

**Задачи заключительного тура олимпиады по химии 2010/2011 уч.г.  
10 класс**

**Уравнение состояния идеального газа**

1. Исаак готовился к олимпиаде и попросил дедушку помочь. Дедушка не совсем забыл химию и отлично помнил, как применяется уравнение состояния идеального газа ( $pV = nRT$ ). Исаак правильно ответил на все вопросы на олимпиаде. Подготовился ли ты также хорошо?
- a)** Рассчитайте значение универсальной газовой постоянной  $R$ , если 1,00 моль газа занимает 22,4 дм<sup>3</sup> при нормальных условиях (1,00 атм и 273 К (0 °C)). (2)
- b)** Рассчитайте значение газовой постоянной  $R$  в единицах дм<sup>3</sup>·торр/(моль·К) и см<sup>3</sup>·атм/(моль·К). (2)
- c)** Рассчитайте объем 1,00 моль H<sub>2</sub>O при давлении 1,00 атм и температуре 25 °C. (2)
- d)** Сравните объемы 6,8 моль N<sub>2</sub> и 6,8 моль H<sub>2</sub> при нормальных условиях. Объясните полученный ответ. (1)
- e)** Сравните объемы 6,8 г N<sub>2</sub> и 6,8 г H<sub>2</sub> при нормальных условиях. Объясните полученный ответ. (1) **8 б**

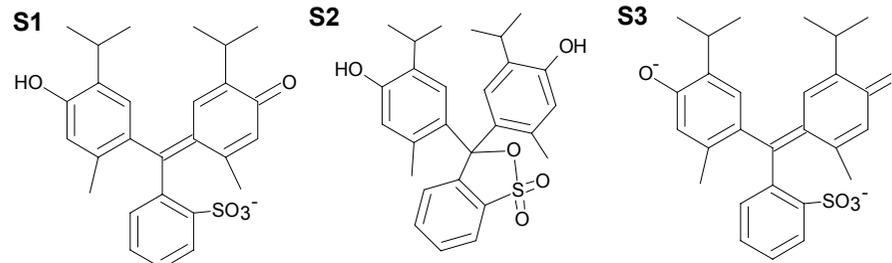
**Травильный раствор "пиранья"**

2. Смешиванием двух жидкостей **A** и **B** получают раствор, который из-за агрессивности называют травильным раствором "пиранья". Жидкость **A** имеет сильноокислотную среду. Ее можно приготовить смешиванием двух жидких при комнатной температуре оксидов (плотность одного из них в твердом состоянии меньше плотности воды, другой оксид можно получить полным окислением элемента **X**). Элемент **X** встречается в природе в свободном виде. При комнатной температуре **X** - твердое светлое вещество. При его расплавлении образуется коричневая жидкость, которая при быстром охлаждении дает темную резинообразную массу. Жидкость **B** может проявлять как окислительные, так и восстановительные свойства. Например, при прибавлении **B** к раствору KMnO<sub>4</sub> последний обесцвечивается и выделяется бесцветный газ без запаха, который не является ядовитым. Под действием **B** на раствор иодида калия выделяется свободный иод. Молекула **B** состоит из тех же элементов, что и один из оксидов, участвующих в образовании вещества **A**. При реакции взаимодействия вещества **A** с **B** образуется атомарный кислород, который является сильным окислителем и который способен "растворять" даже углерод. Поэтому травильный раствор "пиранья" применяется для очистки, например, стеклянных поверхностей от следов органических загрязнений. При этом нужно быть осторожным, ведь кроме разъедающих свойств этот травильный раствор является и взрывоопасным!
- a)** Определите вещества **A**, **B** и **X**. (3)
- b)** Как называется образовавшаяся темная резинообразная масса? (1)

- c)** Напишите уравнения реакций, указав условия, которые необходимы для получения кислоты **A** из элемента **X**. (3)
- d)** Закончите уравнения реакций, расставьте коэффициенты. Укажите, в которой из реакций **B** проявляет себя как окислитель, и в которой - как восстановитель:
- $$\text{KMnO}_4 + \text{B} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + \dots + \dots + \text{MnSO}_4$$
- $$\text{KI} + \text{B} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{I}_2 + \dots$$
- (4) **11 б**

**pH-индикатор**

3. Тимол синий является pH-индикатором, который в кислой среде имеет красный цвет, в нейтральной - желтый и в щелочной - синий. Имеется 10,0 см<sup>3</sup> раствора индикатора желтого цвета (pH=7,0), к которому необходимо прибавить по очереди два раствора (**L1** и **L2**) объемом каждый по 2,0 см<sup>3</sup> таким образом, чтобы после прибавления первого раствора окраска стала красной (pH=2,0) и после прибавления второго раствора - синей (pH=12). Плотности всех растворов принять равной плотности воды; температура равна 25°C.



- a)** Рассчитайте молярную концентрацию ионов водорода и гидроксид-анионов в начальном растворе, после прибавления раствора **L1** и после прибавления раствора **L2**. (3)
- b)** Чему равна молярная концентрация растворов сильной кислоты или щелочи (оба диссоциируют только по первой ступени), которые берут в качестве растворов **L1** и **L2**? (4)
- c)** На рисунке приводятся структуры тимола синего при разных pH. Какой цвет (красный, желтый, синий) соответствует раствору каждой из структур **S1**, **S2** и **S3**? (3) **10 б**

**Лекарство от грусти**

4. Шерлок Холмс дал задание своему другу доктору Ватсону изготовить ровно четверть унции порошка **A**. При нагревании этого порошка выделяются пары, вдыхание которых в небольшом количестве помогает от грусти, а в большом - успокаивает. Для этого он велел Ватсону взять мочевины, прибавить раствора соляной кислоты и нагревать до тех пор, пока смесь не перестанет пузыриться. Затем к смеси нужно было добавить растворенный адский камень (AgNO<sub>3</sub>) и отделить образовавшийся белый осадок **B** (последние операции

желательно проводить в темноте). Затем фазу раствора нужно осторожно упарить до получения белого твердого остатка, который и есть желанный продукт.

