

**Министерство образования и науки РТ  
Казанский федеральный университет**

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады  
школьников по химии 2014–2015 гг.  
Решения**

**Авторы и составители: к.х.н. Седов И.А., Магсумов Т.И.**

## **Инструкция для жюри**

**Жирным шрифтом** выделены правильные ответы, за которые начисляются баллы, и разбалловка.

Во многих расчетных задачах оцениваются промежуточные шаги. Школьник может решать задачу не так, как в авторском решении, при этом, если он получил верный конечный ответ, решение должно быть оценено полным баллом как за этот ответ, так и за все шаги, ведущие к нему в авторском решении.

В многоступенчатых расчетных задачах за одну чисто арифметическую ошибку, приведшую к численно неверному ответу, суммарный балл за весь расчет не должен снижаться более чем наполовину.

Школьники могут использовать при решении как округленные до целого числа, так и точные (1-3 знака после запятой) атомные массы элементов. В последнем случае ответ может содержать больше значащих цифр, чем приведено в данном решении.

При проверке работ одну и ту же задачу у всех участников должен проверять один человек.

Максимальный балл за каждую задачу различен и указан в конце решения. Максимальный балл за все задачи в 8 классе 37 баллов, в 9 классе 59 баллов, в 10 классе 53 балла, в 11 классе 57 баллов.

## 8 класс

### Задание 1.

- 1) HBr
- 2) H<sub>2</sub>S
- 3) GeH<sub>4</sub>
- 4) PH<sub>3</sub>
- 5) CaH<sub>2</sub>
- 6) SiH<sub>4</sub>
- 7) AsH<sub>3</sub>
- 8) SnH<sub>4</sub>
- 9) CH<sub>4</sub>
- 10) B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>

За правильную формулу 1 балл; если верно определен только элемент, то 0,5 балла.

Всего максимум 10 баллов.

### Задание 2.

1.  $M(C_{27}H_{28}Br_2O_5S) = 12 \cdot 27 + 1 \cdot 28 + 80 \cdot 2 + 16 \cdot 5 + 32 = 624 \text{ г / моль (2 балла)}$

$$n(C_{27}H_{28}Br_2O_5S) = \frac{10g}{624g / \text{моль}} = 0.016 \text{ моль}$$

$$m(C_2H_5OH) = 1 \text{ л} \cdot 797,9g / \text{л} = 0,7979 \text{ кг (1 балл)}$$

Отсюда моляльность раствора равна:

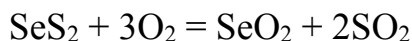
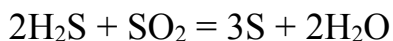
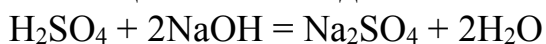
$$m(\text{раствор}) = \frac{0,016 \text{ моль}}{0,7979 \text{ кг}} = 0,020 \text{ моль / кг (2 балла)}$$

2. Бромтимоловый синий плохо растворим в воде, и такое его количество растворится лишь частично. (3 балла) (Если ответ связан с отличиями плотности или молярной массы этанола и воды, 0 баллов).

Всего максимум 8 баллов.

### Задание 3.

1. Реакции имеют вид:



H
Li
Na

O
S
Se

По 1,5 балла за каждый верно определенный элемент (название либо символ).

Всего максимум 9 баллов.

**Задание 4.**

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>в</b>	<b>а</b>	<b>б</b>	<b>г</b>	<b>г</b>	<b>а</b>	<b>а</b>	<b>б</b>	<b>б</b>	<b>в</b>

**По 1 баллу за верный ответ. Если на вопрос указано более одного варианта, среди которых есть верный, 0 баллов.**

**Всего максимум 10 баллов.**

## 9 класс

### Задание 1.

- 1)  $2\text{KOH} + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{K}_2\text{HPO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 2)  $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$
- 3)  $2\text{KMnO}_4 + 16\text{HCl} = 2\text{KCl} + 2\text{MnCl}_2 + 8\text{H}_2\text{O} + 5\text{Cl}_2$
- 4)  $\text{Ca}_3\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 3\text{Ca(OH)}_2 + 2\text{NH}_3$
- 5)  $\text{C}_2\text{H}_4 + 3\text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

1, 2 реакции по 1,5 балла; 3, 4, 5 реакции по 2 балла.

