

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

1. При полном сгорании органического соединения ($M=88$ г/моль) образуется 112 мл (норм. усл.) углекислого газа и 0,108 мл воды.

- a) Определите молекулярную формулу соединения.
b) Напишите уравнение полного сгорания данного соединения.
c) К каким классам веществ может относиться данное соединение? (8)

2. Круговорот углерода означает обмен углерода между разными частями экосистемы. Углерод в атмосфере Земли содержится в основном в газе **A**, который образуется при горении, дыхании и разложении. Зеленые растения (автотрофы) связывают из воздуха газ **A**, из почвы - оксид **B** и в ходе фотосинтеза (реакция 1) синтезируют органические соединения, основным среди которых является углевод **C**. В ходе фотосинтеза выделяется также газ **D**. Образовавшееся органическое вещество гетеротрофы используют для своей жизнедеятельности. Органическое вещество **C** используется в аэробном дыхании (реакция 2), при этом образуются вещества, исходные для фотосинтеза. В ходе своего «круговорота» углерод может отложиться в ископаемых остатках животного происхождения, которые состоят в основном из соли кальция **E**. Газ **A** растворяется в воде, в результате чего образуется слабая кислота **F** (реакция 3).

- a) Напишите формулы и названия веществ **A-F**.
b) Напишите суммарные уравнения реакций 1 – 3, расставьте коэффициенты.
c) Напишите уравнение диссоциации кислоты **F** (или уравнения ступенчатой диссоциации).
d) Приведите важное условие (фактор), без которого не происходит фотосинтеза. Происходит ли фотосинтез все время? (12)

3. Для растапливания снега и льда на дорогах используются хлориды натрия, кальция и магния. Из лужи взяли 10 см³ воды (1,0 г/см³), профильтровали, к фильтрату добавили 3 см³ 20% раствора нитрата серебра (1,2 г/см³). Полученную смесь перемешали и снова профильтровали. Вещество на фильтровальной бумаге высушили и взвесили, его масса равнялась 143 мг.

- a) Рассчитайте процентное содержание хлорид-ионов в луже.
b) Покажите расчетами, что прибавленного нитрата серебра достаточно для осаждения всех ионов Cl^- .
Ионы Mg^{2+} и Ca^{2+} вызывают жесткость природной воды. Предположим, что на 10 ионов Cl^- в луже приходится 2 иона Ca^{2+} и 1 ион Mg^{2+} .
c) Сколько граммов Na_3PO_4 расходуется на смягчение 3,5 дм³ воды из лужи? (8)

4. Все оксиды азота ядовиты, но только один из них образуется из соответствующих простых веществ воздуха во время грозы, а также при сгорании автомобильного топлива. Для уменьшения загрязнения атмосферы на автомобилях используются катализаторы. Автомобиль без катализатора выбрасывает в атмосферу в среднем 1 моль оксида на каждые 10 км пути. Молекула данного оксида весит $4,99 \cdot 10^{-23}$ г.

a) Напишите формулы всех возможных оксидов азота и определите степени окисления азота в них.

- b) Рассчитайте молекулярную массу данного оксида азота и определите оксид.
c) Какая масса оксида (в граммах) попадет в атмосферу в среднем, если проехать из Тарту в Таллинн (188 км) на автомобиле без катализатора? Превышает ли это стандартом Euro-4 разрешенное количество (0,08 г/км)? (9)

5. В два раствора соляной кислоты (взята в избытке) с одинаковой концентрацией бросили пластинки магния и цинка с одинаковой массой. Выделившиеся объемы газов измерили. В таблице приводятся объемы газов, измеренные в течение одной минуты через каждые 10 секунд.

время, с	V(газ), мл	
	Mg	Zn
10	14	3
20	24	8
30	36	13
40	39	19
50	40	23
60	40	27

- a) Для магния и цинка нарисуйте графики зависимости объемов выделившегося газа от времени.
b) Напишите уравнения протекавших реакций для обоих металлов.
c) В случае которого металла реакция протекала быстрее? Почему?
d) Который металл успевает в течение минуты полностью раствориться? Обоснуйте ответ!
e) Рассчитайте массу взятых металлических пластинок. ($V(\text{газ})=22,4$ л/моль)(10)

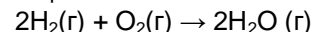
6. При нагревании щелочноземельного металла **X** с неметаллом **Y** получают бинарное соединение **A** (содержит 63,36% элемента **X**). В реакции соединения **A** с хлористоводородной кислотой образуется соль **C** (содержит 74,47% хлора), кроме того выделяется газ – бинарное соединение **B** (формула YZ_4 , содержит 12,47% элемента **Z**). Соединение **B** горит на воздухе (iii), в результате данной реакции образуются оксид **D** (содержит 46,76% элемента **Y**; является основным компонентом песка) и оксид **E** (самый распространенный оксид). При сгорании 1 моля **B** выделяется 1288 кДж теплоты.

