

## Открытые соревнования по химии

### Старшая группа (11 и 12 кл.)

Таллинн, Тарту, Курессааре, Нарва, Кохтла-Ярве; 13 ноября 2004 г.

1. У ассирийского правителя Ашурбанипала была библиотека примерно с 30000 произведениями, где вместо бумаги применялись глиняные дощечки. Для определения кремния в исторических раритетах провели серию опытов: глину растворили в гидроксиде калия, в результате чего образовалась метасоль **B** и 10-атомное соединение **C**. При обработке смеси соляной кислотой выпал осадок 4-протонной кислоты **D** и образовалась двухатомная растворимая соль **E** и четырехатомная растворимая соль **Q**. Отделили осадок, на который подействовали фтористоводородной кислотой. Образовалось соединение **G**, и выделилась вода. В уравнении реакции количества веществ **D**, HF и H<sub>2</sub>O относятся как 1 : 6 : 4. При реакции двух молей KOH с веществом **G** образуются соединение **H** и вода. При гидролизе соединения **H** образуются KF, HF и осадок **D**, при этом количество HF определяют титрованием и по результатам находят содержание кремния. Допустим, что глина состоит только из алюминия, кремния, водорода и кислорода, причем известно, что алюминия 20,90% и кислорода 55,78%.

a) Написать уравнения реакций: i)  $B + C \rightarrow D + E + Q$ , ii)  $D \rightarrow G$ , iii)  $G \rightarrow H$ ,  
iv)  $H + H_2O \rightarrow \dots$  (4)

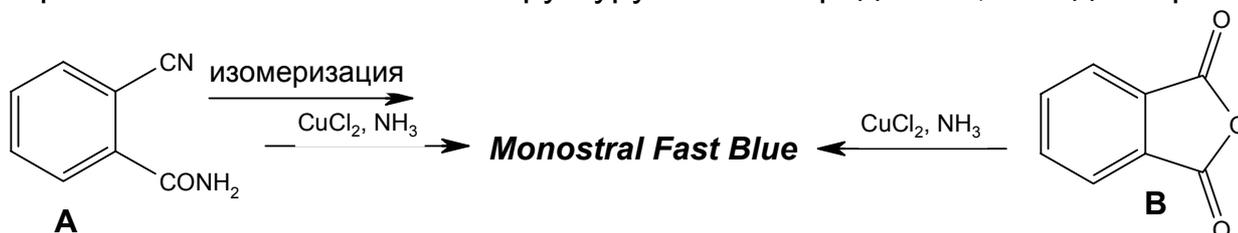
b) Рассчитать, сколько процентов кремния содержит глиняная дощечка, если при анализе 3,000 г глины выяснили, что в результате реакции iv) образовалось 0,09296 моль HF. (2)

c) Рассчитать брутто-формулу глины и записать ее в виде трех оксидов. (4)

d) Написать уравнение реакции глины с KOH. (1) **116**

2. В 1928 г. в Англии на одном химическом заводе обнаружили, что при проведении реакции взаимодействия фталевого ангидрида и аммиака в медной аппаратуре продукт реакции фталимид загрязняется побочным продуктом синего цвета. Позже установили, что этот побочный продукт содержит 66,7% углерода, 19,5% азота и 11,0% меди. Им оказался первый представитель фталоцианиновых красителей – фталоцианин меди (*Monostral Fast Blue*). Его используют как краситель в синих пастах для ручек.

У этого вещества крестообразное строение, где медь координационно связана с четырьмя атомами азота и его структуру можно определить, исходя из реакций:



a) Написать схему синтеза фталевого ангидрида **B**, исходя из 1,2-диметилбензена. (3)

b) Вывести брутто-формулу фталоцианина меди и написать его структурную формулу. (5)

c) Привести систематические названия соединений **A** и **B**. (2) **106**

3. В реакции металла **A**, имеющего интенсивную окраску и плотность 19,3 г/см<sup>3</sup>, с царской водкой образуются вода, двухатомный газ **B** и 6-атомная комплексная кислота **C**. При восстановлении кислоты **C** диоксидом серы образуется 4-атомная

комплексная кислота **D** и смесь двух минеральных кислот. Нейтрализуя кислоту **C** избытком KOH, получают соединение **E**, разлагающееся с образованием темно-красного оксида **F**. При действии избытка KOH на кислоту **D** получают соединение **G**, которое разлагается с образованием желтого оксида **H**. При образовании оксидов **F** и **H** образуется вода.