Всего максимум 9 баллов.

### Задание 2.

- 10)  $\text{HBr}$
- 11)  $\text{H}_2\text{S}$
- 12)  $\text{GeH}_4$
- 13)  $\text{PH}_3$
- 14)  $\text{CaH}_2$
- 15)  $\text{SiH}_4$
- 16)  $\text{AsH}_3$
- 17)  $\text{SnH}_4$
- 18)  $\text{CH}_4$

10)  $\text{B}_2\text{H}_6$

За правильную формулу 1 балл; если верно определен только элемент, то 0,5 балла.

Всего максимум 10 баллов.

### Задание 3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
в	в	а	в	г	в	б	б	а	в	д	г	в	г	а

По 1 баллу за верный ответ. Если на вопрос указано более одного варианта, среди которых есть верный, 0 баллов.

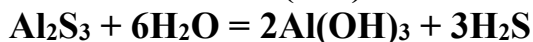
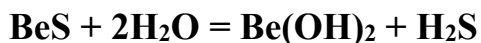
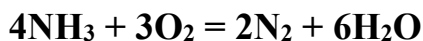
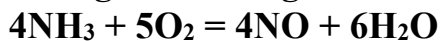
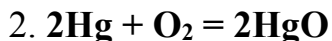
Всего максимум 15 баллов.

### Задание 4.

1. Можно догадаться, что второй отрывок описывает известный опыт Лавуазье, в котором ртуть (Ve) реагирует с кислородом (Pc) воздуха, а в сосуде остается азот (Kk). Далее, аналоги кислорода – сера (Pk) и селен (Rc) образуют газообразные соединения с водородом (Jo).  $\text{Jo}_3\text{Kk}$  – аммиак  $\text{NH}_3$ . Чтобы окислить его до  $\text{NO}$ , необходим катализатор из платины (Sl). Два похожих по свойствам элемента, один из которых двух-, а другой трехвалентный – бериллий (Bz) и алюминий (Iz). Галлий (Vz) под названием

экаалюминий был предсказан Менделеевым. Платина может напрямую реагировать со фтором (Rp) с образованием гексафторида ( $\text{PtF}_6$ ).

**Ve – Hg, Pc – O, Pk – S, Rc – Se, Jo – H, Kk – N, Sl – Pt, Bz – Be, Iz – Al, Vz – Ga, Rp – F. (По 1 баллу за каждый элемент, если верно указано его название или символ, всего 11 баллов)**



**(По 0,5 балла за каждую реакцию)**

**Всего максимум 14 баллов.**

### **Задание 5.**

1. Так как при действии небольшого количества аммиака осадок не выпал только в пробирках 1, 2 и 3, то в этих пробирках находятся  $\text{K}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{NaOH}$  и  $\text{BaCl}_2$ . Далее, каждое вещество не должно давать осадка с двумя соседними номерами, кроме пробирок 1 и 7. Из этого условия ясно, что в пробирке №7 находится  $\text{AgNO}_3$ . Нитрат серебра не дает осадка с только с  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ , который находится под цифрой 6. Фосфат калия и хлорид бария не дают осадка с  $\text{NaOH}$ , но дают осадок между собой, значит,  $\text{NaOH}$  находится в пробирке 2.  $\text{ZnCl}_2$  и  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  находятся в пробирках 4 и 5. Фосфат калия дает осадок с обоими из них, а  $\text{BaCl}_2$  – только с сульфатом алюминия. Значит, в пробирке 1 –  $\text{K}_3\text{PO}_4$ , в пробирке 3 –  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$  – в пробирке 4, а  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  – в пробирке 5.

