

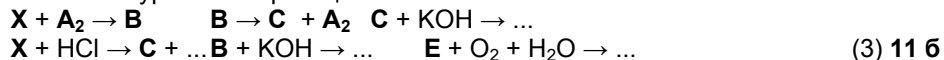
**Задачи заключительного тура олимпиады по химии 2008/2009 уч.г.  
9 класс**

1. Элемент **X** входит в состав гема, где его степень окисления (ст.ок.) равна +II или +III. При нагревании металла **X** с двухатомным газом **A<sub>2</sub>**, плотность которого больше плотности водорода в 35,5 раза, образуется соль **B** (ст.ок.**(X)** = III), которая при нагревании может дать в свою очередь соль **C** (ст.ок.**(X)** = II). Соль **C** образуется и в реакции металла **X** с соляной кислотой. Как соль **B**, так и соль **C** реагируют с раствором KOH, образуя осадки соответственно коричневого гидроксида **D** и белого гидроксида **E**. Гидроксид **E** превращается в воде в присутствии кислорода воздуха в гидроксид **D**.

a) Рассчитайте молекулярную массу элемента **A**, если  $\rho = M/V_m$ . (2)

b) Напишите формулы и названия веществ **A<sub>2</sub>**, **B-E**, **X**. (6)

c) Напишите уравнения реакций:



2. Для растапливания снега и льда на дорогах и тротуарах используют хлориды натрия, кальция и магния. Из лужи взяли 10 см<sup>3</sup> воды (1,0 г/см<sup>3</sup>), профильтровали и к фильтрату добавили 3 см<sup>3</sup> 20% раствора нитрата серебра (1,2 г/см<sup>3</sup>). Полученную смесь взболтали и снова профильтровали. Вещество на фильтровальной бумаге высушили и взвесили, его масса оказалась равной 143 мг.

a) Рассчитайте процентное (по массе) содержание хлорид-ионов в луже. (3)

b) Расчетами покажите, что для осаждения всех ионов Cl<sup>-</sup> достаточно прибавленного количества ляписа. (1)

Ионы Mg<sup>2+</sup> и Ca<sup>2+</sup> вызывают жесткость природной воды. Предположим, что на 10 ионов Cl<sup>-</sup> в луже приходится 2 иона Ca<sup>2+</sup> и 1 ион Mg<sup>2+</sup>.

c) Сколько граммов Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> требуется на смягчение 3,5 дм<sup>3</sup> воды из лужи? (4)

**86**

3. В вытяжном шкафу лаборатории стояли в закрытых сосудах уксус, спирт, этилен и парафин, каждого вещества по 1,0 г. На сосудах были следующие этикетки: C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>COOH, CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>17</sub>CH<sub>3</sub>. Профессор Б. Бюреткин дал юному химику Пете Пробиркину несколько задач про эти вещества:

a) Найти для каждой формулы вещества соответствующее тривиальное или бытовое название, а также систематическое название. (4)

b) Напишите уравнения реакций полного сгорания каждого из веществ. (4)

c) Если продуктами сгорания заполнить воздушный шар (при 0°C), то в случае сгорания каких веществ получим самый большой шар? ( $V_m = 22,4 \text{ дм}^3/\text{моль}$ )(4)

Помогите Пете решить задачи!

**12 6**

4. Загрязнение нефтью является серьезной экологической проблемой. С танкера произошла утечка 500 тонн топлива, которое содержало (по массе) 50% пентана (C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>; плотность 0,626 г/см<sup>3</sup>, температура кипения 36°C) и 50% октана (C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>; 0,703 г/см<sup>3</sup>,  $T_k = 126^\circ\text{C}$ ). При утечке топлива в воду его легкий компонент испаряется полностью, более тяжелые компоненты сначала образуют на поверхности воды тонкую пленку, которая затем смешивается с водой, образуя дисперсную систему. Оставшееся на поверхности воды топливо можно собрать с помощью адсорбентов, впитывающих органические вещества. Для этого необходимо определить количество топлива на одном гектаре. Это определяют визуально – например, если пленка топлива на поверхности сильно

переливается цветами радуги, то загрязнение оценивают как 3 литра на один гектар поверхности моря.