- a) Определите расчетами формулы **X**, **Y**, **A**, **B**, **C**, **D** и **E**.
b) Напишите уравнения реакций, расставьте коэффициенты:
i) $X + Y \rightarrow A$ ii) $A + HCl \rightarrow C + B \uparrow$ iii) $B + O_2 \rightarrow D + E$
c) В реакции (ii) выделяется 0,500 дм³ соединения **B**. Сколько граммов **X** и **Y** расходуется для получения 0,500 дм³ соединения **B**?
d) Сколько граммов графита нужно сжечь, чтобы выделилось такое же количество теплоты, что и при сгорании 0,5 дм³ соединения **B**? При сгорании 1 моля графита выделяется 393,5 кДж теплоты. (13)

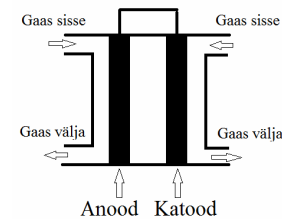
**Задачи заключительного тура олимпиады по химии 2011/2012 уч.г.
10 класс**

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 $-40^\circ C$ 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:



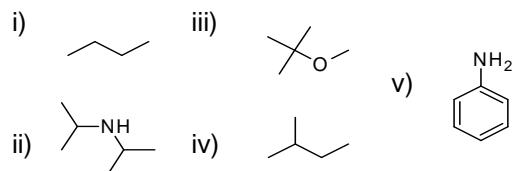
На рисунке стрелками указано движение газов в топливном элементе.



- 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 ($Вт=Дж/с$). 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 $LaNi_5H_{6,5}$ (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 $20^\circ C$; универсальная газовая постоянная $R=8,314 \text{ Дж}\cdot K^{-1}\cdot \text{моль}^{-1}$.
- 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**.

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

г) 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 **С**, 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 **Л**. Раствор **Л** упарили досуха и получили смесь **Р**. 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 **С**. ii) В какой цвет окрашен раствор?

б) Рассчитайте массу выпавшего осадка соли.

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

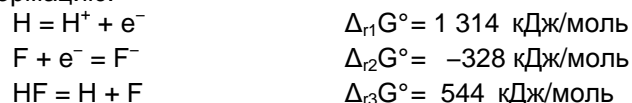
г) Рассчитайте процентное содержание нитрата калия в смеси **Р**.

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

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

1. Для определения истинной силы кислоты, или кислотности в газовой фазе (г.ф.), используют масс-спектрометрический анализ равновесных газовых смесей. Прежде всего необходимо знать изменение стандартной энергии Гиббса для реакции диссоциации кислоты в газовой фазе – его находят, используя следующие данные: энергия ионизации атома водорода, сродство аниона к электрону, энергия реакции гомолитической диссоциации кислоты.

а) Найдите кислотность фтороводорода (г.ф.), используя данную информацию:



Для определения кислотности (г.ф.) бензилхлорида ($\text{C}_7\text{H}_7\text{Cl}$), фтороводород полностью депротонировали с помощью супероснования Cs_2O . При введении равных количеств фторид-ионов и бензилхлорида в масс-спектрометр, в равновесной смеси нашли, что молярное отношение ионов у

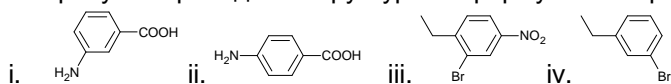
$\text{F}^- : \text{C}_7\text{H}_6\text{Cl}^- = 1,832:1$.

б) Найдите константу равновесия и изменение стандартной энергии Гиббса ($\Delta\Delta G^\circ$) для данной реакции.

в) Напишите уравнение реакции диссоциации бензилхлорида и рассчитайте его кислотность (г.ф.). Какая из кислот сильнее?

