

## Задачи III тура олимпиады по химии 2002/2003 г.г.

### 11 класс

1. При нагревании эстонского сланца кукерсита без доступа воздуха отгоняется сланцевое масло, содержащее более 1000 соединений со средней молекулярной массой 240. В полученном масле примерно 6,9% кислорода, 82% углерода и 11% водорода. При конденсации полученных при сухой перегонке газов сжижаются и водные пары, в которых растворяются некоторые полярные вещества, например, двуатомные фенолы – резорцины, в которых гидроксильные группы находятся в мета-положении.

a) Рассчитать простейшую формулу молекулы сланцевого масла. При расчетах исходить из того, что процентное содержание элементов – точное. (2)

b) Округлить числа атомов в формуле сланцевого масла до целых и записать в соответствии с числом атомов углерода брутто-формулу насыщенного соединения в виде i) кетона и ii) спирта. (2)

c) Написать графические структурные формулы растворенных в воде i) 5-метилрезорцина, ii) 5-этилрезорцина и iii) 2,5-диметилрезорцина. (3)

d) Написать графические структурные формулы содержащихся в сланцевом масле i) декана, ii) 2-деканона, iii) пентилциклогексана, iv) 1,7-октадиена, v) 3-метилфенола и vi) гептандиовой кислоты. (6) **13 б**

2. Кислоты **A**, **B**, **C** и **D** содержат, кроме водорода, еще два неметалла **X** и **Y**. При дегидратации этих кислот образуются газы **E**, **F** или пятиатомная жидкость **G**, содержащая 47,0% элемента **Y**. Соединения **E**, **F** и **G** имеют одинаковый качественный состав. Кислота **A** существует только в очень разбавленном растворе, при концентрировании которого из кислоты **A** выделяется вода. Дегидратация кислот **B** и **C** происходит при нагревании с  $H_2SO_4$ . При нагревании с  $P_4O_{10}$  из 1 молекулы кислоты **D** отщепляется 2 молекулы воды и образуется вещество **G**. Для нейтрализации 2080 мг кислоты **D** расходуется ровно 0,04 моль  $NaOH$ . У соединения **E** обычно нет кислотных свойств, но при высокой температуре оно реагирует с  $NaOH$ , образуя соль **I** кислоты **B**. Из двух молекул соли **I** при нагревании до  $400^\circ C$  образуется натриевая соль кислоты **C** и выделяется водород. Молекула вещества **G**, реагируя с 2 молекулами метанола, образует метиловый эфир кислоты **D**.

a) Определить элементы **X** и **Y**, а также вещества **E** и **F** (формулы и названия). (1)

b) Рассчитать брутто-формулу вещества **G** и дать его структурную формулу. (2)

c) Из данных титрования определить молярную массу кислоты **D** и доказать структурную формулу кислоты **D**. (2)

d) Написать структурные формулы веществ **A**, **B** и **C**; для них и для кислоты **D** написать уравнения дегидратации. (4)

e) Написать уравнения реакций: i)  $E + NaOH \rightarrow I$ ; ii)  $I \rightarrow H_2$ ; iii)  $G + CH_3OH \rightarrow$ . (3) **12 б**

3. На северо-востоке Эстонии имеются большие залежи минерала **A**. При нагревании данного минерала с песком и углем в электропечи получают вещество **B**. При длительном нагревании вещества **B** образуется красное вещество **C**. Твердое вещество **B** на воздухе светится зеленым светом и может воспламениться. Петя, который много слышал о химии, но еще не изучал ее, объяснил друзьям, что причиной свечения вещества **B** являются особые 3p орбитали. В подтверждение он привел пять примеров.

1) Вещество **B** не светится под водой, т.к. вода растворяет эти особые 3p орбитали.

2) Если часть данного водного раствора прибавить к равной части 2M раствора соляной кислоты, то pH данного раствора становится равной нулю.

3) Если к веществу **B** прибавить водный раствор щелочи, то одна молекула вещества **B** реагирует с тремя молекулами  $NaOH$  и с тремя молекулами воды, в результате чего образуются три молекулы вещества **D** и одна молекула газа **F**. Газ **F** возгорается на воздухе из-за того, что к его молекулам прилипли 3p орбитали.

4) Соединение **F** растворяется в воде, но pH раствора практически не меняется. Однако

pH раствора хлорной кислоты уменьшается, если через него пропустить газ F (из-за взаимодействия между собой 3p орбиталей).

5) Подобно 2p орбиталям азота, свободные 3p орбитали, которые выделили из минерала A серной кислотой, тоже способствуют росту растений.

