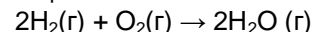


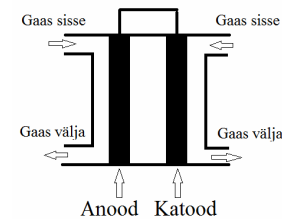
**Задачи заключительного тура олимпиады по химии 2011/2012 уч.г.
10 класс**

1. Для пищеварения необходимо, чтобы в желудке была достаточно кислотная среда. рН желудочного сока имеет значение в интервале 1,5 – 3,5. Такое низкое значение рН обусловлено присутствием соляной кислоты в желудке. Объем кислотной жидкости в желудке обычно равен 20 – 100 мл. Производство молярных концентраций ионов водорода и гидроксид-ионов в водных растворах равно $1,0 \cdot 10^{-14}$ (т.н. ионное произведение воды K_w). В двенадцатиперстной кишке происходит нейтрализация ионами гидрокарбоната кислой массы, поступающей из желудка.
- a)** Рассчитайте молярную концентрацию водного раствора хлористоводородной кислоты, в которой $pH=1,8$. Ответ дайте с точностью до одной значащей цифры.
- b)** Напишите уравнение взаимодействия ионов кислоты и ионов гидрокарбоната.
- c)** Сколько ионов гидрокарбоната требуется, чтобы 80 мл раствора HCl ($pH=1,8$) полностью прореагировало?
- d)** **i)** Оцените значение pH в $1,5 \cdot 10^{-8}$ М водном растворе хлористоводородной кислоты: pH больше или меньше 7? **ii)** Рассчитайте значение pH в $1,5 \cdot 10^{-8}$ М водном растворе хлористоводородной кислоты. Ответ дайте с точностью до трех значащих цифр.
- e)** Какому процессу подвергаются большинство белков при попадании в кислотную среду? Почему данный процесс необходим для переваривания пищи? **(8)**
2. Простое вещество **A**, образованное элементом **X**, является единственным в своем роде, с которым водород реагирует уже при комнатной температуре (**реакция 1**). Смесь водяного пара и вещества **A** горит (**реакция 2**), при этом одним из продуктов является газ **B**, который необходим для аэробного дыхания. Диоксид кремния реагирует с простым веществом **A**, образуя два газообразных продукта - **C** и **B** (**реакция 3**). В реакции при -40°C льда с простым веществом **A** образуются две кислоты **D** и **E** (**реакция 4**). Кислота **E** легко разлагается при комнатной температуре на вещества **B** и **D** (**реакция 5**). Кислоту **D** производят промышленно взаимодействием минерала **F** (содержание элемента **X** 48,67 %) с серной кислотой (**реакция 6**). Другой способ получения **D** – разложение кислой соли **G** (содержание элемента **X** 48,65 %) (**реакция 7**).
- a)** Определите элемент **X**; приведите формулы и номенклатурные названия веществ **A - G**.
- b)** Напишите уравнения **реакций 1-7**, расставьте коэффициенты.
- c)** Какой полимер, в состав которого входит элемент **X**, используют для противопригарного покрытия сковородок? Приведите тривиальное или номенклатурное название этого полимера; нарисуйте его мономерное звено. **(12)**

3. Топливный элемент – устройство, в котором осуществляют получение электрического тока с помощью химической реакции. В качестве топлива обычно используется чистый водород. Суммарное уравнение химической реакции, протекающей в таком топливном элементе:



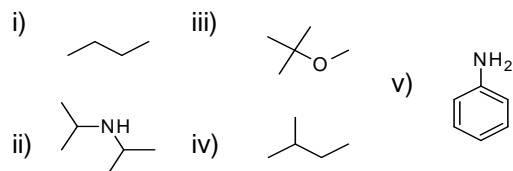
На рисунке стрелками указано движение газов в топливном элементе.