- a) Помогите Ватсону вспомнить структурную формулу мочевины ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ ). Как еще называют мочевины? (2)
- b) Помогите Ватсону определить формулу и название порошка **A**. По данным Шерлока в нем содержится (по массе) 35% азота, 60% кислорода и водород. (3)
- c) Помогите Ватсону установить соединения, содержащиеся в парах, выделившихся при нагревании порошка **A**, если это два бинарных соединения с одинаковым числом атомов. Приведите формулы этих соединений и тривиальные названия. (1)
- d) Помогите Ватсону записать уравнения реакций:  
мочевина + раствор соляной кислоты  $\rightarrow$ .....  
 $\dots \rightarrow \mathbf{A} + \mathbf{B} \quad \mathbf{A} \xrightarrow{t^\circ} \dots$  (3)
- e) Помогите Ватсону рассчитать, сколько унций мочевины нужно взять для приготовления нужного количества порошка **A**, если выход продукта реакции равен 40,0%? (1 унция = 28,35 г; ответ дайте с точностью до трех значащих цифр). (1)
- f) Может ли Ватсон использовать свой котел, изготовленный из оловянного сплава? (1)
- g) Почему часть операций нужно проводить в темноте? (1) **12 6**

#### Клатраты

5. Клатратные гидраты - кристаллические твердые вещества, в которых вокруг небольших неполярных молекул (обычно газов) расположены связанные между собой водородными связями молекулы воды. Клатраты стабильны при низких температурах и высоких давлениях. Большая часть запасов метана на Земле содержится в виде клатратов в вечной мерзлоте и в отложениях на морском дне. Ученые считают возможным в будущем добычу метана из клатратов. Другая возможная область применения клатратов метана основана на использовании преимуществ их транспортировки – клатраты содержат в большом количестве метан, но по сравнению со сжиженным метаном их можно хранить при более высокой температуре. В морских отложениях присутствует клатрат метана со **структурой I**, в которой единичная ячейка (наименьший повторяющийся элемент структуры) содержит 46 молекул воды, между которыми расположены 8 полостей, в каждой из которых может разместиться по одной молекуле метана.

$$\Delta_f H^\circ(\text{CH}_4) = -74,8 \text{ кДж/моль}, \quad \Delta_f H^\circ(\text{CO}_2) = -393,5 \text{ кДж/моль},$$

$$\Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O}) = -285,8 \text{ кДж/моль}$$

- a) Расположите приведенные вещества в порядке возрастания их удельной теплоты сгорания (количество теплоты, выделяющееся при сгорании единицы массы топлива):  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$ ,  $\text{CH}_2\text{O}$ . (2)

- b) Напишите уравнение реакции сгорания метана и рассчитайте стандартную энтальпию сгорания метана. (2)
- c) Рассчитайте теплоту, получаемую при сгорании метана, полученного разложением 1,00 килограмма клатрата со **структурой I** типа, если в клатрате 96% полостей заполнено молекулами метана. (3)
- d) Почему пропан или бутан, в отличие от метана и этана, не может образовывать клатраты со **структурой I** типа? (1)
- e) Почему разложение клатратов метана, которое происходит при таянии вечной мерзлоты, может быть опасно для окружающей среды? (1) **9 6**

#### Разнообразные комплексные соединения

6. Соединение **A** является бромидом элемента **X**, который содержит 26,94% элемента **X**. В водной среде в присутствии аммиака и кислорода соединение **A** реагирует с бромидом аммония с образованием соединения **B** с молярной массой 401,8 г/моль. При нагревании соединения **B** образуется соединение **C** с молярной массой 383,8 г/моль. С 1 моль соединения **C** реагирует 2 моль нитрата серебра, с 1 моль соединения **B** реагирует 3 моль нитрата серебра. При реакции соединения **C** с сульфатом серебра образуется соединение **D**. С 1 моль соединения **D** реагирует 1 моль хлорида бария.

Окислением водных растворов солей  $\mathbf{X}^{2+}$  в присутствии соединения **E** получают комплексный катион  $\mathbf{Y}^{3+}$  с октаэдрической структурой. В  $\mathbf{Y}^{3+}$  содержатся только элемент **X**, углерод, водород и азот. Соединение **E** состоит из углерода (40,0%), азота (46,6%) и водорода; его молярная масса равна 60,1 г/моль. Соединение **E** содержит связь углерод-углерод, причем степени окисления разных атомов одного и того же элемента в молекуле одинаковы.

- a) Определите расчетами металл **X**. Напишите формулу и название соединения **A**. (3)
- b) Напишите формулы и названия соединений **B**, **C** и **D**. (3)
- c) Напишите формулу такого изомера соединения **D**, который реагирует с нитратом серебра, но не реагирует с хлоридом бария. (1)
- d) Определите расчетами эмпирическую формулу соединения **E** (соотношение чисел атомов разных элементов в молекуле) и нарисуйте его структурную формулу. (2)
- e) Нарисуйте одну возможную структуру комплексного катиона  $\mathbf{Y}^{3+}$ . (1) **10 6**