При пропускании аммиака через комплексную кислоту **C** осаждается комплексное молекулярное соединение **I**, разлагающееся при нагревании на комплекс **J** и простое вещество **K** ( $2,86 \text{ кг/м}^3$ ;  $25^\circ\text{C}$  и 1 бар). Аммиак реагирует с комплексом **J** в соотношении 1 : 1, образуя комплексную соль **L**.

При пропускании  $\text{tert-BuC}\equiv\text{CH}$  (3,3-диметилбутин) через раствор комплексного соединения **J** образуется металлоорганическое соединение **M**. В реакции азотной кислоты с соединением **M** образуется соль  $\text{tert-BuC}\equiv\text{CH}$ , бинарный двухатомный газ **O** и 13-атомная соль **N**.

- a) Рассчитать молярную массу простого вещества **K** и идентифицировать это простое вещество. (2,5)
- b) Написать формулы веществ **A** – **O**. (4)
- c) Написать уравнения реакций: i)  $\text{A} \rightarrow \text{B} + \text{C}$ , ii)  $\text{C} \rightarrow \text{D}$ , iii)  $\text{C} \rightarrow \text{E}$ , iv)  $\text{E} \rightarrow \text{F}$ , v)  $\text{D} \rightarrow \text{G}$ , vi)  $\text{G} \rightarrow \text{H}$ , vii)  $\text{C} \rightarrow \text{I}$ , viii)  $\text{I} \rightarrow \text{J} + \text{K}$ , ix)  $\text{J} \rightarrow \text{L}$ , x)  $\text{J} \rightarrow \text{M}$ , xi)  $\text{M} \rightarrow \text{N} + \text{D}$ . (5,5) 126

4. 1-кроновая монета 1995 года чеканки состоит из меди и цинка. Определение ее точного состава не представляет сложности, если в распоряжении есть индикатор ксиленовый оранжевый и титрант комплексон III (ЭДТА), который реагирует как с ионами  $\text{Cu}^{2+}$ , так и  $\text{Zn}^{2+}$  в соотношении 1 : 1.

Кусочек монеты массой 125,0 мг растворяют в концентрированной азотной кислоте. Полученный раствор количественно переносят в мерную колбу и объем раствора дистиллированной водой доводят до 100,00 миллилитров (раствор **A**). На титрование 10,00 мл раствора **A** в присутствии буферного раствора и индикатора расходуется 9,69 мл 0,02015 М раствора ЭДТА. Для второго титрования к 25,00 мл раствора **A** прибавили в избытке раствор  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Тиосульфат маскирует (образует комплексное соединение) один из ионов, который можно восстановить до иона в низшей степени окисления. Для титрования данного раствора расходуется 5,93 мл раствора ЭДТА.

- a) Написать уравнения реакций растворения сплава. (Предположите, что  $\text{HNO}_3$  реагирует с обоими металлами одинаково). (1,5)
- b) Рассчитать количества  $\text{Zn}$  и  $\text{Cu}$  (в миллимолях) в анализируемом кусочке сплава. (3,5)
- c) Рассчитать процентное содержание  $\text{Zn}$  и  $\text{Cu}$  в монете. (2) 7 б

5. Аппаратура космических кораблей работает в основном на солнечной энергии, но помимо этого используется и альтернативный источник энергии - РИТ (радионуклидный источник энергии). РИТ генерирует энергию при радиоактивном распаде  $^{238}\text{Pu}$  (период полураспада  $\tau=87,2$  года). РИТ весьма компактен, таблетка массой 40 г содержит 2,7 грамма  $\text{PuO}_2$ .

- a) Рассчитать скорость распада ровно 1 грамма  $^{238}\text{Pu}$  (число распадающихся атомов в секунду). (3)
- b) Рассчитать количество энергии, получаемой (энергия со знаком плюс) при разложении ровно 1 г  $^{238}\text{Pu}$  ровно в одну секунду, если при распаде одного атома получают  $8,8 \cdot 10^{-13}$  Дж. (2)
- c) Чему равна средняя молярная масса  $\text{Pu}$ , используемого в РИТ, если содержание

