

Задачи заключительного тура олимпиады по химии 2008/2009 уч.г.

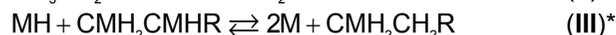
12 класс

1. Штирлиц попытался отравить Мюллера, подсыпав в стакан воды (250 см³) 0,21 моль натриевой соли NaA. Слабая кислота HA (pK_a кислоты = 9,22) является также причиной отравления косточками плодов. Она образуется при гидролизе амигдалина (C₂₀H₂₇NO₁₁), в результате гидролиза образуются также глюкоза и бензальдегид.
- Напишите уравнение гидролиза амигдалина. (1)
 - Напишите формулу кислоты HA и ее тривиальное название. (1)
 - Рассчитайте концентрацию кислоты HA в стакане (K_w = 10⁻¹⁴). (3)
 - Сколько плодов вишни должен был скормить Штирлиц Мюллеру (последний, видимо, не очень умен и проглатывает косточки), чтобы в теле Мюллера оказалось бы такое же количество HA, которое было в стакане. Содержание амигдалина в косточке вишни 0,8% и масса косточки ~2 г. (2) **7 б**

2. H – протий является изотопом водорода, молекулярная масса которого равна 1, D – дейтерий является изотопом с молекулярной массой 2, T – тритий – изотоп с молекулярной массой 3. В водной среде атомы протия и дейтерия меняются в молекулах воды благодаря диссоциации воды.

- Смешивают 80 моль H₂O и 20 моль D₂O. Каков конечный состав смеси после того, как смесь немного постоит? (3)
„Горячие“ атомы трития, которые получают при помощи ядерных реакций, могут замещать атомы протия в молекулах бутана.

- Сколько мономозамещенных продуктов присутствует в смеси бутана и „горячего“ трития? Оцените соотношение продуктов. Обоснуйте. (3)
Благодаря адсорбции на поверхности металла происходит обмен атомов протия на атомы дейтерия в молекулах пропана. Для того, чтобы определить механизм реакции обмена, предположите, что пропан реагирует согласно схеме (M – атом металла на поверхности, R = C¹H₃, на I этапе на поверхности металла могут адсорбироваться как ¹H₂, так и D₂, которые далее реагирует с пропаном C¹H₃C¹H₂R):



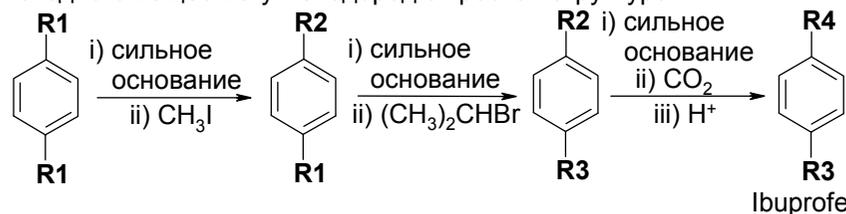
* Реакции (I) и (III) являются обратимыми: атомы водорода могут меняться несколько раз.

- Сколько продуктов пропана может образоваться согласно приведенной схеме? Напишите плоскостные структурные формулы этих продуктов, обозначив положение протия и дейтерия. (7) **13 б**

3. Соединение хлора A, красно-желтый газ (%(Cl)= 52,6%), является первым открытым оксидом хлора. В настоящее время его производят в больших количествах для отбеливания древесины и очистки воды. Гемфри Дэви получил газ A реакцией диспропорционирования хлорсодержащей кислоты B. Кислоту B синтезировали при помощи реакции концентрированной серной кислоты и твердого KClO₃. Остальными продуктами реакции диспропорционирования являются вода и кислота C (1). Из соображений безопасности газ A производят непосредственно перед его использованием. Для отбеливания древесины его получают при частичном восстановлении NaClO₃ диоксидом серы в кислой среде (2). В лаборатории вещество A получают при помощи реакции NaClO₃ с (COOH)₂ в присутствии серной кислоты (3). Соединение A можно также получить окислением NaClO₂ при помощи хлора (4).