a) Как называется дисперсная система, состоящая из двух жидкостей? (0,5)

b) Какой из компонентов топлива испаряется и какой остается на поверхности воды? Найдите объем испарившегося органического вещества (газ, н.у.). (3,5)

c) Найдите объем оставшегося на поверхности воды компонента топлива (жидкость) и рассчитайте, сколько гектаров поверхности воды может загрязнить это количество. (3)

d) Для легкого компонента топлива найдите число его частиц в одном литре (в газообразном состоянии) и в одном литре в жидком состоянии; для тяжелого компонента найдите число его частиц в одном литре в жидком состоянии. (5)

**12 6**

5. Основной компонент хлопчатобумажной ткани - целлюлоза (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub> (в скобках приводится состав повторяющегося звена целлюлозы и *n* обозначает число звеньев). Звено целлюлозы состоит из шестиатомного цикла, который содержит 1 атом кислорода и 5 атомов углерода. Циклы между собой соединены атомами кислорода. Остальные атомы кислорода входят в состав гидроксильных групп.

a) К классу каких веществ относится целлюлоза? Сколько групп -ОН в одном звене? Рассчитайте молекулярную массу повторяющегося звена целлюлозы. (2)

b) Сколько молей углерода содержит одна молекула целлюлозы, в которой  $n = 4000$ ? (1)

Немецкий химик К.Ф.Шонбейн открыл метод получения нитроцеллюлозы из хлопка, когда хлопчатобумажным фартуком жены вытер пролившуюся во время опыта смесь концентрированных азотной и соляной кислот. При высушивании фартук сгорел со взрывом. Содержащиеся в целлюлозе группы -ОН прореагировали с азотной кислотой и заменились на группы -ONO<sub>2</sub>, из-за чего целлюлоза превратилась во взрывчатое вещество нитроцеллюлозу.

c) Напишите формулу звена нитроцеллюлозы и рассчитайте ее молекулярную массу. (2)

d) Рассчитайте, чему равна масса образовавшейся нитроцеллюлозы, предположив, что фартук массой 350 г прореагировал полностью и ткань содержала 90% целлюлозы. (2) **7 6**

6. Каолинит (минерал **A**, 258 г/моль) является основным компонентом китайского фарфора. Каолинит состоит из трех оксидов (**Q**, **X** и **Z**), которые в каолините находятся в мольном отношении 1:2:2; их массовая доля равна 39,5%, 46,5% и 14,0%. При нагревании каолинита выделяется вся содержащаяся в минерале вода и образуется метакаолин (минерал **B**, 222 г/моль), при дальнейшем сильном нагревании которого образуется шпинель (минерал **D**, 384 г/моль) и оксид **X**, являющийся основным компонентом песка. При еще более сильном нагревании **D** образуется муллит (минерал **E**, 426 г/моль) и снова оксид **X**. Минералы **B**, **D** и **E** имеют одинаковый качественный состав, причем мольное отношение в них оксидов **Q** и **X** равно соответственно 1:2, 2:3 и 3:2. Металл, содержащийся в оксиде **Q**, не реагирует с концентрированной серной кислотой из-за образования на поверхности металла оксида **Q** (пассивация).

a) Определите оксиды **Q**, **X** и **Z** (формулу и название) и найдите брутто-формулы минералов **A**, **B**, **D** и **E**. (7)

b) Напишите (брутто-формулами) уравнения реакций (расставьте коэффициенты):  $A \rightarrow B + Z$ ;  $B \rightarrow D + X$ ;  $D \rightarrow E + X$  (3) **10 6**

