

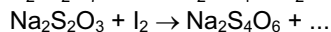
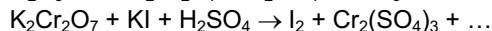
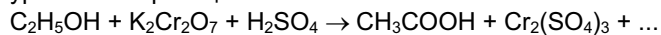
## ОТКРЫТЫЕ СОРЕВНОВАНИЯ ПО ХИМИИ

Старшая группа (11 и 12 класс)

Таллинн, Тарту, Курессааре, Нарва, Пярну, Кохтла-Ярве 8 ноября 2008

1. Химик Таави заинтересовался содержанием этанола в приготовленном дедушкой яблочном бренди. Конкретно его интересовало, насколько точно сможет дедушка по вкусу бренди определить концентрацию этанола в растворе. Поэтому он решил исследовать это лабораторным путем. Для этого Таави взял из дома бутылку с бренди и пошел в химическую лабораторию делать эксперимент. Он решил определить концентрацию алкоголя в бренди методом окислительно-восстановительного титрования этанола. Для этого он взял 10,00 см<sup>3</sup> ( $\rho = 0,923 \text{ г/см}^3$ ) дедушкиного бренди, выделил из него дистилляцией этанол и перенес этанол количественно в 100,00 см<sup>3</sup> мерную колбу, которую заполнил дистиллированной водой до метки. Далее он взял из колбы пробу объемом 10,00 см<sup>3</sup>, добавил к ней 18,00 см<sup>3</sup> 0,6720 М подкисленного серной кислотой раствора  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  и оставил смесь в теплом месте на ночь. На следующее утро, когда реакция уже завершилась, Таави добавил к раствору KI. Для определения выделившегося иода он использовал в качестве индикатора крахмал. На титрование раствора израсходовалось 37,52 см<sup>3</sup> 0,652 М раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .

a) Напишите недостающие продукты и расставьте коэффициенты в уравнениях реакций:



b) Определите процентное содержание этанола по массе в бренди. (10)

2. Бинарное соединение **A**, которое содержит 62,5% элемента **X**, реагирует с водой, образуя газ **B** (плотность газа по воздуху равна 0,90) и гидроксид **C**. При нагревании вещества **A** с газообразным простым веществом **D** образуется твердое простое вещество и вещество **E** ( $\%(\text{X}) = 50,0$ ), при гидролизе которого образуется газ **F** и белое твердое вещество **G** ( $\%(\text{X}) = 40,0$ ). При реакции вещества **G** с кислотой выделяется газ **H**. Взаимодействие вещества **H** с веществом **F** используется для приготовления вещества **I**, применяемого в качестве удобрения. При нагревании вещества **I** выделяется газ **F** и образуется легко летучее соединение **J**.

a) Напишите формулы веществ **A–J** и символ элемента **X**.

b) Напишите уравнения следующих реакций и расставьте коэффициенты: i)  $\text{A} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{B} + \text{C}$ , ii)  $\text{A} + \text{D} \xrightarrow{t^\circ} \text{E} + \dots$ , iii)  $\text{E} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{F} + \text{G}$ , iv)  $\text{G} + \text{H}^+ \rightarrow \text{H} + \text{H}_2\text{O} + \dots$ , v)  $\text{H} + \text{F} \rightarrow \text{I} + \text{H}_2\text{O}$ ; vi)  $\text{I} \xrightarrow{t^\circ} \text{J} + \text{F}$ . (12)

3. Радон – природный радиоактивный газ, который может быть как полезным, так и опасным (в больших количествах) для здоровья человека. В связи с риском для здоровья человека определение концентрации радона в почве, жилых домах и рабочих помещениях является очень актуальным. Скорость радиоактивного распада самого распространенного изотопа радона  $^{222}\text{Rn}$  ( $T_{1/2} = 3,8$  дня) можно выразить в единицах махе или беккерель на кубический метр:

$$1 \text{ махе} = 13500 \text{ Бк/м}^3 = 13500 \text{ актов распада/(\text{с}\cdot\text{м}^3).$$

$T_{1/2}$  – период полураспада, т.е. время, за которое количество изотопа уменьшается наполовину. Радиоактивный распад – реакция первого порядка, скорость которой равна  $v = kN$  ( $N = N_0 e^{-kt}$ ,  $k = \ln 2/T_{1/2}$ ).