г) Почему необходимо, чтобы исследуемые кислоты были сопоставимы по своей кислотности в газовой фазе ($\Delta\Delta G^\circ \leq 10$ кДж/моль)? Каким было бы молярное соотношение ионов в состоянии равновесия, если $\Delta\Delta G^\circ = 100$ кДж/моль. (9)

2. На рисунке приведены структурные формулы четырёх соединений:

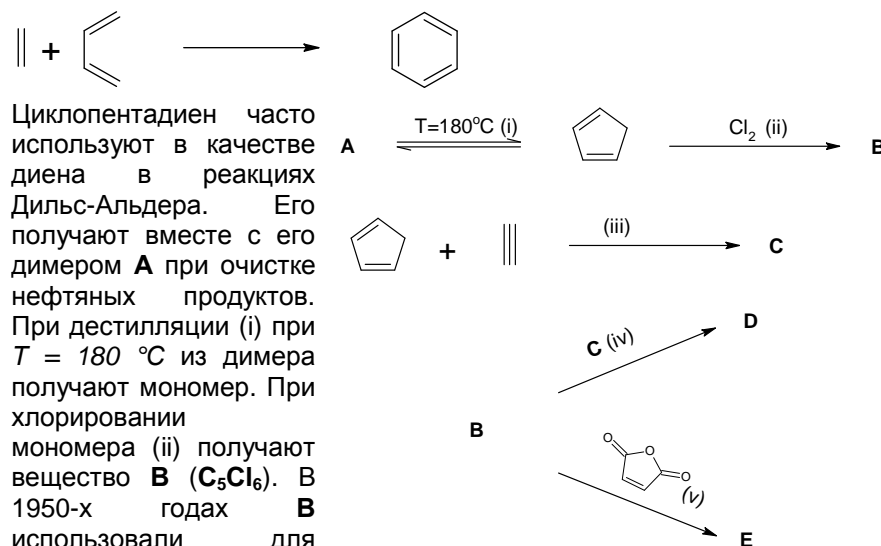


а) Напишите систематические названия этих соединений.

б) Составьте схемы синтеза для получения этих веществ, если в качестве исходных веществ можно использовать бензол или метилбензол и разрешено проводить следующие реакции: восстановление $[\text{H}]$, окисление $[\text{O}]$, нитрование $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$, ацилирование $\text{CH}_3\text{COCl}/\text{AlCl}_3$ и бромирование Br_2/Fe .

в) Напишите тривиальное название метилбензола. (11)

3. В реакции Дильса-Альдера диенофил присоединяется к сопряжённым диенам, образуя соединения с шестичленными циклами:



Циклопентадиен часто используют в качестве диена в реакциях Дильса-Альдера. Его получают вместе с его димером **A** при очистке нефтяных продуктов.

При дистилляции (i) при $T = 180^\circ\text{C}$ из димера получают мономер. При хлорировании мономера (ii) получают вещество **B** (C_5Cl_6).

В 1950-х годах **B** использовали для синтеза широко распространённого пестицида альдрина. Синтез альдрина протекает в 2

этапа: циклопентадиен реагирует с ацетиленом (iii), образуя продукт **C**, который в свою очередь реагирует с **B** (iv), в результате чего образуется альдрин **D**. Кроме того, **B** реагирует с малеиновым ангидридом (v), образуя вещество **E**, которое является компонентом противопожарной смеси. Напишите формулы всех продуктов реакций **A-E** (пространственные формулы не обязательны), если известно, что реакции iii-v и реакция димеризации пентадиена являются реакциями Дильса-Альдера. (11)

4. Кислоту, содержащую элемент **X**, можно получить гидролизом соли **A** (содержит 15,2% элемента **X**). В данной реакции образуется смесь веществ **B** и **C** (орто- и мета-формы кислоты, соответственно), а также смесь продуктов их полимеризации. При отстаивании полученного раствора образуется желеобразный осадок, при прокаливании которого получают вещество **D** (широко используется в качестве адсорбента). Для получения элемента **X** вещество **D** нагревают с углём. Однако если уголь и **D** нагреть до 2000°C , то образуется твёрдое вещество **E**, имеющее структуру алмаза и используемое как абразив. В промышленности реакцией между веществами **X** и **Y** получают вещество **F**. **Y** – простейший галогеноалкан, содержит 23,8% углерода по массе. При реакции **F** с водой образуется силиконовое масло **G** (смесь продуктов с различной степенью полимеризации) и сильная кислота **H**. Чтобы получить достаточно чистое для использования в электронике вещество **X**, проводят реакцию **X** с простым веществом **I**, и полученное вещество **J** восстанавливают водородом, в результате чего образуются **X** и **H**.