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

1. а) Нарисуйте плоскостные структурные формулы следующих соединений:  $\text{HCHO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{COCl}_2$ ,  $(\text{COCl})_2$ ,  $\text{CH}_3\text{CN}$ ,  $\text{HClO}_4$ . (7)
- б) Плотность тяжелой воды  $\text{D}_2\text{O}$  при  $20^\circ\text{C}$  равна  $1,106 \text{ г/см}^3$ , плотность обычной воды -  $0,9982 \text{ г/см}^3$ . Рассчитайте молярные массы и молярные объемы  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{D}_2\text{O}$  с точностью до четырех значащих цифр. Какой объем (в литрах) в среднем занимает одна молекула воды в обеих жидкостях? [ $A_r(\text{H}) = 1,008$ ,  $A_r(\text{D}) = 2,014$  и  $A_r(\text{O}) = 15,999$ ] (3)
- в) Сделайте следующие предположения: цитоплазма клетки бактерии содержит в равных количествах  $900$  разных типов энзимов, молекулярная масса у всех энзимов равна  $90\ 000$ ; клетка бактерии представляет собой цилиндр диаметром  $1,0 \text{ мкм}$  и высотой  $2,0 \text{ мкм}$ ; масса этих энзимов составляет  $25\%$  от массы цитоплазмы (плотность  $1,2 \text{ г/см}^3$ ). Рассчитайте объем ( $\text{м}^3$ ) такой гипотетической клетки бактерии и молярную концентрацию энзима ( $\mu\text{моль/дм}^3$ ) в цитоплазме бактерии.  
Подсказка:  $V_{\text{цилиндр}} = h\pi r^2$  (4) **14 б**
2. Газ **В** можно получить в подкисленной среде реакцией между веществом **А** и  $\text{MnO}_2$ . При окислении газа **В** веществом **С** получают вещества **Д** и **Е**. При гидролизе вещества **Д** образуется бинарное соединение **Ф** и соединение **Г**. Соединение **Г** является нестабильным и под действием света разлагается на соединения **Н**, **И** и **Ж**. Один из продуктов разложения (**Ж**) образуется и в реакции взаимодействия вещества **И** с диоксидом серы.  
Подсказки: Вещества **А**, **В**, **Д**, **Е**, **Г–Ж** содержат элемент **Х**. Вещество **А** издавна известно как вкусовая добавка и консервант. Элемент, входящий в состав простого вещества **С**, расположен в одной группе с элементом **Х**. Как соединение **Д**, так и **Е** являются бинарными и состоят из одних и тех же элементов, причем степень окисления (ст.ок.) одного из элементов в соединении **Д** в 3 раза больше, чем ст.ок. этого элемента в соединении **Е**. Молекулярная масса соединения **Ж** составляет  $95\%$  от молекулярной массы вещества **В**.
- а) Напишите формулы веществ **А–Ж**. (5)
- б) Напишите уравнения реакций:  $\text{A} + \text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{B} + \dots$   
 $\text{B} + \text{C} \rightarrow \text{D} + \text{E}$        $\text{D} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$        $\text{I} + \text{SO}_2 \rightarrow \dots$  (4)
- в) Методом электронного баланса расставьте коэффициенты в уравнении реакции разложения соединения **Г**. (2)
- д) Расположите водные растворы **Г**, **Н**, **И** в порядке возрастания силы кислот. (1) **12 б**
3. Молярная масса гелия -  $4,00 \text{ г/моль}$ , молярная масса воздуха -  $29,0 \text{ г/моль}$ .
- а) Найти массу точно 1 литра гелия и 1 литра воздуха при н.у ( $1 \text{ атм}$ ,  $0^\circ\text{C}$ )? (1)
- б) Чему должно равняться давление гелия, чтобы его плотность равнялась плотности воздуха при нормальном давлении (оба газа при одинаковой температуре)? (2)
- в) Чему должна равняться температура воздуха ( $^\circ\text{C}$ ), чтобы его плотность при нормальном давлении равнялась плотности гелия (при н.у). (2)

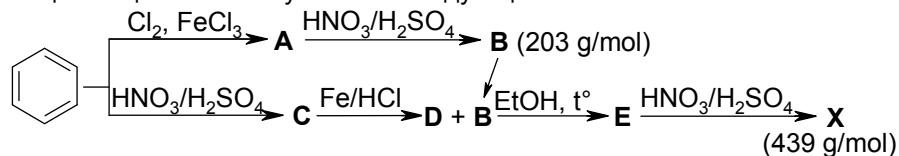
д) В воздухе содержится  $5,2 \text{ ppm}$  гелия (по объему). Чему равно  $\text{ppm}$  гелия по массе? ( $1 \text{ ppm} = \text{одна миллионная часть/доля}$ ) (1) **6 б**

