

ОТКРЫТЫЕ СОРЕВНОВАНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ХИМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Старшая группа (11 и 12 класс)

Кохтла-Ярве, Курессааре, Нарва, Пярну, Таллинн, Тарту

4 ноября 2017

1. Напишите уравнения следующих реакций:

- i) обработка карбоната бария серной кислотой;
- ii) добавление концентрированной хлороводородной кислоты к водному раствору нитрата кобальта(II);
- iii) растворение меди в концентрированной азотной кислоте;
- iv) кипячение пропан-2-ола в концентрированной серной кислоте;
- v) смешивание 2-метилпропан-2-ола с холодной бромоводородной кислотой;
- vi) смешивание подкисленных растворов йодида калия и йодата калия;
- vii) распад полония-210 с выделением альфа-частицы гелий-4. **9 б**

2. В плоском мире (писателя Терри Пратчетта) имя тролля соответствует минералу, из которого он состоит. Наиболее уважаемые тролли состоят из алмаза, как алмазный король. На склоне вулкана Изалько живёт гораздо менее известная, однако уникальная семья Щербинаита (V_2O_5) и Тольбахиты ($CuCl_2$). У них четверо сыновей: Фингерит ($Cu_{11}O_2(VO_4)_6$), Макбирниайт ($Cu_3(VO_4)_2$), Стойберит ($Cu_5O_2(VO_4)_2$) и Зейсит ($Cu_2V_2O_7$). Соответствующие минералы очень редкие и образуются из содержащихся в вулканических газах $CuCl$ и VCl_4 .

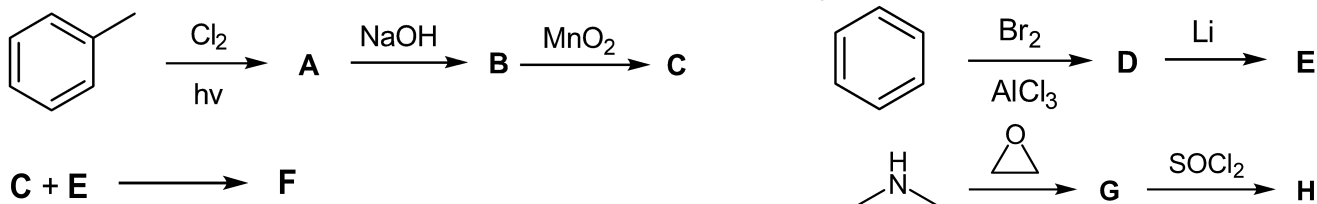
a) Напишите уравнения реакций:



b) Каким должны быть соотношения объемов газообразных $CuCl$ и VCl_4 , чтобы образовались i) фингерит и ii) стойберит? (2)

c) Тролли придерживаются сбалансированной диеты. Рассчитайте сколько кг легкодоступных $Cu(VO_3)_2$ и $(CuOH)_2CO_3$ нужно для приготовления 1,00 кг смеси, в которой соотношение Cu и V такое же, как в i) макбирниайте и ii) зейсите. (4) **10 б**

5. Дифенгидрамин – это лекарство, которое принадлежит к семье антигистаминов, поэтому его используют в основном для лечения аллергии. Дифенгидрамин можно синтезировать по следующей схеме:



$F + H \rightarrow$ дифенгидрамин ($M = 255,36$ г/моль)

Известно, что **C** – это жидкость с миндальным запахом, соединение **E** бурно реагирует с водой и одним из продуктов этой реакции является бензол, соединение **F** содержит ионную связь и быстро гидролизуется в присутствии воды, а брутто-формула соединения **H** – $C_4H_{10}NCl$.

Напишите структурные формулы соединений **A–H** и дифенгидрамина. **9 б**

4. Парабены – это сложные эфиры *l*-гидроксibenзойной кислоты. Их используют в шампунях и косметике в качестве консервантов и для предотвращения роста микроорганизмов в продуктах. В Европейском союзе их применение регулируется, так как парабены могут быть опасны для человека. В готовом продукте содержание метил- и этилпарабена не может превышать 0,4%, пропил- и бутилпарабена – 0,14%, а остальные парабены использовать запрещено, так как не имеется достаточно информации об их вредных свойствах.

