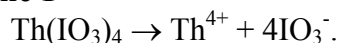


**35<sup>ая</sup> Международная Химическая Олимпиада**  
**Задания теоретического Тура**  
**РАЗДЕЛ А: Общая химия**  
**Решения.**

**Задание 1**



$$[\text{Th}^{4+}] = s, [\text{IO}_3^-] = 4s.$$

$$K_{\text{sp}} = [\text{Th}^{4+}] \times [\text{IO}_3^-]^4 = s \times (4s)^4 = 256 s^5.$$

$$s = (K_{\text{sp}} / 256)^{1/5}. \text{ Правильный ответ - (2).}$$

**Задание 2**

В общем случае, при любой молярной концентрации  $c_{\text{HCl}}$ , ионы водорода образуются в двух реакциях:



Если предположить, что молекулы хлороводорода диссоциируют полностью, то  $[\text{H}^+]_1 = c_{\text{HCl}}$ . Из уравнения второй реакции следует, что  $[\text{H}^+]_2 = [\text{OH}^-]$ , а последняя концентрация находится из ионного произведения воды:

$$[\text{OH}^-] = K_w / [\text{H}^+].$$

Общая концентрация ионов водорода:  $[\text{H}^+] = [\text{H}^+]_1 + [\text{H}^+]_2 = c_{\text{HCl}} + K_w / [\text{H}^+]$ . Это уравнение можно использовать и при больших, и при очень малых концентрациях HCl. Правильный ответ - (2).

**Задание 3**

Неверно утверждение (5). В 100 мл 0.10 М раствора глюкозы содержится  $0.1 \times 0.1 = 0.01$  моль глюкозы массой  $0.01 \times 180 = 1.8$  г, а не 18 г.

**Задание 4**

Масса вещества в 1 литре ( $1000 \text{ см}^3$ ):  $m = 1000 \times \rho$  (г). Количество вещества:  $\nu = m / M = 1000 \times \rho / M$  (моль). Число молекул:  $N = \nu \times N_A = (1000 \times \rho \times N_A) / M$ . Правильный ответ - (2).

**Задание 5**

$$K = [\text{CrO}_4^{2-}] / [\text{Cl}^-]^2.$$

$$K_{\text{sp}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)} = [\text{Ag}^+]^2 \times [\text{CrO}_4^{2-}]$$

$$K_{\text{sp}(\text{AgCl})} = [\text{Ag}^+] \times [\text{Cl}^-]$$

$$K = K_{\text{sp}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)} / K_{\text{sp}(\text{AgCl})}^2$$

Правильный ответ - (1).

**Задание 6**

В буферном растворе, содержащем кислоту HA и сопряженное ей основание  $\text{A}^-$ , выполняется приближенное соотношение (иногда его называют уравнением Гендерсона):

$$[\text{H}^+] \approx K_a \frac{C_{\text{HA}}}{C_{\text{A}^-}}$$

В данном случае, по условию задачи,  $\text{pH} = \text{p}K_2$ , следовательно концентрация ионов водорода совпадает с константой диссоциации кислоты  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , поэтому в растворе после нейтрализации

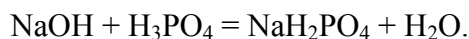
концентрации  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (НА) и  $\text{HPO}_4^{2-}$  должны быть равны. Это соответствует уравнению нейтрализации:



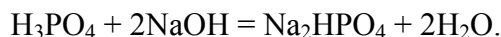
$\nu(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0.1 \times 0.1 = 0.01$  моль.  $\nu(\text{NaOH}) = 0.01 \times 3/2 = 0.015$  моль.  $V(\text{р-ра NaOH}) = 0.015 / 1 = 0.015$  л = 15 мл. Правильный ответ – (3).

### Задание 7

(1) При титровании чистой  $\text{H}_3\text{PO}_4$  первый скачок на кривой титрования происходит, когда вся  $\text{H}_3\text{PO}_4$  прореагирует по уравнению:

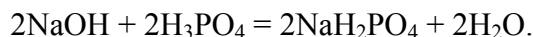


Второй скачок соответствует реакции:

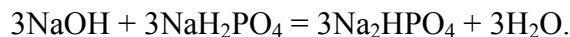


Из этих уравнений следует, что объемы растворов NaOH, соответствующие двум скачкам на кривой титрования, должны отличаться ровно в два раза. Правильная кривая – А.