4. Металл **М** играет важную роль в современной энергетике. В природе из-за своей высокой химической активности он встречается только в составе соединений, где его ст.ок. всегда одинакова. Металл **М** на воздухе покрывается уже при комнатной температуре слоем оксида, гидроксида, карбоната и нитрида; при нагревании он соединяется, например, с водородом, образуя гидрид. При реакции 1 моль гидрида с водой выделяется 1 моль водорода. Как металл **М**, так и его оксид реагируют с водой, образуя гидроксид, являющийся сильным основанием. Гидроксид термически нестабилен и при нагревании разлагается снова до оксида, как и карбонат **М**.
- а) Рассчитайте ст.ок. металла **М** в соединениях. Определите металл **М**. (2)
- б) Напишите уравнение реакции гидрида **М** с водой. Какой элемент проявляет себя как окислитель, и какой - как восстановитель? Сколько литров водорода (н.у.) образуется в реакции 1,0 грамма гидрида с водой? (3)
- в) Напишите уравнения реакций: металла **М** с кислородом, водородом, водой и азотом; оксида металла **М** с водой; термического разложения карбоната **М**. Приведите названия соединений металла **М**, принимающих участие в реакциях. (6) **11 б**
5. В качестве топлива для газовой плиты можно использовать сжиженный или природный газ. В баллоне сжиженного газа AGASOL®  $33,0 \text{ кг}$  бутана. Природный газ по объему содержит примерно  $98\%$  метана и остальные  $2\%$  - смесь  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8$ ,  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{He}$ ,  $\text{CO}_2$ . Энтальпии сгорания:  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ :  $-2655 \text{ кДж/моль}$ ,  $\text{CH}_4$ :  $-802 \text{ кДж/моль}$ .
- Подсказки: Для упрощения расчетов предположите, что природный газ содержит  $98\% \text{ CH}_4$  и  $2\% \text{ N}_2$ . Допустите, что давление постоянно.
- а) Напишите уравнение реакции сгорания бутана и рассчитайте энергию, выделившуюся при сгорании  $33,0 \text{ кг}$  бутана. (3)
- б) Напишите уравнение реакции сгорания метана. Рассчитайте объем природного газа, при сгорании которого выделяется такое же количество энергии, что при сгорании одного баллона бутана **и**) зимой ( $-10^\circ\text{C}$ ) и **ii**) летом ( $+20^\circ\text{C}$ ). (5) **8 б**
6. Определяемые элементы **А**, **В**, **С**, **Д**, **Е** являются ближайшими соседями элемента **Ф**. При рассмотрении периодической системы элементов выясняется, что атомная масса элемента **В** больше, чем атомные массы элементов **А** и **С**. Атомный номер элемента **Д** на 31 больше, чем атомный номер элемента **Ф** и на 49 больше атомного номера элемента **В**. Разница атомных масс элементов **Д** и **Е** составляет  $2,0 \text{ а.е.м.}$  Элементы **В** и **Е** расположены в одной группе. Элементы **А** и **С** присутствуют в **С–А-**аккумуляторах, в которых простое вещество **С** реагирует с гидроксидом элемента **А** и образуются два гидроксида.
- а) Напишите символы элементов **А–Ф**. (6)
- б) Напишите уравнение реакции простого вещества **С** с гидроксидом элемента **А**. (1)
- в) Обоснуйте логику определения элементов. (2) **9 б**

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

11 класс

1. Вещество **X** впервые синтезировал немецкий химик Питер Аустен в 1874 г. Благодаря его интересным свойствам вскоре началось промышленное производство этого вещества. Вещество **X** используется в детонаторах, так как оно имеет большую взрывную мощь. Вещество **X** получают по следующей схеме:



