

**Задачи заключительного тура олимпиады по химии 2006/2007 уч.г.
11 класс**

Рекорд Железной Горы (11 б)

1. Крайне кислая вода со значениями pH до -3,6 была обнаружена под землей в шахте Ричмонд под Железной Горой. Предположительно высокая кислотность обусловлена окислением **пирита**, так как подземная вода богата сульфатами железа. Из-за высокой концентрации ионы железа и сульфата образуют минералы (таблица). Эти минералы являются кристаллогидратами, которые не содержат более одного Fe²⁺-иона.

Название минерала	Содержание железа, %
мелантерит	20,09
ссомольнокит	32,86
копиапит	22,34
рёмерит	20,84
корнелит	21,23
ромбоклаз	17,39

а) Определите формулы мелантерита, ссомольнокита, рёмерита и корнелита, если известно, что перечисленные минералы содержат ионы: SO₄²⁻ и Fe³⁺ или Fe²⁺; а рёмерит оба иона железа. (4)

б) Определите формулы копиапита и ромбоклаза, если известно, что первый содержит Fe²⁺, Fe³⁺, SO₄²⁻ и OH⁻ ионы и 20 молекул воды, а второй - H₃O⁺, Fe³⁺ и SO₄²⁻. (2)

в) Напишите реакцию окисления **i)** пирита (%(Fe) = 46,5) катионами железа (III) и **ii)** образованных в этой реакции катионов железа (II) кислородом. (2)

г) Напишите реакции образования минералов, при которых pH раствора **i)** понижается, **ii)** повышается. (2)

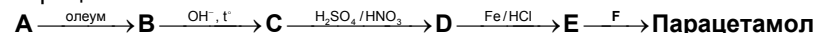
Содержание железа (г/дм³) в некоторых пробах воды представлены в таблице.

код	pH	c(Fe) _{общая}	c(Fe ²⁺)
90WA109	-0,7	86,2	79,7
90WA110A	-2,5	124	34,5

е) С какими минералами можно ассоциировать воды под кодами 90WA109 и 90WA110A? (1)

Синтез парацетамола (13 б)

2. Парацетамол – самое известное противовоспалительное лекарство, чье систематическое название *N*-(4-гидроксифенил)ацетамид. Схема синтеза парацетамола:



Вещество **B** состоит из 45,6 % С, 3,8 % Н, 30,3 % О и 20,3 % S. Соединение **C** обладает слабо выраженными кислотными свойствами, при его полном сгорании образуется углекислый газ и вода.

а) Напишите формулы и названия веществ **A–E**. (7,5)

б) Напишите механизмы реакций **A → B** и **B → C**, приведите названия соответствующих механизмов. (2,5)

в) Какой побочный продукт образуется в реакции **C → D**? (1)

г) **i)** Какое вещество можно использовать в качестве ацелирующего реагента **F**? **ii)** На практике реагент **F** используется в 10%-ном избытке. Почему? (2)

Элемент Даниэля-Якоби (9 б)

3. Гальванический элемент Даниэля-Якоби состоит из медной и цинковой пластин, опущенных, соответственно, в растворы сульфата меди (II) и сульфата цинка, соединенные заполненным электролитом мостиком. Концентрации растворов равны 0,100 М, объём обоих растворов 1 дм³. Стандартные потенциалы медного и цинкового электродов равны соответственно 0,340 В и -0,763 В.