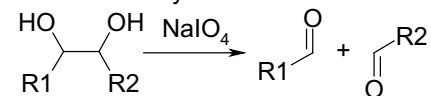
a) Рассчитайте концентрацию  $^{222}\text{Rn}$  в воздухе в помещении (атом/м<sup>3</sup>), если его активность равна 10 махе (предельно допустимая доза).

b) С какой скоростью должен выделяться  $^{222}\text{Rn}$  с поверхности Земли в воздушное пространство помещения, чтобы его концентрация в воздухе была постоянной и равнялась предельно допустимой дозе?

c) В течение какого времени большая часть (99%)  $^{222}\text{Rn}$  успеет разложиться, если его выделение с поверхности Земли прекратится?

d) Оцените время, в течение которого большая часть (99%) концентрации  $^{222}\text{Rn}$  восстановится после полного выветривания радона из помещения. (8)

4. При полном сгорании вещества **X** образовался газ плотностью 1,38 г/дм<sup>3</sup> (н.у.). При обработке 1 моля вещества **X**  $\text{NaIO}_4$  образуется 1 моль  $\text{H}_2\text{CO}$  и 5 моль  $\text{HCOOH}$ .  $\text{NaIO}_4$  – окислитель, который в водном растворе действует на находящиеся на соседних атомах OH группы по приведенному ниже механизму:



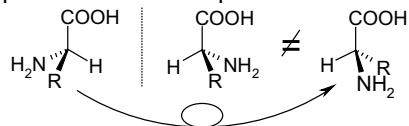
a) Найдите отношение атомов углерода и водорода  $N(\text{C})/N(\text{H})$  в веществе **X**.

b) Определите брутто-формулу вещества **X**.

c) Напишите структурную формулу вещества **X** без стереометрических деталей в линейной и циклической формах, обозначьте звездочкой хиральные центры (атомы углерода с четырьмя разными заместителями) и рассчитайте количество возможных стереоизомеров ( $2^n$ ,  $n$  – количество хиральных центров) для обеих форм.

d) Объясните, как из вещества **X** может образоваться метановая кислота. (12)

5. Паук-крестовик (*Araneus diadematus*) – один из самых известных и распространенных пауков в Эстонии, плетущих сети. Каждый день он плетет новую кругообразную сеть, на краю которой находится убежище. Перед тем, как сплести очередную ловушку, крестовик съедает старую сеть, поскольку фиброин, содержащийся в нитях сети, нельзя растрчивать попусту. Фиброин – белок, в составе которого много остатков двух аминокислот. О них известно следующее: аминокислота **A** не является хиральной и молекулярная масса аминокислоты **B** на 14 больше, чем **A**. Аминокислота является хиральной, если ее зеркальное отражение невозможно совместить в пространстве с оригинальным изображением.



Оригинал Зеркальное отражение Оригинал (повернутый)

- Определите аминокислоты **A** и **B**. Напишите систематические и биохимические названия.
  - Нарисуйте плоскостные структурные формулы молекул и их цвиттер-ионов. Объяснение: цвиттер-ион содержит как анионный, так и катионный центры и при его образовании суммарная брутто-формула не меняется.
  - Сколько различных дипептидов можно получить из этих аминокислот, если не учитывать их стереоизомерию?
  - Нарисуйте плоскостную структурную формулу одного из возможных дипептидов и обозначьте пептидную связь.
- Предположим, что фиброин составляет 75% от массы сети и содержание аминокислоты **A** в фиброине равно 20% по массе, а аминокислоты **B** – 40%.
- Сколько времени потребуется пауку, чтобы сплести сеть массой 0,20 г, если выработка аминокислоты **A** при плетении сети является самой медленной стадией ( $4,27 \cdot 10^{-8}$  моль/с)? (9)

6. У Зайца была высокая температура и ужасная головная боль, и поэтому он решил обратиться к доктору Льву. “Малярия” – подумал Лев, но по законам классической медицины джунглей решил сначала взять небольшую пробу крови. Для сохранения пробы крови Лев использовал **цитрат натрия** – антикоагулянт, который он получил при реакции содержащийся в лимонном соке **лимонной кислоты** (2-гидрокси-1,2,3-пропантрикарбоновая кислота) с раствором гидроксида натрия. Цитрат натрия ( $\text{Na}_3\text{T}$ ) осаждает из плазмы крови ион **X**, при отсутствии которого кровь не свертывается. Первоначальное содержание **X** в плазме крови составляет 2,40 мМ.

- Определите ион **X**, если молекулярная масса образующегося комплекса в 2,594 раза больше молекулярной массы лимонной кислоты.

Растворимость **X**-цитрата в плазме крови, не содержащей ионов **X**, составляет 0,095 г/100 см<sup>3</sup>.

- Напишите уравнение растворения (диссоциации) **X**-цитрата и выражение произведения растворимости, а также докажете расчетами, что величина произведения растворимости равна  $LK = [\text{X}]^n [\text{T}]^m = 2,67 \cdot 10^{-12}$ .

Объем пробы крови был 10,0 см<sup>3</sup>, и при помощи цитрата натрия из нее осадили 90,0% имевшегося иона **X**.

- Рассчитайте концентрацию растворившегося цитрата в конечном растворе и найдите, сколько цитрата натрия (мг) потребовалось для осаждения **X**.
- Рассчитайте, сколько граммов лимонного сока израсходовалось, если в лимонном соке содержится 5,0% лимонной кислоты и при ее выделении выход составляет 60%. (9)