**1 –  $\text{K}_3\text{PO}_4$**

**2 –  $\text{NaOH}$**

**3 –  $\text{BaCl}_2$**

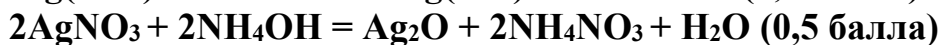
**4 –  $\text{ZnCl}_2$**

**5 –  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$**

**6 –  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$**

**7 –  $\text{AgNO}_3$**

**За каждое верно определенное вещество по 1 баллу, всего 7 баллов.**



**3. 4 и 7 – серебро и цинк образуют растворимые аммиачные комплексы.**

**За указание на пробирки с  $\text{AgNO}_3$  и  $\text{ZnCl}_2$  по 0,5 балла, всего 1 балл.**

**Всего максимум 11 баллов.**

## 10 класс

### Задание 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
г	а	б	а	б	д	г	в	г	г	б	б	б	г	в

По 1 баллу за верный ответ. Если на вопрос указано более одного варианта, среди которых есть верный, 0 баллов.

Комментарии: 6 – речь идет об энергии для 1 молекулы, а не 1 моля, 7 – 1,00 М раствор глюкозы имеет плотность, отличную от 1 г/мл (1,066 г/мл).

**Всего максимум 15 баллов.**

### Задание 2.

$$PV = \frac{m}{M}RT \Rightarrow M = \frac{mRT}{PV}$$

$$M = \frac{0,5755\text{г} \cdot 8,314\text{Дж} / (\text{моль} \cdot \text{К}) \cdot 288\text{К}}{2,55 \cdot 10^{-4}\text{м}^3 \cdot 50010\text{Па}} = 108\text{г} / \text{моль} \text{ (2 балла)}$$

Вычитаем из данной молекулярной массы атомную массу серы и получаем молекулярную массу остатка

$$M_{\text{ост}} = (108 - 32)\text{г} / \text{моль} = 76\text{г} / \text{моль}$$

Переберем возможные валентности серы 2, 4 и 6:

$$A_{r(\text{ост})} = \frac{M_{\text{ост}}}{B}, \text{ где } B - \text{валентность.}$$

Находим, что при валентности 4 атомная масса второго элемента равна 19. Это фтор. Формула соединения  $\text{SF}_4$ . (4 балла)

**Всего максимум 6 баллов.**

### Задание 3.

$$1. M(\text{A}) = \frac{40}{0,625} = 64\text{г} / \text{моль}.$$

Данная молярная масса соответствует карбиду кальция, который легко реагирует с водой.  $\text{A} - \text{CaC}_2$ .

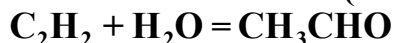
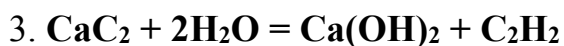
При взаимодействии карбида кальция с водой образуется ацетилен, который при гидратации в присутствии солей  $\text{Hg}^{2+}$  дает ацетальдегид. Качественной реакцией на альдегиды является реакция серебряного зеркала, описанная в задаче.  $\text{B} - \text{CH}_3\text{CHO}$ .

**По 2 балла за каждое вещество, всего 4 балла.**

2. Раствор В – реактив Толленса, или аммиачный раствор оксида серебра, содержащий комплекс  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$  (2 балла за описание формулой или словами). Его можно приготовить по следующим реакциям:



(По 1 баллу за каждую реакцию)



По 1 баллу за каждую реакцию, всего 3 балла.

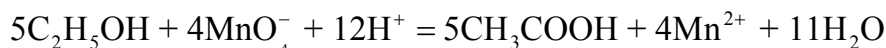
Всего максимум 11 баллов.

#### Задание 4.

1.