а) Напишите уравнения реакций, происходящих на **i)** аноде и **ii)** катоде гальванического элемента. (1)

б) Изобразите схематично данный гальванический элемент. Положительный полюс расположен справа. (1)

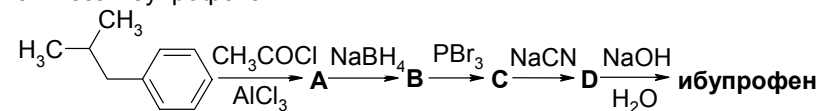
в) Рассчитайте электродвижущую силу гальванического элемента в начальный момент работы (T = 298 К). (3)

г) Рассчитайте максимальное теоретически получаемое количество электричества. (3)

д) Известно, Джон Даниэль был первым профессором в Лондонском университете, в Королевском Колледже. В каком известном при Балтийском университете работал Борис Семёнович Якоби (Moritz Hermann von Jacobi) в 1835-1837 годах? (1)

Синтез ибупрофена (8 б)

4. Ибупрофен – противовоспалительное и жаропонижающее лекарство. Схема синтеза ибупрофена:



Известно, что в ибупрофене содержится 75,68% углерода, 8,81% водорода и 15,51% кислорода по массе.

а) **i)** Рассчитайте брутто-формулу ибупрофена. **ii)** Напишите названия исходного вещества. (2)

б) Напишите структурные формулы веществ **A–D**. (4)

в) Изобразите пространственные структуры R- и S-изомеров ибупрофена. (2)

Фосфатный буфер в крови. (6 б)

5. Буферные системы позволяют сохранять pH раствора при добавлении в небольших количествах кислоты или основания. Одной из буферных систем, регулирующих pH (= 7,4) крови является фосфатный буфер, содержащий H_2PO_4^- и HPO_4^{2-} ионы. При добавлении кислоты или основания эти ионы переходят друг в друга. Значение pH буфера вычисляется по уравнению Хендерсона-Хассельбаха:
- $$\text{pH} = \text{pK} - \log \left(\frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{HPO}_4^{2-}]} \right), \text{ где } \text{pK} = 6,86.$$

Способность сохранять pH раствора характеризует буферная емкость (β), которая равна количеству ионов H^+ (β_{H^+}) или OH^- (β_{OH^-}) содержащихся в 1 литре раствора, способных изменить pH буфера на единицу.

- a)** Рассчитайте **i)** процентное содержание и **ii)** концентрацию ионов $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ и HPO_4^- (ммоль/л) в плазме крови, если суммарная концентрация фосфат-ионов составляет 1,2 ммоль/л. (3)
- b)** Рассчитайте буферные ёмкости β_{H^+} и β_{OH^-} фосфатного буфера. (2)
- c)** Какой из двух компонентов лучше нейтрализует фосфатная буферная система в плазме крови: молочную кислоту (pK = 3,9) или карбонат-ион (pK = 10,2). (1)

История медного купороса (13 б)

6. В 1597 г. немецкий врач Андреас Либавий (A. Libavius) проводил опыты с медным купоросом, отыскивая новое лекарство для лечения ран и опухолей. Он добавил к раствору медного купороса немного водного раствора аммиака (**реакция 1**) и в стакане образовался голубой осадок (%Cu) = 49,4). Андреас добавил еще раствора аммиака и увидел, как раствор стал интенсивно-синим (**реакция 2**). Он не нашел объяснения случившемуся, бессильны оказались и все его современники.

Сегодня мы знаем, что Либавий получил первое комплексное соединение. Известно, что если добавить в последний раствор разбавленной серной кислоты (**реакция 3**), то снова появится голубой осадок, который сразу же исчезает, а жидкость становится голубого цвета, как и в начале опыта Либавия.

- a)** Напишите формулу и дайте название **i)** голубому осадку; **ii)** комплексу, окрашивающему раствор в интенсивно-синий цвет. (3)
- b)** Напишите и уравняйте **реакции 1-3**. (6)

Сейчас о структуре медного купороса известно, что координационное число атома меди равно 6; одна из 5 молекул воды «свободна», т.е. не образует связи с атомом меди; число водородных связей максимально.

- c)** Нарисуйте ближайшее окружение (координационную сферу) атома меди купороса, которое образовано молекулами воды и сульфат-ионами. (1)
- d)** Нарисуйте структуру Льюиса сульфат-иона. (1)
- e)** Сколько водородных связей приходится на один атом меди в кристалле медного купороса? (1)
- f)** С каким атомом образует связь «свободная» молекула воды? (1)