**Примечание:** Если кто-то еще не понял ошибки Пети, то орбитали нельзя отделить от вещества, т.к. это пространство, где с определенной вероятностью находится электрон.

a) Написать i) уравнение реакции получения вещества B и ii) формулы и названия веществ A, B, C и F. (2)

b) Для примеров 1–5 написать соответствующие уравнения реакций или дать пояснение. (5) 7 6

4. Ученикам дали экспериментальную работу. Из медного купороса ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) и воды нужно приготовить раствор  $\text{CuSO}_4$ . К полученному раствору надо осторожно прибавить 1,22 М раствор  $\text{NaHCO}_3$ . Затем, помешивая образовавшуюся суспензию, нагревать ее при  $80^\circ\text{C}$  до прекращения выделения пузырьков газа. После этого сосуд со смесью охлаждают сначала на воздухе, а затем в наполненном водой кристаллизаторе. Полученный сине-зеленый осадок A отделяют фильтрованием, промывают, сушат и взвешивают. При нагревании вещества A выделяется газ B, который пропускают через известковый раствор, где сначала образуется осадок, растворяющийся при избытке газа B. При прокаливании в пробирке остается черное вещество C. При высокой температуре  $\text{NH}_3$  восстанавливает вещество C до меди. При нагревании вещества A выделяется также и вода.

a) Написать формулы и названия веществ A, B и C. (1,5)

b) Написать уравнения реакций: i)  $\text{CuSO}_4 + \text{NaHCO}_3 \rightarrow$ ; ii)  $\text{A} \xrightarrow{0_t 0_t}$ ; iii)  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{B} \rightarrow$ ; iv)  $\text{B}(\text{избыток}) \rightarrow$ ; v)  $\text{C} + \text{NH}_3$ . (2,5)

c) Рассчитать, i) сколько граммов медного купороса и ii) сколько кубических сантиметров воды нужно взять для приготовления 27,8 г 13,0% раствора  $\text{CuSO}_4$ . (2)

d) Рассчитать, сколько  $\text{cm}^3$  1,22 М раствора  $\text{NaHCO}_3$  расходуется на синтез. (1)

e) Рассчитать процент выхода, если получили 2,4 г вещества A. (1) 8 6

5. Из 2500 мг сплава получили ровно 250 мл раствора, содержащего ионы  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Cr}^{3+}$ . В 1/25 части полученного раствора сначала выделили медь и серебро, затем ионы  $\text{Cr}^{3+}$  окислили в щелочной среде перекисью водорода до ионов  $\text{CrO}_4^{2-}$ . К полученному раствору прибавили 24,00 мл 0,1500 М подкисленного раствора  $\text{Fe}^{2+}$ ; при обратном титровании израсходовалось 31,00 мл 0,0195 М раствора  $\text{KMnO}_4$  ( $5\text{Fe}^{2+} \Leftrightarrow 1\text{KMnO}_4$ ). Для осаждения металлов электролизом из 50,00 мл исходного раствора током 2,36 А нужно 9 мин 35 сек.

a) Написать уравнения реакций между ионами: i)  $\text{Cr}^{3+} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{OH}^- \rightarrow$ ; ii)  $\text{CrO}_4^{2-} + \text{Fe}^{2+} + \text{H}^+ \rightarrow$ ; iii)  $\text{MnO}_4^- + \text{Fe}^{2+} + \text{H}^+ \rightarrow$ . (3)

b) Из данных титрования рассчитать массу хрома, содержащуюся в сплаве. (2)

c) По массе хрома и по количеству электричества, затраченному на электролиз, рассчитать массу Ag и массу Cu в сплаве ( $F = 96485 \text{ А} \cdot \text{с/моль}$ ). (5) 10 6

6. При сливании растворов получили три следующих раствора:

A:  $100 \text{ cm}^3$  0,05 М  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$  (бензойная кислота) +  $30 \text{ cm}^3$  0,08 М  $\text{NaOH}$ ;

B:  $0,2 \text{ dm}^3$  0,4 М  $\text{HCl}$  +  $0,2 \text{ dm}^3$  0,5 М  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ; C:  $10 \text{ cm}^3$  0,4 М  $\text{HCl}$  +  $12 \text{ cm}^3$  0,4 М  $\text{NaOH}$   
 $K_{\text{кисл}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = 6,5 \cdot 10^{-5} \text{ моль/дм}^3$ ;  $K_{\text{осн}}(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 1,79 \cdot 10^{-5} \text{ моль/дм}^3$ ;  $K_v = 10^{-14} \text{ моль}^2/\text{дм}^6$  (обычно для константы равновесия единиц не пишут). Точность исходных данных дает возможность найти значение pH с точностью до 0,1.

a) Исходя из константы диссоциации кислоты, вывести формулу для расчета равновесной концентрации ионов водорода  $[\text{H}^+]$ , содержащихся в растворе, приготовленном из слабой кислоты и ее соли. (2,5)

b) Для растворов A, B и C: i) написать уравнения реакций, протекающих в растворах; ii) рассчитать для всех веществ (кроме  $\text{H}_2\text{O}$ ) начальные и конечные количества веществ; iii) по конечным количествам веществ рассчитать pH растворов. (7,5) 10 6