

# ОТКРЫТЫЕ СОРЕВНОВАНИЯ ПО ХИМИИ

Старшая группа (11 и 12 класс)

Таллин, Тарту, Курессааре, Нарва, Пярну, Кохтла-Ярве

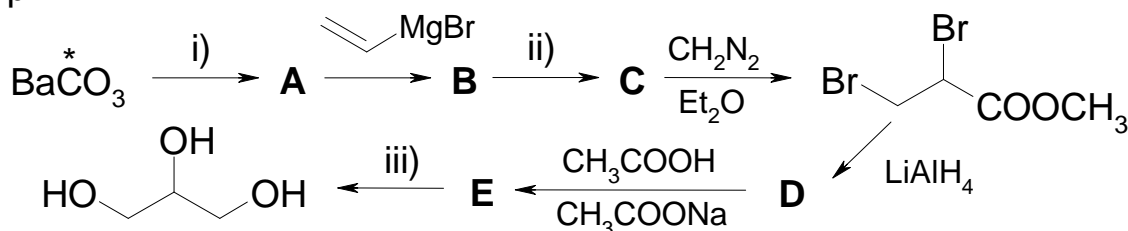
5 ноября 2011

1. Для определения содержания  $\text{SO}_3$  в олеуме лаборант приготовил  $100,0 \text{ см}^3$  раствора (**A**), растворив  $1,50 \text{ г}$  смеси  $\text{SO}_3\text{--H}_2\text{SO}_4$  (олеума). Для титрования этого раствора он приготовил  $200,0 \text{ см}^3$   $0,510 \text{ М}$  раствора  $\text{NaOH}$  (**B**), рассчитывая, что твёрдый  $\text{NaOH}$  чистый. На самом деле,  $\text{NaOH}$  содержал воду, и уточнённая молярная концентрация  $\text{NaOH}$  в растворе **B** была равна  $0,480$  моль  $\text{NaOH}$  на кг растворителя ( $\rho = 1,021 \text{ г/см}^3$ ). Концентрация протонов в растворе **A** была равна  $0,324 \text{ моль/дм}^3$ .

а) Рассчитайте процентное содержание воды в твёрдом  $\text{NaOH}$ .

б) Рассчитайте процентное содержание  $\text{SO}_3$  в олеуме. (8)

2. Для изучения деталей биосинтеза жиров учёным потребовался помеченный радиоактивным изотопом углерода глицерин. В качестве исходного вещества выбрали насыщенный этим изотопом карбонат бария.



$\text{CH}_2\text{N}_2$  – это реагент, который используется для получения из карбоновых кислот соответствующих метиловых сложных эфиров;  $\text{LiAlH}_4$  – это сильный восстановитель. Соединение **E** содержит три ацетатных группы ( $\text{CH}_3\text{COO-}$ ).

а) Нарисуйте структурные формулы соединений **A–E** и реагентов **i)–iii)** и отметьте во всех соединениях радиоактивный углерод звёздочкой. Также покажите место нахождения радиоактивного углерода в глицерине. (10)

3. При восстановлении нитробензола в кислой или нейтральной среде можно получить **i)** анилин или **ii)** *N*-фенилгидроксиламин.

а) Напишите уравнения реакций: **i)** нитробензол + сульфид аммония;

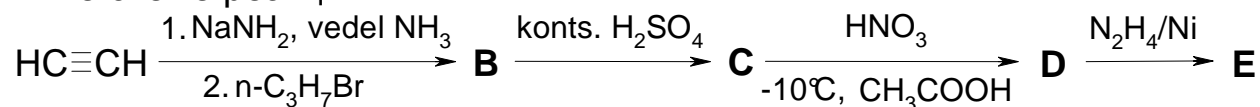
**ii)** нитробензол + цинк + хлорид аммония.

Сначала бензол нагревают до  $50^\circ\text{C}$  с нитрующей смесью, затем температуру поднимают до  $95^\circ\text{C}$  и продолжают нагревание. Продукт реакции реагирует с  $\text{NH}_4\text{HS}$ , образуя вещество **A**, которое содержит примерно 20% азота, но не в  $\text{--N=O}$  или  $\text{--NHOH}$  группах.