а) С помощью структурных формул приведите уравнение реакции получения изобутилпарабена из *l*-гидроксibenзойной кислоты. (2)

б) Расставьте метил-, изобутил-, пропил- и этилпарабен в порядке увеличения растворимости в воде. (1)

Для приготовления пробы взяли 0,8101 г шампуня и разбавили до метки водой в 50,00 см³ мерной колбе. Для этого понадобилось 49,0432 г воды. Затем полученную пробу проанализировали с помощью жидкостной хроматографии и получили следующие сигналы: 2,93 mAU для метил- и 47,7 mAU для пропилпарабена. Калибровочный график для анализа пробы описывается следующим уравнением $y = 0,015x + 2,2$ для метилпарабена и $y = 2,4x + 0,92$ для пропилпарабена, где y – это измеренный сигнал в mAU, а x – концентрация соответствующего вещества в мг/кг измеренного раствора. Предел обнаружения для обоих парабенов 25 мг/кг. Предел обнаружения – это граница количественной надежности метода, по одну сторону которой можно численно определить содержание вещества, а по другую сторону нельзя дать определённое численное значение.

с) Рассчитайте содержание метил- и пропилпарабена в шампуне (в массовых %). (4)

д) Являются ли полученные результаты количественно надёжными? Если нет, то что бы Вы посоветовали сделать лаборанту, чтобы получить надёжный результат? (2)

е) Превысил ли какой-либо из парабенов допустимую норму? (1) **10 б**

5. Пепсин – это пищеварительный фермент, который образуется из пепсиногена после удаления определённых олигопептидов. Коэффициент диффузии пепсина $1,7771 \cdot 10^{-10}$ м²/с, коэффициент диффузии пепсиногена $1,7037 \cdot 10^{-10}$ м²/с и коэффициент диффузии олигопептида, удалённого из пепсиногена, $3,4646 \cdot 10^{-10}$ м²/с. Для расчётов примите, что все три молекулы шарообразные. В этом случае коэффициент диффузии D рассчитывается по формуле $D = kT/(6\pi\eta r)$, где k – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура, $\pi = 3,142$, η – вязкость раствора и r – радиус молекулы. Объём одной аминокислоты, содержащейся в пепсине или пепсиногене в среднем 154,7 Å³ и молярная масса 105,92 г/моль. В пепсине на 282 аминокислоты больше, чем в олигопептиде.

а) Рассчитайте молярную массу пепсиногена. (6)

В следующем пептиде каждой букве соответствует одна аминокислота:

PMQVTAGDFANGEEDDKWRGHDIEASPNTGDLASQDGYVIAM

Слева находится амино-конец, а справа карбоксильный конец. Пепсин гидролизует пептидные связи таким образом, что аминокислоты X_1 , X_2 или X_3 остаются в карбоксильном конце полученного пептида. При гидролизе вышеприведённого пептида с помощью пепсина образуются четыре олигопептида с разной длиной цепи, состоящие из 5, 8, 9 и 20 аминокислот. Каждая аминокислота, которую может гидролизовать пепсин, встречается в данном пептиде хотя бы один раз и не является аминокислотой амино-конца.

b) На основе приведённых данных определите аминокислоты X_{1-3} на которые действует пепсин. Поясните поэтапно, как Вы пришли к ответу. (6) **12 б**

6. В лаборатории Eesti Elektri jaam для анализа сланца взяли измельчённую пробу, вес которой уменьшился с 0,942 г до 0,833 г после сушки.

a) Рассчитайте содержание влаги в сланце. (1)

Для определения теплоты сгорания сланца использовали калориметрическую бомбу. Высушенную пробу поместили в бомбу, которую в свою очередь поместили в 1,25 дм³ воды при температуре 22,29°C. Пробу, находящуюся в бомбе, подожгли. После окисления органической составляющей пробы и остывания полученного остатка температура воды поднялась до 23,94°C.

b) Рассчитайте количество энергии, выделенное при окислении сухой пробы. Удельная теплоёмкость воды $C = 4190$ Дж/(кг·°C), плотность воды 0,998 г/см³ и теплоёмкость калориметра 0,10 кДж/°C. (3)

Теплоту сгорания сланца характеризуют с помощью низшей теплоты сгорания (кДж/кг), которая равна теплоте сгорания в калориметре, за вычетом энергии конденсации и остывания образовавшейся в результате горения воды.

c) Рассчитайте низшую теплоту сгорания ровно 1 кг сухого сланца. Теплота испарения воды 2442 кДж/кг, а содержание водорода в сухой пробе 2,90%. (2)

d) Рассчитайте теплоту сгорания 1 кг ископаемого сланца. (2)

В Эстонии в среднем в год потребляют 8,1 ТВт·час электроэнергии, из которой примерно 85% произведено в электростанциях Eesti Energia.

e) Рассчитайте дневной расход сланца в электростанциях Eesti Energia, если в электроэнергию преобразуется 35% низшей теплоты сгорания сланца. (2) **10 б**