или



(3 балла за уравнение с верными коэффициентами, 1,5 балла за уравнение с верными веществами и неверными коэффициентами)

2. Количество перманганата, пошедшего на титрование:

$$n(\text{MnO}_4^-) = 0,0144\text{л} \cdot 0,0500\text{М} = 0,00072 \text{ моль}$$

Тогда концентрация этанола в пробе:

$$c(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{0,00072 \text{ моль} \cdot \frac{5}{4}}{0,020\text{л}} = 0,045 \text{ моль / л}$$

Такая концентрация соответствует разбавленному раствору. Так как его разбавили в 50 раз, то исходная концентрация равна

$$c_0(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 0,045 \text{ моль / л} \cdot 50 = 2,25 \text{ моль / л (4 балла)}$$

3.



$$n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{1\text{г}}{46\text{г / моль}} = 0,0217 \text{ моль}$$

Тогда на 1 моль:

$$\Delta H = \frac{29,7\text{кДж}}{0,0217\text{моль}} \approx 1370 \text{ кДж / моль (2 балла)}$$

Всего максимум 10 баллов.

#### Задание 5.

1. Так как при действии небольшого количества аммиака осадок не выпал только в пробирках 1, 2 и 3, то в этих пробирках находятся  $\text{K}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{NaOH}$  и  $\text{BaCl}_2$ . Далее, каждое вещество не должно давать осадка с двумя соседними номерами, кроме пробирок 1 и 7. Из этого условия ясно, что в пробирке №7 находится  $\text{AgNO}_3$ . Нитрат серебра не дает осадка с только с  $\text{Mg(NO}_3)_2$ , который находится под цифрой 6. Фосфат калия и хлорид бария не дают осадка с  $\text{NaOH}$ , но дают осадок между собой, значит,  $\text{NaOH}$  находится в пробирке 2.  $\text{ZnCl}_2$  и  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  находятся в пробирках 4 и 5. Фосфат калия дает осадок с обоими из них, а  $\text{BaCl}_2$  – только с сульфатом алюминия. Значит, в пробирке 1 –  $\text{K}_3\text{PO}_4$ , в пробирке 3 –  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$  – в пробирке 4, а  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  – в пробирке 5.



1 –  $\text{K}_3\text{PO}_4$

2 –  $\text{NaOH}$

3 –  $\text{BaCl}_2$

4 –  $\text{ZnCl}_2$

5 –  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

6 –  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$

7 –  $\text{AgNO}_3$

За каждое верно определенное вещество по 1 баллу, всего 7 баллов.

2.  $3\text{AgNO}_3 + \text{K}_3\text{PO}_4 = \text{Ag}_3\text{PO}_4 + 3\text{KNO}_3$  (1 балл)

$\text{ZnCl}_2 + 2\text{NH}_4\text{OH} = \text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl}$  (0,5 балла)

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{NH}_4\text{OH} = 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (0,5 балла)

$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NH}_4\text{OH} = \text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_4\text{NO}_3$  (0,5 балла)

$2\text{AgNO}_3 + 2\text{NH}_4\text{OH} = \text{Ag}_2\text{O} + 2\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O}$  (0,5 балла)

3. 4 и 7 – серебро и цинк образуют растворимые аммиачные комплексы.

За указание на пробирки с  $\text{AgNO}_3$  и  $\text{ZnCl}_2$  по 0,5 балла, всего 1 балл.

Всего максимум 11 баллов.

