

**Задачи III тура олимпиады по химии 2004/2005 г.г.**  
**11 класс**

1. Дворнику нужно определить, сколько поваренной соли нужно взять, чтобы растопить весь лед ( $0,92 \text{ г/см}^3$ ) на тротуаре перед домом. Длина тротуара 55 м и ширина 1,5 м. Средняя толщина слоя льда равна 5,0 см. Температура равна  $-3,0^\circ\text{C}$ .  $\Delta T = K_{\text{кр}} \cdot m$ , где  $K_{\text{кр}} = 1,86 \text{ К}\cdot\text{кг/моль}$  и обозначает криоскопическую постоянную воды;  $m$  - моляльная концентрация частиц (в данном случае ионов); моль(ионов)/кг(растворителя).

**a)** Рассчитайте, сколько кг поваренной соли нужно для очистки тротуара. (4)

**b)** Рассчитайте, до какой температуры можно понизить температуру плавления льда с помощью NaCl, если при этих условиях растворимость NaCl равна 30,0 г. (2)

*Внимание!* В ответах **a)** и **b)** должно быть правильное число значащих цифр. **6 б**

2. Вещества **A**, **B**, **C** и **D** - бинарные соединения азота с элементами одной и той же группы периодической системы. Соединение **A** - летучая бледно-желтая маслянистая жидкость, которую впервые синтезировал в 1811 г. Дюлонг, пропуская  $\text{Cl}_2$  через подкисленный раствор  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Вещество **A** очень нестабильно и разлагается при малейшем ударе. Незнание этого факта стоило Дюлонгу трех пальцев и глаза. При дезинфекции воды в бассейнах хлором может образоваться (в неопасных количествах) соединение **A**. Карбамид  $[(\text{NH}_2)_2\text{CO}]$ , содержащийся в моче и поте, реагирует с хлорной водой, образуя соединение **A**, газ **E** и сильную бинарную минеральную кислоту **F**. Кислота **F** образовалась и в опыте Дюлонга. Вещество **A** можно синтезировать и электролизом водного раствора  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , где побочные продукты - водород и газ **G**. Под действием газа **G** фильтровальная бумага, пропитанная фенолфталеином, окрашивается в красный цвет. Соединение **B** синтезировали только в 1975 г. из соединений  $(\text{Me}_3\text{Si})_2\text{NBr}$  и  $\text{ClBr}$  при температуре  $-78^\circ\text{C}$ . Вторым продуктом данной реакции - хлорид триметилсилана. При реакции кристаллического иода с гидратом аммиака образуются иодид аммония, вода и комплекс соединения **C**, в молекуле которого (446 г/моль) лигандами являются молекулы аммиака. В чистом виде соединение **C** можно получить в реакции нитрида бора с соединением  $\text{IF}$ , где образуется также и фторид бора. Соединения **B** и **C** при ударе разлагаются экзотермически на простые вещества. Относительно устойчивое соединение **D** можно получить из фтора и аммиака над  $\text{Cu}$ -катализатором. В реакции образуется и фторид водорода.

**a)** Напишите формулы и названия соединений **i) A–G**, **ii)** формулу хлорида триметилсилана. **iii)** Рассчитайте формулу комплексной молекулы **C**. (4)

**b)** Напишите уравнения реакций: **i)**  $\rightarrow \text{A}$ , **ii)**  $(\text{NH}_2)_2\text{CO} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ; **iii)**  $\text{NH}_4\text{Cl}$

$\xrightarrow{\text{электролиз}} \text{A}$ , **iv)**  $\rightarrow \text{B}$ , **v)**  $\text{I}_2 \rightarrow$  комплекс **C**, **vi)**  $\text{IF} \rightarrow \text{C}$ , **vii)**  $\text{C} \xrightarrow{\text{детонация}}$ , **viii)**  $\rightarrow \text{D}$  (8) **12б**

3. Под действием  $\text{NaCN}$  на 2-бромбутан образуется соединение **A** и соль **B**. Восстанавливая соединение **A** избытком водорода на поверхности  $\text{Ni}$  можно получить соединение **C**, которое является представителем хорошо изученного класса органических веществ **X**. При частичном кислотном гидролизе соединения **A** образуются кристаллы соединения **D**, которое может быть восстановлено с помощью  $\text{LiAlH}_4$  в присутствии воды до соединения **C**. Одним из лабораторных способов получения соединения **D** является реакция 2-метилбутаноилхлорида с аммиаком.

При действии смеси азотной и серной кислот на бензол образуется монопроизводное **E**. Восстановлением этого производного смесью  $\text{Sn}$  и  $\text{HCl}$  получают соединение **F**, которое также относится к классу веществ **X**.