- a)** Напишите полуреакции, протекающие на катоде и аноде.
- b)** Дополните рисунок в чистовике следующими деталями, указав
- направление тока;
 - возможное место подключения потребителя электрического тока (например, лампы);
 - направления движения молекул;
 - где находится раздел мембрана/электролит.
- c)** У электромобиля мотор мощностью 20 кВт ($\text{Вт}=\text{Дж/с}$). Для поездки из Тарту в Таллинн (186 км) требуется два с половиной часа. Какой объем топлива (при н.у) расходуется для такой поездки, если имеется идеальный топливный элемент, который дает 237,13 кДж энергии на 1 моль использованного водорода.
- d)** Существуют разные способы хранения водорода. Один из способов – хранение водорода в баллонах под большим давлением (700 бар), баллон должен быть изготовлен из очень прочного материала (**его** вес 85,9 кг). Второй метод – использование сплавов металлов, между атомами которых может абсорбироваться водород, например $\text{LaNi}_5\text{H}_{6,5}$ (плотность 6380 кг/м^3).
- Рассчитайте для обеих систем хранения массовый процент водорода и объем всей системы, если нужно хранить 3,90 кг водорода (пренебречь объемом самого баллона). Температура в автомобиле равна 20°C ; универсальная газовая постоянная $R=8,314 \text{ Дж}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{моль}^{-1}$.
- e)** Рассчитать вес и объем обеих систем хранения топлива, с помощью которых можно доехать из Тарту в Таллинн. Вес баллона такой же, что и в пункте **d**); сплав металлов покрывают защитным материалом, вес которого 5 кг. Объемы защитного материала и баллона не учитывать. **(13,5)**
4. Ядерная магнитно-резонансная спектроскопия, сокращенно ЯМР, является мощным и широко применяемым методом идентификации органических соединений. Получаемые спектры дают много полезной информации о структуре молекулы, они достаточно легко дешифруются. Одни и те же ядра могут давать несколько пиков в спектре в зависимости от присутствия рядом других ядер. Например, в ЯМР спектре сигнал атомов водорода у определенного атома углерода имеет число пиков, на

одно большее, чем **число атомов водорода у соседних атомов углерода**. Например в спектре пропана ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$) имеется два сигнала: с семью и тремя пиками, так как в пропане CH_3 -группы между собой неразличимы и их сигналы совпадают. Соединение $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ дает только один сигнал, а у $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_2$ три сигнала: с тремя, четырьмя и одним пиком. Водород при атоме азота часто дает отдельный сигнал с одним пиком, например в спектре этиламина ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$) три сигнала: с тремя, четырьмя и одним пиком.

а) Предскажите, сколько сигналов и сколько пиков в каждом сигнале имеется в спектрах следующих соединений:



б) X_1 – X_5 представляют собой изомеры с общей формулой $\text{C}_4\text{H}_9\text{N}$.

В спектре соединения X_1 только два сигнала и в обоих только один пик.

В спектре соединения X_2 три сигнала – с одним, тремя и пятью пиками.

В спектре соединения X_3 три сигнала – с одним, двумя и тремя пиками.

В спектре соединения X_4 три сигнала – два с одним и один с тремя пиками.

В спектре соединения X_5 три сигнала – все с одним пиком.

Идентифицируйте соединения X_1 – X_5 . Для упрощения не учитывайте вызванную стереохимией неэквивалентность ядер атомов водорода.

(12,5)

5. **Вещество А** используют в военной промышленности как взрывчатку.

Синтез **А** проходит в три этапа, где исходным веществом является **вещество В** (производное бензена с заместителем **Х**), а реагентами – азотная и серная кислоты. Получают **вещество А**, у которого 3 одинаковых заместителя **У** в положениях 2, 4 и 6. В **веществе А** 37 % углерода (С), 18,5 % азота (N), 42,3 % кислорода (O); остальное приходится на водород (H). Заместитель **Х** составляет 6,6 и заместители **У** суммарно 60,8 процента от молярной массы **вещества А**.

а) Рассчитайте число атомов углерода, азота, кислорода и водорода в молекуле **вещества А**.

б) Определите молекулярную массу **А**.

с) Рассчитайте формулы заместителей **Х** и **У**, приведите их названия.

д) Нарисуйте структурные формулы **веществ А** и **В**, приведите их названия (подсказка: краткое и наиболее известное название **вещества А** – ТНТ, оно состоит из начальных букв трех частей его номенклатурного названия.)

(7)

6. Из смеси **S**, которая содержала 90,0% дихромата калия и 10,0% нитрата калия, приготовили в 100 граммах воды при 70 °С насыщенный по отношению к дихромату калия раствор. Раствор охладили до 20 °С, часть дихромата калия выпала в осадок и образовался насыщенный раствор **L**. Раствор **L** упарили досуха и получили смесь **P**. Растворимость дихромата калия при 20 °С и 70 °С равна соответственно 12,6 г и 56,7 г и нитрата калия 31,7 г и 138 г.

Растворимость – максимальная масса вещества в граммах, которая при данной температуре растворяется ровно в 100 г воды. Вещество начинает кристаллизоваться из раствора после того, как масса вещества в растворе превысит растворимость в данных условиях. Для упрощения предположить, что одно вещество не влияет на растворимость второго вещества.

а) i) Напишите формулы веществ, содержащихся в смеси **S**. ii) В какой цвет окрашен раствор?

б) Рассчитайте массу выпавшего осадка соли.

с) Рассчитайте i) массу смеси **S**; ii) массу нитрата калия, содержащегося в смеси **S**.

д) Рассчитайте процентное содержание нитрата калия в смеси **P**.

е) При каком процентном содержании нитрата калия в начальной смеси при 20 °С стал бы осаждаться и нитрат калия? (7)