а) Напишите символ и название элемента **X**, рассчитайте формулы веществ **A** и **Y**, напишите их названия.

б) **i)** Напишите формулы и названия веществ **B – F**, **H – J**, для **D** и **E** напишите также их тривиальные названия, **ii)** нарисуйте структуры линейного и циклического тетрамеров кислоты, образовавшейся при гидролизе **A**, напишите их бруттоформулы и названия, **iii)** нарисуйте структуры мономера и тримера **G**.

с) Напишите уравнения всех описанных выше реакций.

(9)

5. Ионселективный электрод – это сенсор, который переводит активность (близка к концентрации) определённого иона в электрическое напряжение. Концентрацию и напряжение (потенциал электрода) связывает уравнение Нернста, но чаще для нахождения концентрации используют калибровочный график. Для определения концентрации ионов калия в минеральной воде приготовили 4 калибровочных раствора с концентрациями **0,1 моль/л**, **0,01 моль/л**, **0,001 моль/л** и **0,0001 моль/л**. Показания калий-ионселективного электрода в данных растворах были **129,5**, **76,25**, **32,5** и **-17,0 милливольт**, соответственно. Показание электрода в минеральной воде было **8,0 мВ**.

а) Нарисуйте график зависимости десятичного логарифма концентрации растворов от соответствующих показаний электрода. Найдите с помощью графика и с помощью уравнения Нернста наклон полученной прямой, учитывая, что температуры в обоих случаях равны.

б) Используя график, найдите концентрацию ионов калия в минеральной воде в мг/л.

с) Рекомендуемая доза потребления ионов калия составляет **3,5 г** в день. Сколько надо выпить минеральной воды, чтобы получить необходимое количество калия?

(8)

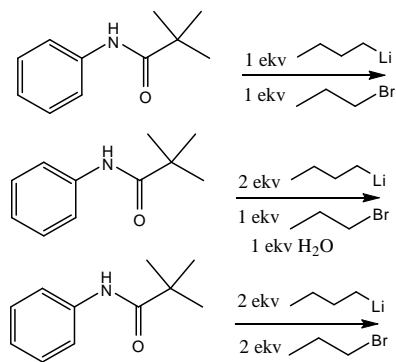
6. При реакции 1-хлорбутана с металлическим литием образуется вещество **A**, которое широко используется в синтетической химии.

а) Напишите уравнение описанной реакции.

б) N-фенилэтиламин обработали реагентом **A**. Напишите уравнения реакций, в которых полученное вещество реагирует **i)** с галогеналканом, **ii)** с веществом, у которого в третьей позиции относительно реакционного центра расположена двойная связь, **iii)** с карбонильным соединением.

с) В реакции из пункта б)ii) легко может образоваться продукт реакции элиминирования. Нарисуйте структурную формулу этого продукта и объясните, почему в реакции б)i) элиминирование менее вероятно, чем в реакции б)ii).

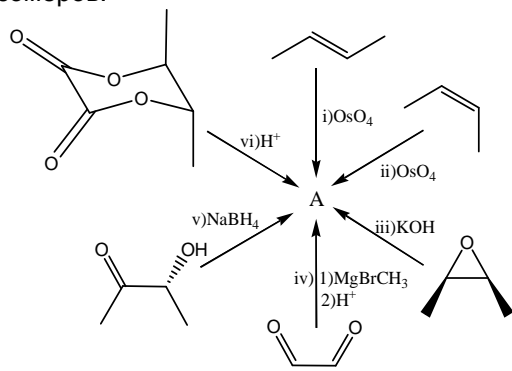
д) При реакции фенилцианида с **A** образуется орто-замещённый продукт. Это связано с тем, что группы, содержащие азот, направляют атаку именно в это положение. **i)** Напишите уравнение реакции получения пропилбензонитрила из фенилцианида. **ii)** Напишите продукты следующих реакций (ekv - эквивалент):



(12)

