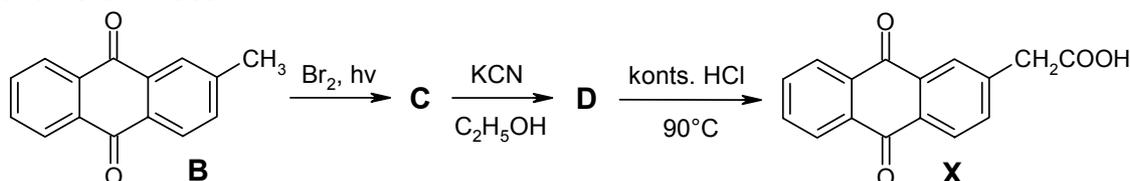
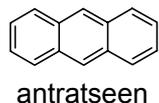


## Открытые соревнования по химии

### Старшая группа (11 и 12 кл.)

Таллинн, Тарту, Курессааре, Нарва, Кохтла-Ярве; 16 ноября 2002 г.

1. При окислении антрацена получают вещество **A**, гомологом которого является соединение **B**. Соединение **B** используется для получения кислоты **X** по схеме синтеза:



- a) Определить структурные формулы соединений **A**, **C** и **D**. (4)

При гидролизе соединения **D** образуется малополярное и в данных условиях не образующее соль промежуточное соединение (амид) **E**, некоторое количество которого присутствует в конечном растворе. Вещество **E** содержит 5,28% азота (для расчетов взять целочисленные значения атомных масс).

- b) Определить молярную массу, брутто-формулу и структурную формулу соединения **E**. (3)

Известно, что полярные вещества лучше растворяются в полярных растворителях (напр. в воде) и неполярные - в неполярных. Студент, который синтезировал кислоту **X**, прибавил водный раствор NaOH к реакционной смеси для нейтрализации HCl (до значений pH ~ 8-9), затем экстрагировал жидкую реакционную смесь дихлорметаном. После выпаривания дихлорметана в колбе осталась примесь **E** и вещества **X** там не было.

- c) Объясните, какую ошибку сделал студент. (2)

- d) Каким способом можно получить вещество **X** без примеси **E**. (2) **11 б**

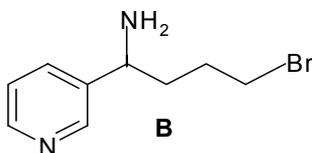
2. Вещество **A** используют как зеленый пигмент, так и для полировки стекла и металла. При нагревании вещества **A** с веществом **B** (используется как полупроводник) получают очень твердый металл **C** и кислотный оксид **D**, не реагирующий с водой, но при сплавлении с NaOH дающий растворимые в воде метасоединение **E** и ортосоединение **F**. При реакции металла **C** с разбавл. серной кислотой выделяется водород и получают соль **G**. При прибавлении щелочи к раствору соли **G** получают желтоватый осадок **H**. Через несколько минут на воздухе вещество **H** становится сине-серым веществом **I**, растворяющимся в избытке KOH. При окислении полученного раствора с помощью H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> получают водный раствор вещества **J** желтого цвета, при подкислении которого образуется водный раствор вещества **K** оранжевого цвета. Вещества **J** и **K** - соли кислоты, полученной из оксида **L** (VI), содержащего металл **C**. При сплавлении вещества **I** с бурой (Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>) получают два метасоединения, одно из которых - вещество **M** изумрудного цвета.

- a) Напишите формулы и названия **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F**, **G**, **H**, **I**, **J**, **K**, **L**, **M**. (6,5)

- b) Напишите уравнения реакций i)  $A + B \xrightarrow{t}$ ; ii)  $J + \text{серная кислота} \rightarrow$ ;

- iii)  $L + \text{гидроксид калия} \rightarrow$ ; iv)  $I + \text{бура} \xrightarrow{t}$ . (4,5) **11 б**

3. В табаке 75% от всех содержащихся алкалоидов составляет никотин (162 г/моль). Никотин можно синтезировать, исходя из вещества **A** (104 г/моль, содержит 69,21% углерода и 26,9% азота), являющимся производным пиридина. Пиридин - это шестичленный гетероцикл. Промежуточным продуктом при синтезе является соединение **B**. При отделении HBr от соединения **B** образуется соединение **C** с двумя гетероциклами, при реакции которого с метилиодидом в щелочной среде выделяется иодистый водород и получают никотин. При полном сгорании 0,729 г никотина образовавшиеся газы пропустили через раствор гидроксида бария, получив 8,86 г белого осадка. Объем непоглотившегося газа после высушивания был 108 см<sup>3</sup> (24,0 дм<sup>3</sup>/моль), плотность 1,167 г/дм<sup>3</sup>.