- a) Напишите структурные формулы веществ **A-E** и **X**. (6)  
 Вещество **X** используется также для качественного и количественного определения ионов  $\text{K}^+$ ,  $\text{Rb}^+$  и  $\text{Cs}^+$ : эти ионы вместе с веществом **X** образуют ярко-красную соль.
- b) Напишите структурную формулу этого продукта, обозначив ион металла  $\text{M}^+$ . (1) **7 6**
2. Будущий медик Мати решил исследовать гемолиз – разрушение мембраны красных кровяных телец. Для этого из 1,0%-ного раствора  $\text{NaCl}$  и дистиллированной воды ему нужно было приготовить 0,90% и 0,30% растворы. Масса обоих растворов должна была быть 5,0 граммов.
- a) Рассчитайте, сколько граммов обоих исходных компонентов – 1,0%-ного водного раствора  $\text{NaCl}$  ( $\rho = 1,0 \text{ г/см}^3$ ) и воды – нужно взять для приготовления обоих растворов. Рассчитайте молярную концентрацию ( $1 \text{ M} = 1 \text{ mol/dm}^3$ ) обоих растворов. (6)  
 Гемолиз происходит при попадании кровяных телец в гипотонический раствор. В гипотоническом растворе осмотическое давление  $\pi$  меньше, чем в самих кровяных тельцах, поэтому вода перетекает через клеточную стенку внутрь кровяного тельца и клетка разрушается. Это происходит в том случае, если в окружающем клетку растворе осмотическое давление меньше 3 атм.
- b) Мати добавил в оба приготовленных раствора по 2-3 капли крови. Докажите при помощи расчетов, в каком из растворов может происходить гемолиз при комнатной температуре ( $21^\circ\text{C}$ ). (4)  
 Осмотическое давление  $\pi = icRT$ , где  $i$  – изотонический коэффициент (в растворе  $\text{NaCl}$   $i = 2$ ),  $c$  – молярная концентрация раствора ( $\text{M}$ ),  $T$  – температура ( $\text{K}$ ) и  $R = 0,082 \text{ дм}^3 \cdot \text{атм/К} \cdot \text{моль}$  **11 6**

3. Вероятно, на планете Грельзак нет углерода. А из чего же тогда

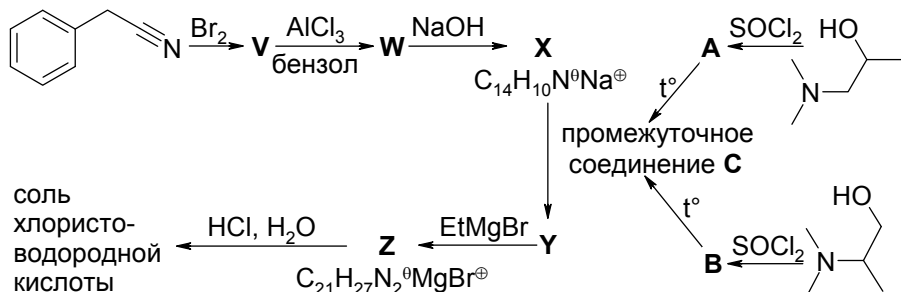
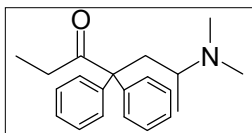


состоит Зерблат – обитатель планеты Грельзак (шестая планета в созвездии Боба)? Считается, что у Зерблата углерод заменен элементом **X**. В отличие от углерода, при окислении элемента **X** образуется твердый оксид **A**, из которого состоит также скелет инопланетянина. Это вещество химически инертно и реагирует только с одной определенной кислотой **B**. Сам элемент **X** не реагирует с этой кислотой, однако вступает в реакцию со щелочным раствором. Кости Зерблата способны изменять форму под действием силы, что инопланетянин использует для движения рук и ног. Поэтому у него полностью отсутствует необходимость в мышцах. **C** – аналог пропана элемента **X**, который легко воспламеняется на воздухе. Это объясняет, почему Зерблат светится в темноте. Вместо энзимов и клеточных мембран у Зерблата микропорные соединения, например,  $\text{Na}_4\text{Al}_4\text{X}_4\text{H}_{18}\text{O}_{25}$ . На Земле похожие соединения используют для крекинга нефти и очистки воды. У Зерблата очень твердые зубы, состоящие из соединения  $\text{X}_3\text{Z}_4$ . К сожалению, с течением времени они корродируют под действием потребления 40%-ной кислоты **B** (веселящий напиток, который заменяет Зерблату этанол). В качестве продуктов распада образуется комплексная кислота элемента **X** ( $\%(\text{X}) = 19,5$ ) и простая соль кислоты **B** ( $\%(\text{Z}) = 37,8$ ). На Земле Зерблат становится мягким и липким, поскольку при вдыхании углекислого газа путем сложных превращений образуется вещество **D**, которое содержит углерод, кислород, водород и элемент **X**. Похожие вещества используют на Земле для производства прокладок и шлангов. Электропроводность вещества **X** зависит от примесей, что используется в центре хранения и обработки информации инопланетянина (похож на мозг человека), и наряду с большой головой объясняет необыкновенную интеллектуальность Зерблата ( $\text{IQ} = 12735$  или 57 зеттафлопсов).