- Найдите степени окисления хлора в веществах A, B и C. (3)
- Какая структура у молекул A и C? Оцените значение углов между связями. (2)
- Напишите уравнения упомянутых реакций получения вещества A. (4) **9 б**

4. Связь C–H имеет очень слабые кислотные свойства и под действием сильных оснований ее можно депротонировать. Нуклеофильность образующихся карбанионов используют в маршрутах синтеза. Одним из элегантных примеров является синтез лекарства ибупрофена (206 г/моль), три этапа которого можно провести в одной колбе без выделения и очистки промежуточных продуктов, используя в качестве исходного вещества углеводород с простой структурой:



Структура ибупрофена содержит хиральный центр и везде используют только один эквивалент каждого реагента.

- Нарисуйте структурные формулы групп R1–R4. (4)
- Нарисуйте структурную формулу R-изомера конечного продукта. (1)

с) Если в трехэтапном синтезе выход каждого этапа составляет в среднем 80%, то каков суммарный выход синтеза? (1)

д) Бутиллитий (C_4H_9Li) – одно из сильных оснований, используемых в органическом синтезе. Напишите уравнение реакции (и расставьте коэффициенты) уксусной кислоты с одним эквивалентом бутиллития. (2) **8 б**

5. Французский ученый А. Лавуазье в 1783 году определил, что при реакции горючего газа (флогистона) с воздухом образуется вода. Сразу же начались исследования по поиску подходящего промышленного метода производства этого газа, чтобы использовать его в воздухоплавании. Найденный метод заключался в том, что выпущенный из котла водяной пар пропускали через докрасна накаливаемый ружейный ствол.

а) Напишите уравнение реакции этого метода. (1)

б) Сколько кубических метров водорода можно теоретически получить из ружейного ствола весом 2,0 кг ($15^\circ C$ и 1,0 бар)? (2)

с) Рассчитайте константу равновесия реакции при температуре $1000^\circ C$. Для

	Fe	FeO	H ₂ O	H ₂
H_f^0 , кДж моль ⁻¹	0	-217	-204	0
S^0 , Дж моль ⁻¹ K ⁻¹	78	141	243	174

этого рассчитайте для реакции ΔH^0 , ΔS^0 и ΔG^0 , исходя из данных, приведенных в таблице. (4)

д) В какую сторону смещается равновесие при i) повышении давления и ii) повышении температуры? (2)

е) Найдите, сколько ружейных стволов необходимо израсходовать для наполнения воздушного шара, чтобы он мог подняться в воздух ($15^\circ C$ и 1,0 бар). Суммарный вес ученого, оболочки воздушного шара и корзины составляет 200 кг. (1)

ф) Рассчитайте объем этого количества водорода на высоте 2 км, если атмосферное давление равно 0,78 бар и температура $2,0^\circ C$. (2) **12 б**
 $1 \text{ бар} = 100 \text{ кПа}$, $R = 8,314 \text{ Дж моль}^{-1} \text{ K}^{-1}$, $M_r(\text{воздух}) = 29$

6. Однажды Опоссуму попался на глаза выброшенный номер спортивного журнала и он начал мечтать: “А вдруг и из меня бы получился спринтер?” Представляя себе, как хорошо он бы выглядел в облегчающей спортивной форме, он решил сначала проверить данную гипотезу. В журнале Nature он нашел подходящий метод, как определить, подходят его мышцы больше для спринта или марафона. Согласно найденному методу Опоссум предпринял попытку определить активность энзима АТФ-азы, дающего энергию мышечным волокнам. АТФ распадается на АДФ и анион А. Анион А обрабатывают в основной среде $CaCl_2$, в результате чего образуются соль В и анион С. К соли В добавляют хлорид D (розоватый раствор), который

содержит 45,39% металла Y. Образуются соль E и $CaCl_2$. В реакции $(NH_4)_2S$ с веществом E образуется темного цвета пятно нерастворимого конечного продукта M, который является показателем активности АТФ-азы.

а) Напишите формулы и названия ионов А, С и веществ В, D, E, Y. Определите при помощи расчетов вещество D. (6)

б) Напишите уравнения реакций: $ATP^{4-} \xrightarrow{ATP-азы} ADP^{3-} + A$
 $A + CaCl_2 \rightarrow B$ $B + D \rightarrow E$ $E \rightarrow M$ (4)

Согласно приведенному методу часть мышечных волокон окрашивается в темный цвет, часть волокон остается светлыми. Опоссум выяснил, что при анализе его мышц светлых волокон было больше.

с) Объясните, подходящий ли тип мышц у Опоссума для того, чтобы могла сбыться его мечта стать спринтером? (1) **11 б**