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

1. У соединения **A** есть несколько стереоизомеров. В результате следующих реакций можно получить либо чистое вещество, либо смесь нескольких изомеров.



a) Нарисуйте пространственные структурные формулы изомеров **A** и назовите их.

b) Напишите, какие изомеры являются продуктами реакций **i-vi**. (10)

2. Экстракция – это часто используемый в органическом синтезе метод очистки веществ, основывающийся на разной растворимости органических веществ в различных несмешивающихся между собой растворителях. При экстракции к веществу, растворённому в одном растворителе, добавляют второй растворитель, после чего смесь перемешивают и слои разделяют. В результате этого процесса концентрация растворённого вещества в слоях растворителей меняется. В качестве растворителей часто используют воду и какой-нибудь малополярный органический растворитель, например диэтиловый эфир или гексан. Коэффициент распределения K_p показывает, во сколько раз данное вещество растворяется в органическом растворителе лучше, чем в воде, и численно равен отношению соответствующих концентраций. При решении задачи не учитывайте контракцию, ассоциацию и диссоциацию.

Экстракция – это часто используемый в органическом синтезе метод очистки веществ, основывающийся на разной растворимости органических веществ в различных несмешивающихся между собой растворителях. При экстракции к веществу, растворённому в одном растворителе, добавляют второй растворитель, после чего смесь перемешивают и слои разделяют. В результате этого процесса концентрация растворённого вещества в различных фазах меняется. В качестве растворителей часто используют воду и какой-нибудь

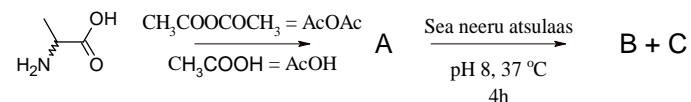
малополярный органический растворитель, например диэтиловый эфир или гексан. Коэффициент распределения K_p показывает, во сколько раз данное вещество растворяется в органическом растворителе лучше, чем в воде, и численно равен отношению соответствующих концентраций в разных фазах. При решении задачи не учитывайте контракцию, ассоциацию и диссоциацию.

Значение коэффициента распределения для щавелевой кислоты $K_p = 1,78$
a) Рассчитайте массу щавелевой кислоты, перешедшей в эфирный слой, при экстракции **40,0 г** щавелевой кислоты, растворённой в **1000 мл** воды, диэтиловым эфиром ($V = 1000$ мл), а также выход проведённой экстракции.

b) Найдите выход экстракции, если данный раствор щавелевой кислоты (**40,0 г** щавелевой кислоты в **1000 мл** воды) экстрагировать **3 раза** по **300 мл** диэтилового эфира вместо одного раза 1000 мл. Какие выводы можно сделать из результатов вычислений?

c) сколько раз минимально необходимо проэкстрагировать **100 мл** водного раствора, содержащего **4,0 г** щавелевой кислоты, **25 мл** порциями диэтилового эфира, чтобы получить из водного слоя **99,9%** щавелевой кислоты? (12)

3. Рацемическую смесь *R*- и *S*-изомеров аминокислоты аланина можно разделить, используя фермент «ацилаза свиной почки» (*Sea neeru atsulaas*, $Ac = CH_3CO =$ ацетил).



a) Нарисуйте структурную формулу вещества **A**.

b) i) Приведите механизм реакции ацилирования. **ii)** Объясните, почему данная реакция происходит, несмотря на то что протонированный кислотой атом азота не имеет нуклеофильных свойств.

c) i) Какой изомер гидролизует быстрее в реакции, катализируемой ферментом?

ii) Напишите, какие соединения (**B** и **C**) образуются, и предложите метод их разделения. **iii)** Насколько и почему важны температура и pH для проведения данной реакции?

d) Если ацилирование проводить небрежно (слишком долго или сильно нагревая), то изначальный продукт реагирует дальше, образуя в качестве побочного продукта циклическое соединение ($C_5H_7NO_2$), которое не поддаётся гидролизу ферментом. Нарисуйте структурную формулу циклического соединения. (11)

4. На месте преступления криминалисты нашли следы неизвестного вещества **X**, с которого тут же сняли инфракрасный спектр. К сожалению спектр данного вещества отсутствовал в базе данных и идентификация вещества не удалась. Но зато с помощью спектра было установлено наличие в веществе на разных атомах углерода карбонильной и гидроксильной групп. При реакции вещества **X** с бромной водой (предположите полное бромирование) образуются 3 различных изомера вещества **Y**. Также **X** реагирует с бромоводородной кислотой. В данной реакции как в случае присоединения по правилу, так и против правила Марковникова образуется вещество **Z**, у которого один новый хиральный центр. Из *UV/Vis* спектра известно, что в соединении **X** нет сопряжённых связей.