- a) Напишите формулы и названия **X**, **A-D**,  $\text{Na}_4\text{Al}_4\text{X}_4\text{H}_{18}\text{O}_{25}$  (напишите в виде оксидов),  $\text{X}_3\text{Z}_4$ . (7)
- b) Напишите уравнения реакций:  
 $\text{X} + \text{O}_2 \rightarrow \dots$   
 $\text{A} + \text{B} \rightarrow \dots$   
 $\text{X} + \text{H}_2\text{O} + \text{NaOH} \rightarrow \dots$   
 $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \dots$   
 $\text{X}_3\text{Z}_4 + \text{B}(\text{в избытке}) \rightarrow \dots$

(5) **12 6**

4. Метадон (на рисунке) – опиоид, применяемый в качестве анальгетика, а также при заместительной терапии морфинизма. Его можно приготовить в виде соли хлористоводородной кислоты по приведенной схеме:



Известно, что промежуточное соединение **C** – соль, содержащая хлорид-ион.

- a) Напишите структурные формулы веществ **A-C**, **V-Z** и соли хлористоводородной кислоты метадона. (9)

Биологически активен только (*R*)-энантиомер метадона.

- b) Напишите структурную формулу (*R*)-изомера метадона, в котором обозначьте пространственное расположение находящихся вокруг хирального центра групп. (1) 10 б

(IChO41 Preparatory problems, аналог задания 25)

5. Подагра – заболевание, обусловленное повышенным содержанием мочевой кислоты в крови (гиперурикемия) и образованием кристаллов ее солей, уратов натрия, в тканях организма. Образование таких кристаллов в суставах пальцев приводит к тяжелому болезненному состоянию и их опуханию.

- a) Исходя из произведений растворимости урата натрия ( $C_5H_3N_4O_3Na$ )  $6,04 \cdot 10^{-5}$  и урата динатрия ( $C_5H_2N_4O_3Na_2$ )  $7,8 \cdot 10^{-7}$ , рассчитайте растворимости (*M*) обеих солей в чистой воде. (6)

Для облегчения протекания болезни рекомендуется не употреблять в пищу поваренную соль ( $NaCl$ ) или заменить ее другой солью, не содержащей натрий.

- b) Рассчитайте, во сколько раз уменьшатся растворимости урата натрия и урата динатрия, если слить  $80 \text{ см}^3$  насыщенного раствора каждой соли с  $20 \text{ см}^3$   $0,25 \text{ M}$  раствора  $NaCl$ . Контракцией растворов пренебречь. (6) 12 б

6. Йорген и Андрес играют в игру, называя по очереди природные нерадиоактивные элементы в характерных степенях окисления (с.о.) от +I до +VIII, потом опять от +I до +VIII, и т.д. Например, 1 ход: Андрес – Li (с.о. = +I,  $Li_2O$ ), Йорген – Be (с.о. = +II,  $BeO$ ); 2 ход: Андрес – В (с.о. = +III,  $B_2O_3$ ), Йорген – С (с.о. = +IV,  $CO_2$ ); 3 ход: и т.д. Каждый элемент можно называть только один раз и выигрывает тот, кто больше не может назвать ни одного элемента, у которого были бы соединения с соответствующей с.о. элемента. Йорген начал игру первым.