## 11 класс

### Задание 1.

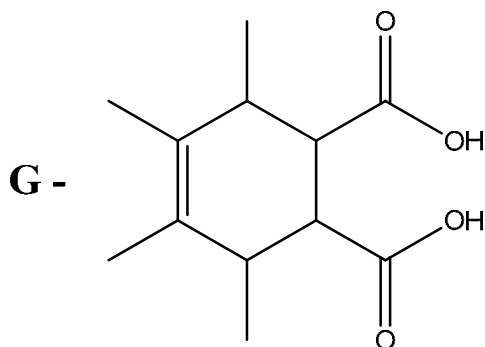
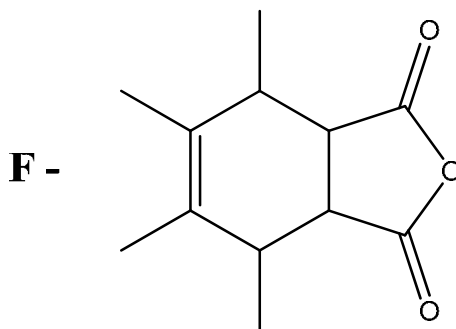
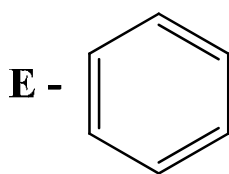
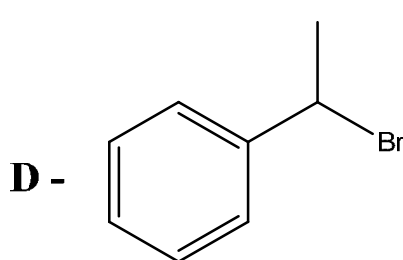
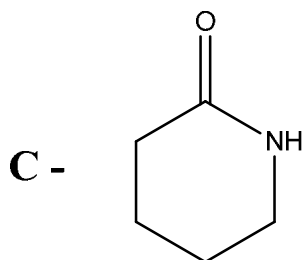
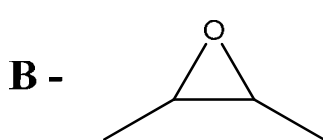
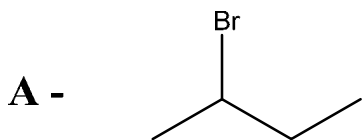
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
в	а	б	д	а	в	б	в	б	г	а	г	б	б	а

По 1 баллу за верный ответ. Если на вопрос указано более одного варианта, среди которых есть верный, 0 баллов.

Комментарии: 12 – 1,00 М раствор глюкозы имеет плотность, отличную от 1 г/мл (1,066 г/мл), 14 – равновесие смещается вправо, давление аммиака увеличивается, поэтому скорость обратной реакции растет.

Всего максимум 15 баллов.

### Задание 2.



За каждое соединение по 2 балла.

Всего максимум 14 баллов.

### Задание 3.



При взаимодействии воды с одним молем цинка образуется 1 моль водорода.

Чтобы вычислить объем, используем уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$pV = nRT$$

$$V = \frac{nRT}{p} = \frac{1 \text{ моль} \cdot 8,314 \text{ Дж} / (\text{моль} \cdot \text{К}) \cdot 733 \text{ К}}{93 \cdot 100000 \text{ Па}} = 6,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 = 0,66 \text{ л} \quad (2 \text{ балла})$$

2. Когда поршень будет поднят так высоко, что разность атмосферного давления и давления столба ртути станет равна давлению ее насыщенных паров, то ртуть начнет кипеть, и подъем поршня выше не будет приводить к снижению давления в пространстве между поршнем и столбом ртути.

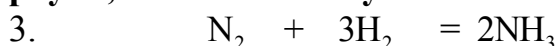
Поэтому:

$$P_{\text{столба}} = 93 \text{ бар} - 5 \text{ бар} = 88 \text{ бар} \quad (1 \text{ балл})$$

$$P_{\text{столба}} = \rho \cdot g \cdot h$$

$$h = \frac{P}{g \cdot \rho} = \frac{88 \cdot 100000 \text{ Па}}{8,87 \text{ м} / \text{с}^2 \cdot 12600 \text{ кг} / \text{м}^3} = 78,7 \text{ м} \quad (3 \text{ балла})$$

(Если получен ответ **83,2 м** – без учета давления насыщенного пара ртути, то всего за 2 пункт 2 балла).