а) Определите вещество с наименьшей молекулярной массой, которое соответствует описанию вещества **X**.

б) Напишите уравнения реакций вещества **X** с бромной водой и с бромоводородной кислотой, укажите образующиеся хиральные центры.

Вещество **X** реагирует само с собой, образуя циклическое соединение.

в) Напишите уравнение этой реакции. Вещества какого типа катализируют данную реакцию?

д) Сколько изомеров у веществ **X** и **Z**. (8)

5. Любая система в природе стремится достичь состояния с максимальным значением энтропии. Энтропия задаётся формулой Больцмана: $S = k_b \cdot \ln W$, где $k_b = R/N_A$ ($R = 8,314$ Дж/(К·моль) и $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹), а W – число возможных пермутаций (перестановок) для данного состояния. Чем больше пермутаций у какого-либо состояния, тем больше вероятность, что система находится в этом состоянии. Состояние с наибольшей энтропией есть наиболее вероятное состояние.

Подсказка: если имеется N шаров разных цветов, из которых n_1 красного цвета,

n_2 жёлтого и т.д., то число возможных перестановок $W = \frac{N!}{n_1!n_2!\dots}$,

где $n!$ – факториал числа n , то есть $n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot (n-1) \cdot n$; **$N! 0! = 1$**

Обоснуйте на примере простой модели, почему в аудитории невозможно образование вакуумной дыры.

Предположим, что в двух соединённых газовых баллонах находится 6 атомов газа.

а) Найдите W для всех возможных распределений атомов.

б) Объясните, почему газ в баллонах (в аудитории) распределён более-менее равномерно.

Представьте систему из 5 атомов, где каждый атом обладает нулевой энергией (абсолютный нуль, $T = 0$ К) – см. диаграмму.

4: _____

3: _____

2: _____

1: _____

0: 00000

в) Найдите W для для всех возможных распределений, если система получила

i) 2 единицы энергии, ii) 4 единицы энергии. Сделайте вывод о температурной зависимости энтропии системы.

Энергия частицы (E) в закрытом кубе с длиной ребра L задаётся уравнением

$E = \frac{n^2 h^2}{8mL^2}$, где n – целое число, выражающее энергетический уровень, h –

константа Планка и m – масса частицы.

д) Объясните на основе данного уравнения, почему при расширении газа энтропия растёт. (8)

6. Прогресс в развитии топливных элементов тормозит тот факт, что используемый в качестве топлива водород имеет низкую плотность (следовательно занимает большой объём). Из-за этого пробег автомобиля на водороде уступает пробегу автомобиля с бензиновым мотором в несколько раз. Так как хранение жидкого водорода сопряжено с определёнными трудностями, учёные пытаются найти гидриды, которые бы (обратимо) связывали как можно больше водорода. Одним из кандидатов является комплексное соединение NaAlH_4 , которое при температуре 230 °С выделяет обратимо 5,6% водорода по массе. Недавно было обнаружено, что при введении NaAlH_4 в пористый углерод температура выделения водорода понижается до 150 °С благодаря наноструктуре.

а) i) Каково процентное содержание водорода в NaAlH_4 ? ii) Сколько граммов водорода выделится при добавлении воды к 100 г NaAlH_4 (вода поступает из топливного элемента)? iii) Напишите схему и условия проведения реакций промышленной регенерации NaAlH_4 из полученного в пункте ii) продукта (не реагирует напрямую с водородом).

б) Термическое разложение NaAlH_4 происходит в 3 этапа: i) при $T = 353$ К образуется соединение алюминия с координационным числом 6, ii) при $T = 423$ К образуется бинарный гидрид, iii) при $T = 700$ К выделяется весь водород. Напишите уравнения реакций i)-iii).

в) NaAlH_4 активно реагирует с другими веществами. Какие соединения образуются при реакции NaAlH_4 i) с этановой кислотой, ii) с ацетоном и iii) с ацетамидом? (12)