- a) Назовите последний нерадиоактивный элемент в периодической системе и перечислите все предшествующие ему радиоактивные элементы. (1)
- b) Назовите две с.о., в которых встречается меньше всего элементов в периодической системе. (1)
- c) Какое минимальное количество ходов потребуется для выигрыша Йоргену? Приведите по одному примеру кислородсодержащего соединения каждого элемента (в соответствующей с.о.), которые Йорген в таком случае точно назовет. (2)
- d) Какое минимальное количество ходов потребуется для выигрыша Андресу? Приведите по одному примеру кислородсодержащего соединения или фторида каждого элемента (в соответствующей с.о.), которые Андрес в таком случае точно назовет. (2)
- e) Сколько ходов может потребоваться для завершения игры, если Йорген и Андрес играют пассивно? (2) 8 б

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

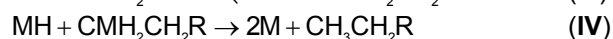
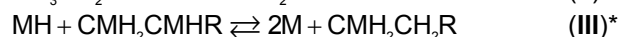
**12 класс**

1. Штирлиц попытался отравить Мюллера, подсыпав в стакан воды (250 см<sup>3</sup>) 0,21 моль натриевой соли NaA. Слабая кислота HA (pK<sub>a</sub> кислоты = 9,22) является также причиной отравления косточками плодов. Она образуется при гидролизе амигдалина (C<sub>20</sub>H<sub>27</sub>NO<sub>11</sub>), 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<sub>w</sub> = 10<sup>-14</sup>). (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 H<sub>2</sub>O и 20 моль D<sub>2</sub>O. 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 монозамещенных 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 = C<sup>1</sup>H<sub>3</sub>, на I этапе на поверхности металла могут адсорбироваться как <sup>1</sup>H<sub>2</sub>, так и D<sub>2</sub>, которые далее реагирует с пропаном C<sup>1</sup>H<sub>3</sub>C<sup>1</sup>H<sub>2</sub>R):



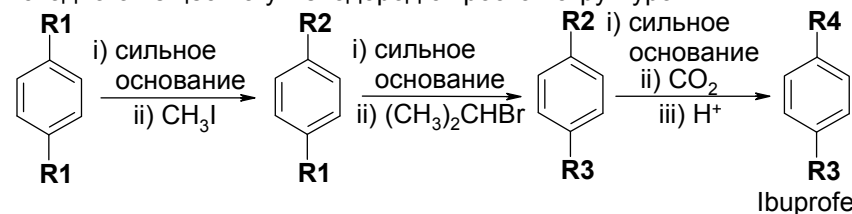
\* Реакции (I) и (III) являются обратимыми: атомы водорода могут меняться несколько раз.

- 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 KClO<sub>3</sub>. 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 NaClO<sub>3</sub> диоксидом серы в кислой среде (2). В лаборатории вещество A получают при помощи реакции NaClO<sub>3</sub> с (COOH)<sub>2</sub> в присутствии серной кислоты (3). Соединение A можно также получить окислением NaClO<sub>2</sub> 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)

- c) Если в трехэтапном синтезе выход каждого этапа составляет в среднем 80%, то каков суммарный выход синтеза? (1)
- d) 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.
- a) Напишите уравнение реакции этого метода. (1)
- b) Сколько кубических метров водорода можно теоретически получить из ружейного ствола весом 2,0 кг ( $15^\circ C$  и 1,0 бар)? (2)
- c) Рассчитайте константу равновесия реакции при температуре  $1000^\circ C$ . Для этого рассчитайте для реакции  $\Delta H^0$ ,  $\Delta S^0$  и  $\Delta G^0$ , исходя из данных, приведенных в таблице. (4)
- |   | Fe | FeO  | H <sub>2</sub> O | H <sub>2</sub> |
|---|----|------|------------------|----------------|
| $H_f^0$ , кДж моль <sup>-1</sup>              | 0  | -217 | -204             | 0              |
| $S^0$ , Дж моль <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> | 78 | 141  | 243              | 174            |
- d) В какую сторону смещается равновесие при i) повышении давления и ii) повышении температуры? (2)
- e) 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)
- f) 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 ADP 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.

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

b) 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.

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