**a)** Как называют класс органических веществ **X**, к которому относятся **C** и **F**? (0,5)

b) Напишите графические формулы и названия веществ **A, B, C, D, E** и **F**. (5,5)

c) Напишите уравнения реакций: **i)** 2-бромбутан + NaCN → ,  
**ii)** 2-метилбутаноилхлорид + NH<sub>3</sub> → , **iii)** бензол → E. (3) **9 6**

4. Al - наиболее распространенный в земной коре металл. Его получают из минерала боксита, состав которого дается формулой: AlO<sub>x</sub>(OH)<sub>3-2x</sub>, где 0 < x < 1. Чистый Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> получают из боксита (содержит примесь SiO<sub>2</sub> и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), используя его амфотерность Al. Металлический Al получают электролизом расплавленного электролита (940 °C) на графитовых электродах. В расплаве Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>, CaF<sub>2</sub> и AlF<sub>3</sub> растворяют Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, который диссоциирует по уравнению Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ⇌ Al<sup>3+</sup> + AlO<sub>3</sub><sup>3-</sup>. В ходе электролиза анод сгорает в выделяющемся кислороде. Из аниона образуется Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, который опять диссоциирует на соответствующие ионы .

a) Напишите уравнения реакций: **i)** Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+NaOH → комплексное соединение;  
**ii)** комплексное соединение → гидроксид; **iii)** гидроксид → Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (3)

b) Напишите уравнения реакций **i)** катодного, **ii)** анодного и **iii)** суммарного электролизного процессов. (3)

c) Рассчитайте ток в электролизере, если ровно за неделю получили 800 кг Al и потери то току равны 5,0%. (2)

d) Рассчитайте стоимость электроэнергии, которая затрачена на производство ровно одной тонны Al, если напряжение в электролизере равно 6,00 В и стоимость 1 кВт·час - ровно 1 крона. (3) **11 6**

5. Для исследования растворимости KClO<sub>4</sub> провели два опыта.

I В 50,0 мл дистиллированной воды растворяли при 4 °C 1,30 г KClO<sub>4</sub>, из которых 0,59 г не растворилось. Объем раствора увеличился на 0,3 см<sup>3</sup>.

II В 70,0 г раствора перхлорной кислоты (1,00 г/см<sup>3</sup>; pH = 2,0) растворяли 1,30 г KClO<sub>4</sub> при 4 °C. Плотность полученного раствора была 1,01 г/см<sup>3</sup>.

Молярная растворимость (L<sub>M</sub>) показывает при данной температуре максимальное число молей растворенного вещества в одном литре раствора.

a) Рассчитайте L<sub>M</sub> (KClO<sub>4</sub>) в дистиллированной воде при 4 °C. (3)

b) Рассчитайте ПР(KClO<sub>4</sub>) (произведение растворимости) при 4 °C. (1)

c) Рассчитайте для опыта II в растворе HClO<sub>4</sub> **i)** c(ClO<sub>4</sub><sup>-</sup>) (молярную концентрацию) и **ii)** L<sub>M</sub>' (KClO<sub>4</sub>) (4)

d) Рассчитайте растворимость перхлората калия [L(KClO<sub>4</sub>)] ровно в 100 г раствора HClO<sub>4</sub> (опыт II). (3)

e) Рассчитайте в опыте II массу не растворившейся соли. (1) **12 6**

6. Металлы **A, B** и **C** находятся в IV периоде. Металлы **D** и **E** находятся в одной группе друг под другом. Водные растворы, содержащие ионы **D**<sup>3+</sup> и **E**<sup>3+</sup>, бесцветны. Водный раствор **A**<sup>2+</sup>-ионов имеет голубую окраску, **B**<sup>2+</sup>-ионов - зеленоватую. Синий осадок, образующийся в реакции NaOH с **A**<sup>2+</sup>, при нагревании разлагается на воду и черный оксид. Белый осадок, образующийся в реакции NaOH с **D**<sup>3+</sup>, при нагревании теряет воду и дает желтый оксид (465,96 г/моль). Порядковые номера металлов **A** и **B** различаются на 1, **B** и **C** - на 3.

a) **i)** Напишите уравнение реакции получения оксида из гидроксида металла **D**.  
**ii)** Рассчитайте атомную массу **D** и **iii)** напишите его символ и название. (3)

b) Напишите символы и названия металлов **A, B, C** и **E**. (4)

c) Напишите уравнения реакций ионов **A**<sup>2+</sup>, **B**<sup>2+</sup> и **C**<sup>2+</sup> с хлорид-ионом и водой, если известно, что **A**<sup>2+</sup> образует тетрааквакомплекс, а **B**<sup>2+</sup> и **C**<sup>2+</sup> - гексааквакомплекс (3) **106**