В начале: 1 моль    3 моль    0 моль

В конце:  $(1-x)$      $(3-3x)$      $2x$

Общее количество вещества уменьшилось во столько же раз, что и объем:

$$n(\text{после установления равновесия}) = \frac{1+3}{1,84} = 2,174 \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$

Тогда можно составить уравнение:

$$(1-x) + (3-3x) + 2x = 2,174 \text{ моль}$$

$$x = 0,913 \text{ моль.}$$

$$n(\text{NH}_3) = 0,913 \text{ моль} \cdot 2 = 1,826 \text{ моль} \quad (2 \text{ балла})$$

$$K = \frac{p_{\text{NH}_3}^2}{p_{\text{N}_2} \cdot p_{\text{H}_2}^3} \quad (1 \text{ балл за верную запись константы через давления}),$$

где  $p_i = \chi_i \cdot p_{\text{общ}}$  – парциальное давление компонента  $i$ ,  $\chi$  – мольная доля компонента  $i$ .

$$n(\text{N}_2 \text{ в равновесии}) = 1 - 0,913 = 0,087 \text{ моль}$$

$$\chi(\text{N}_2) = \frac{0,087 \text{ моль}}{2,174 \text{ моль}} = 0,04$$

$$p_{\text{N}_2} = 0,04 \cdot 93 \text{ бар} = 3,72 \text{ бар}$$

$$n(\text{H}_2) = 3 - 3 \cdot 0,913 = 0,261 \text{ моль}$$

$$\chi(\text{H}_2) = \frac{0,261}{2,174} = 0,12$$

$$p_{\text{H}_2} = 0,12 \cdot 93 \text{ бар} = 11,16 \text{ бар}$$

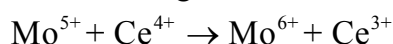
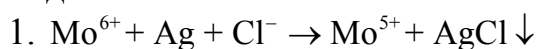
$$\chi(\text{NH}_3) = \frac{1,826}{2,174} = 0,84$$

$$p_{\text{NH}_3} = 0,84 \cdot 93 \text{ бар} = 78,12 \text{ бар}$$

$$K = \frac{78,12^2}{3,72 \cdot 11,16^3} = 1,18 \text{ (5 баллов)}$$

**Всего максимум 16 баллов.**

#### **Задание 4.**



Схематически можно записать:



При этом по данным титрования (последняя реакция) в 50 мл аликвоты содержится:

$$n(\text{Mo}^{5+}) = n(\text{Ce}^{4+}) = 0,1160 \text{ моль} / \text{л} \cdot 0,02441 \text{ л} = 0,002832 \text{ моль}$$

Тогда концентрация Мо:

$$c(\text{Mo}) = \frac{0,002832 \text{ моль}}{0,05 \text{ л}} = 0,0566 \text{ моль} / \text{л} \text{ (4 балла)}$$

2. Вероятно, что вещество состоит из 6 катионов аммония и одного молибдат-аниона, содержащего несколько атомов молибдена. Запишем его формулу в виде  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_x\text{O}_y \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (2 балла). 2,5 г соли содержит

$$0,002832 \cdot \frac{250}{50} = 0,0416 \text{ моль Мо. Тогда молярная масса молибдата равна:}$$

$$M = \frac{2,5}{0,0416 \cdot y} = 175,55 \cdot x \text{ г} / \text{моль}$$

С другой стороны, молярную массу можно записать как:

$$175,55x = 18 \cdot 6 + 96x + 16y + 18 \cdot 4 \quad (*)$$

Соединение должно быть электронейтральным, т.е. незаряженным:

$$(+1) \cdot 6 + (+6) \cdot x + (-2) \cdot y = 0 \Rightarrow y = 3x + 3 \quad (**)$$

Подставляя данное выражение в (\*) и решая уравнение относительно  $x$ , находим, что  $x = 7$ . Подставляя это значение в (\*\*), находим  $y = 24$ . Исходное соединение  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . (6 баллов) (За верный ответ без расчета всего за 2 пункт 4 балла).

**Всего максимум 12 баллов.**