- a) Из исходных данных рассчитайте брутто-формулы i) соединения **A** и ii) никотина. (4)

- b) Напишите структурные формулы соединений **A**, **C** и никотина. (3)

- c) Напишите R- и S- изомеры соединения **B**. (3) **10 б**

4. При восстановлении водного раствора соединения **A** двуокисью серы получают сначала раствор комплексной кислоты **B** (координационное число центрального атома равно двум), при разбавлении которого осаждается вещество **C**. Вещество **C** белого цвета, но на воздухе становится синим. Вещество **C** растворяется в растворе аммиака, образуя комплексное соединение **D**, в котором координационное число центрального атома равно двум. При сжигании вещества **D** в атмосфере кислорода образуется хлористый водород, вода, одно простое вещество и черное вещество **E**, в котором 20,1% кислорода. При пропускании через раствор **D** газа **F** (гомолог этина, содержащий 90% углерода) образуется осадок **G**. При прибавлении к осадку **G** серной кислоты образуется газ **F** и нестойкая соль **H**, которая разлагается на металл **I** и его соль **J**. Обезвоженная соль **J** имеет белый цвет, в виде кристаллогидрата - синий. При нагревании соли **J** получают оксид **E**. При растворении вещества **E** в соляной кислоте получают соединение **A**. При реакции осадка **G** с азотной кислотой получают синий нитрат **K** и смесь газов **F** и  $\text{NO}$  в соотношении 3 : 1 (плотность смеси газов 1,674 г/дм<sup>3</sup>).

a) Для газа **F** рассчитайте i) молярную массу; ii) число атомов углерода в молекуле. (2)

b) Идентифицировать вещества **A** – **K**. (5,5)

c) Напишите уравнения реакций i)  $\text{A} \rightarrow \text{B}$ ; ii)  $\text{C} \rightarrow \text{D}$ ; iii)  $\text{D} + \text{O}_2 \rightarrow$ ; iv)  $\text{D} + \text{F} \rightarrow$ ;

v)  $\text{G} + \text{H}_2\text{SO}_4$ ; vi)  $\text{J} \xrightarrow{\text{t}}$ ; vii)  $\text{E} + \text{HCl} \rightarrow$ ; viii)  $\text{G} + \text{HNO}_3 \rightarrow$ . (4,5) 12 б

5. Метеоритное происхождение кратера Каали было доказано в 1937 г., когда нашли первые осколки метеорита, содержащие железо.

Для определения содержания железа кусочек метеорита (2,09276 г) растворяют в азотной кислоте. Для отделения кислоты смесь упаривают до кашеподобной массы, прибавляют концентрированную серную кислоту и продолжают нагревание до полного испарения кислоты. Получаемую массу растворяют в дистиллированной воде. К раствору прибавляют кусочки цинка и разбавленную серную кислоту, чтобы восстановить образовавшиеся ионы железа(III). Раствор переносят количественно в 250 мл объемную колбу и прибавляют дистиллированной воды до метки. Дальше титруют раствор перманганатометрически. Для титрования 10,0 см<sup>3</sup> раствора расходуется 17,75 см<sup>3</sup> титранта.

Используемый раствор перманганата калия предварительно стандартизирован титрованием его раствором, который приготовлен растворением 1,0860 г щавелевой кислоты ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , 126,05 г/моль) в воде с последующим доведением объема раствора до 100,0 см<sup>3</sup>. Для титрования 10,00 см<sup>3</sup> раствора щавелевой кислоты в присутствии серной кислоты расходуется 22,25 см<sup>3</sup> раствора перманганата калия.

a) Напишите уравнения реакций: i)  $\text{Fe} + \text{HNO}_3 \rightarrow$  образуется  $\text{NO}_2$ , ii)  $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ ,

iii)  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CO}_2$ ; iv) ионное уравнение  $\text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_4^- + \text{H}^+ \rightarrow$ . (4)

b) Рассчитайте молярные концентрации: i)  $c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$  и ii)  $c(\text{KMnO}_4)$ . (2)

c) Рассчитайте процентное содержание железа (55,847 г/моль) в метеоритном осколке. (2)

8 б

6. Элемент Даниеля-Якоби состоит из двух растворов, соединенных заполненным электролитом мостиком. Первый раствор - 0,5 М раствор  $\text{CuSO}_4$ , в который погружена медная пластинка и второй - 0,1 М раствор  $\text{ZnSO}_4$  с цинковой пластинкой. Стандартные потенциалы  $E_0$  медного и цинкового электродов соответственно равны 0,337 В и -0,736 В.

a) Составить схему данного элемента. (1)

b) Какой полюс (знак заряда) имеют катод и анод i) при работе элемента, ii) при зарядке элемента? На катоде происходит восстановление, на аноде окисление. Написать соответствующие уравнения с переходом электронов. (2)

c) Для данных концентраций рассчитать при 25 °С i) потенциалы обоих электродов

$\left( E = E_0 + \frac{0,059 \text{ В}}{z} \log \frac{[\text{oks}]}{[\text{red}]} \right)$  и ii) ЭДС элемента. (В формуле  $z$  означает число электронов) (3)

d) Как можно i) увеличить; ii) уменьшить ЭДС элемента с данными электродами? (2) 8 б