(2) При титровании смеси  $\text{H}_3\text{PO}_4 : \text{NaH}_2\text{PO}_4 = 2 : 1$  первый скачок произойдет после реакции:

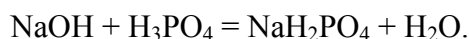


Второй скачок соответствует полной нейтрализации  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  (и того, который сначала был в растворе, и того, который образовался после нейтрализации  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ):

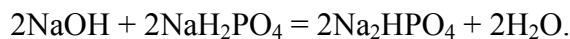


Из этих уравнений следует, что объемы растворов NaOH, соответствующие двум скачкам на кривой титрования, должны относиться как  $2 / (2+3) = 2/5$ . Правильная кривая – В.

(3) При титровании смеси  $\text{H}_3\text{PO}_4 : \text{NaH}_2\text{PO}_4 = 1 : 1$  первый скачок произойдет после реакции:



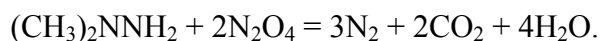
Второй скачок соответствует полной нейтрализации  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  (и того, который сначала был в растворе, и того, который образовался после нейтрализации  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ):



Из этих уравнений следует, что объемы растворов NaOH, соответствующие двум скачкам на кривой титрования, должны относиться как  $1 / (1+2) = 1/3$ . Правильная кривая – D.

### Задание 8

Уравнение реакции:



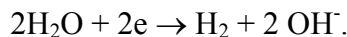
Все вещества в правой части – газы. Из 1 моль  $(\text{CH}_3)_2\text{NNH}_2$  образуется 9 моль газов. Правильный ответ – (2).

### Задание 9

Уравнение электролитического разложения воды:



При разложении 1 моль воды выделяется 1 моль водорода. Согласно уравнению катодного процесса:



для выделения 1 моль водорода требуется 2 моль электронов, которые имеют общий заряд 2F. Правильный ответ – (4).

### Задание 10

- (1)  ${}^{68}_{30}\text{Zn} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{65}_{28}\text{Ni} + {}^4_2\text{X}$ . X – альфа-частица.  
(2)  ${}^{130}_{52}\text{Te} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{131}_{53}\text{I} + {}^1_0\text{X}$ . X – нейтрон.  
(3)  ${}^{214}_{82}\text{Pb} \rightarrow {}^{214}_{83}\text{Bi} + {}^0_{-1}\text{X}$ . X – электрон (бета-частица).  
(4)  ${}^{23}_{11}\text{Na} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{24}_{11}\text{Na} + {}^0_0\text{X}$ . X – гамма-частица.  
(5)  ${}^{19}_9\text{F} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{20}_9\text{F} + {}^0_0\text{X}$ . X – гамма-частица.

### Задание 11

В обоих случаях происходит реакция нейтрализации:



В первом случае в реакцию вступило по  $0.01 \times 0.50 = 5.0 \times 10^{-3}$  моль ионов  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$  и образовалось столько же моль  $\text{H}_2\text{O}$  (на 20 мл раствора). Во втором случае ионы  $\text{OH}^-$  находятся в недостатке: в реакцию вступило по  $0.005 \times 0.50 = 2.5 \times 10^{-3}$  моль  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$  и образовалось столько же моль  $\text{H}_2\text{O}$ , т.е. в 2 раза меньше, чем в первом случае. В результате реакции выделилось в 2 раза меньше теплоты, но эта теплота приходится на меньший объем раствора: 15 мл вместо 20. Понижение температуры во втором случае:

$$\Delta T_2 = \Delta T \times (20/15) / 2 = (2/3) \times \Delta T.$$

Правильный ответ – (2).

### Задание 12

В спектрометре низкого разрешения можно различить пики с точностью до целого числа атомных единиц массы. Перечислим все возможные значения молекулярных масс фрагмента  $\text{SbHCl}^+$ .

$$\begin{aligned} 157 &= 121 + 1 + 35 \\ 158 &= 121 + 2 + 35 \\ 159 &= 123 + 1 + 35 = 121 + 1 + 37 \\ 160 &= 123 + 2 + 35 = 121 + 2 + 37 \\ 161 &= 123 + 1 + 37 \\ 162 &= 123 + 2 + 37. \end{aligned}$$

Всего – 6 пиков. Правильный ответ – (3). В спектрометре высокого разрешения наблюдалось бы 8 пиков, т.к. фрагменты  ${}^{123}\text{Sb}^1\text{H}^{35}\text{Cl}^+$  и  ${}^{121}\text{Sb}^1\text{H}^{37}\text{Cl}^+$ , а также  ${}^{123}\text{Sb}^2\text{H}^{35}\text{Cl}^+$   ${}^{123}\text{Sb}^2\text{H}^{35}\text{Cl}^+$  имеют немного различающиеся молекулярные массы.