синтез гидрохлорида бупропиона (**F**) из бензола ( $C_6H_6$ ) осуществляется следующим образом:



- а) Нарисуй структурные формулы соединений **A–E**. (5)
- Реагенты **X** ( $M = 133,3$  г моль<sup>-1</sup>) и **Y** ( $M = 162,2$  г моль<sup>-1</sup>) – это трёхвалентные металлогалогениды, которые катализируют первый и второй этапы соответствующего синтеза.
- б) Напиши формулы **X, Y** и **Z**. (3)
- Проведение синтеза начали с  $14,25$  см<sup>3</sup> бензола ( $\rho = 0,877$  г см<sup>-3</sup>). На первом этапе получили 95% выход, а на втором этапе – 90%.
- в) Рассчитай, сколько граммов *m*-хлорпропиофенона синтезировали. (2)