**b)** Напишите структурные формулы продуктов реакции нитрования бензола.

**d)** Определите структурную формулу соединения **A**.

Соединение **E** можно синтезировать **B** в соответствии с приведённой ниже схеме реакции::



**e)** Определите структурные формулы соединений **B**, **C**, **D** и **E**. Известно, что молярная масса соединения **C** в три раза больше молярной массы соединения **B**.

**f)** Почему синтез соединения **D** проводится в таких мягких условиях?  
**(15)**

**4.** Жёсткость воды обычно связана с катионами  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , в меньшей степени также с другими ионами металлов и с высоким содержанием карбонат-ионов. Для определения общей жёсткости воды (выражаемой в мг  $\text{CaCO}_3$  в литре воды) протитровали 50,00 см<sup>3</sup> воды 0,00312 М раствором ЭДТА. Этилендиаминтетраацетат реагирует со всеми катионами металлов в стехиометрическом соотношении 1:1, для титрования потребовалось 52,6 см<sup>3</sup> раствора ЭДТА.

**a)** Рассчитайте общую жёсткость воды.

**b)** Масса остатка, полученного из 100 мл той же самой воды, была равна 32,45 мг. Предположив, что в воде содержатся только карбонаты, рассчитайте содержание катионов ионов кальция и магния в данной воде (ммоль/дм<sup>3</sup>).

**c)** Определённое ионоселективным электродом содержание ионов кальция в воде было равно 94,4 мг/дм<sup>3</sup>. Объясните, почему найденная в пункте **b)** концентрация не совпадает с показанием кальций-селективного электрода. **(7)**

**5.** Во избежание замерзания некоторые насекомые могут увеличивать содержание глицерина в крови (гемолимфе) до 15,0% ( $\rho = 1,05 \text{ г/см}^3$ ).

**a)** Оцените температуру замерзания гемолимфы ( $-\Delta T$ ), учитывая, что гемолимфа обладает теми же свойствами, что и водный раствор глицерина.

**b)** Оцените осмотическое давление гемолимфы ( $\pi$ ) и рассчитайте максимальную концентрацию глицерина ( $c$ ), которая соответствует наивысшему для функционирования клеток осмотическому давлению ( $\pi_{\text{max}} = 60 \text{ МПа}$ ,  $t = 25^\circ\text{C}$ ). **(6)**

$\Delta T = K_f \cdot m$ , где  $K_f = 1,86 \text{ К}\cdot\text{кг моль}^{-1}$  и  $m$  – это моляльность (моль вещества/кг растворителя);  $\pi = cRT$ , где  $R = 0,0821 \text{ л атм К}^{-1} \text{ моль}^{-1}$  и  $T$  – это температура в кельвинах (K).

6. В природном виде ртуть содержится в составе минерала киноварь, которая содержит как сульфид ртути(II), так и сульфид железа(II). Для выделения ртути из кинавари её нагревают с оксидом кальция до 600–700 °С. При нагревании 10,000 г кинавари с 3,000 г оксида кальция отдистиллировали 7,652 г ртути и восстановитель полностью окислили. При длительной экстракции остатка реакции и последующей фильтрации выделили 1,1235 г чёрного порошкообразного твёрдого вещества **A**. Фильтрат насытили при кипячении с диоксидом углерода, в результате чего выпал осадок. К осадку добавили в избытке хлороводородную кислоту. В конце реакции остался осадок, после нагревания которого до 400 °С осталось 1,2985 г вещества **B**.
- a) Определите расчётами соединения **A** и **B** и приведите их названия.
  - b) Напишите уравнения описанных реакций.
  - c) Какая масса CaO требуется для реакции с данным минералом?
  - d) Напишите уравнения реакций, которые произошли бы, если бы первоначальную реакционную смесь нагревали с оксидом кальция в присутствии кислорода.
  - e) Сколько массовых процентов FeS и HgS было в минерале? **(14)**