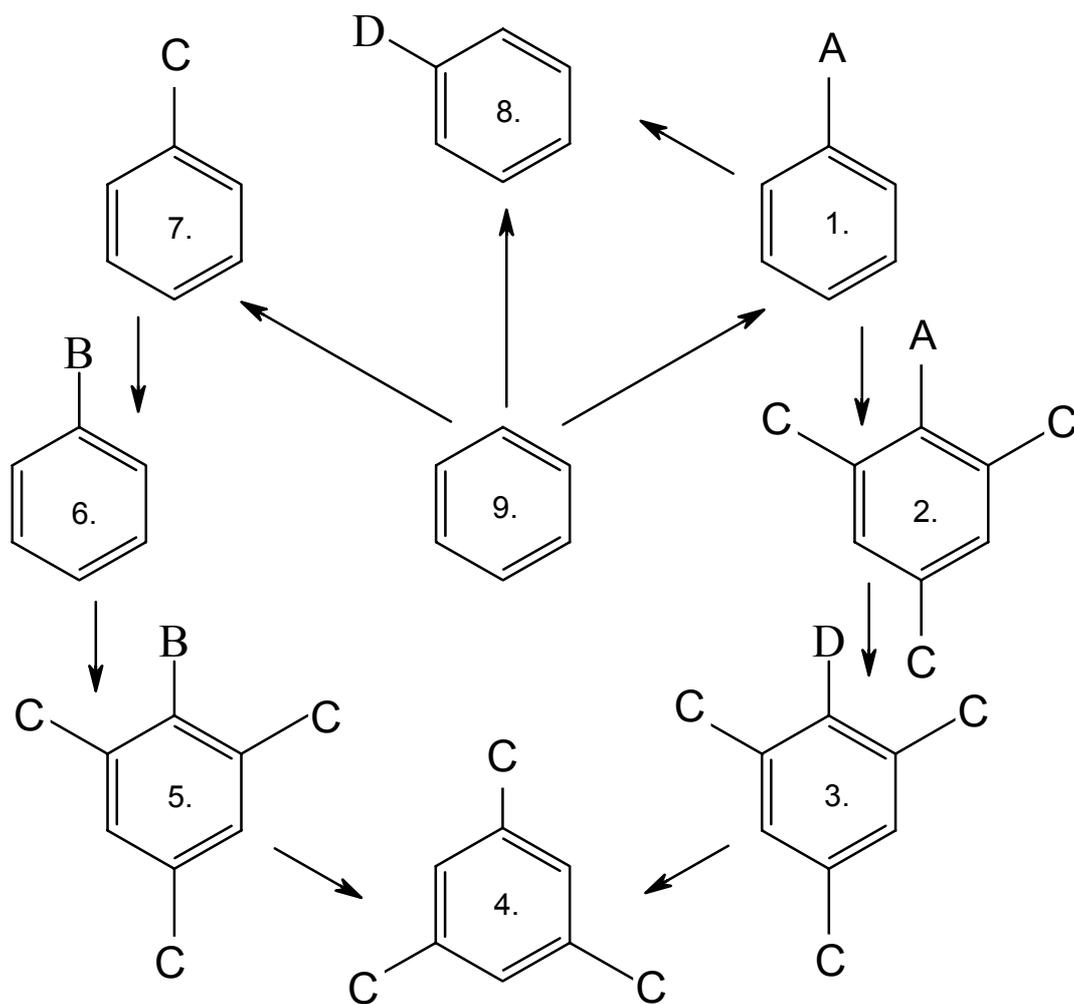
$^{238}\text{Pu}$  равно 71% и  $^{244}\text{Pu}$  – 29%. (1)

d) Рассчитать количество энергии, выделяемой таблеткой РИТ в течение ровно 10 лет (в кВт·час), если разлагается только  $^{238}\text{Pu}$ .

$kt = \ln c_0/c_t$ ;  $k = \ln 2/\tau$ ;  $c_0/c_t = e^{k \cdot t}$ ;  $v = k \cdot c$ ; 1 год = 365 дней (3) 9 б

6. На схеме приведены вещества, образующиеся при электрофильном замещении. Для проведения этих реакций можно использовать следующие реагенты (условия): **i)** 1)  $\text{NaNO}_2, \text{H}^+$ , 2)  $\text{H}_3\text{PO}_2$ ; **ii)**  $^0\text{t}$ ; **iii)**  $\text{CH}_3\text{COCl}/\text{FeCl}_3$ ; **iv)**  $\text{KMnO}_4, \text{H}^+$ ; **v)**  $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$ ; **vi)** 1)  $\text{NaOH}, \text{CO}_2/\text{давление}$ ; 2)  $\text{H}^+$ ; **vii)**  $\text{CH}_3\text{Br}, \text{AlBr}_3$ ; **viii)**  $\text{Zn}, \text{HCl}$ ; **ix)**  $\text{Br}_2, h\nu$ ; **x)**  $\text{H}_2$

Некоторые условия проведения могут повторяться, некоторые могут не использоваться.



a) Определить заместители **A – D** и написать условия проведения соответствующих реакций (**i–x**).

(6,5)

b) Напишите систематические названия пронумерованных веществ.

(4,5)

116