

## 2.2.2. Задания 10 класса

### Задача №10-1

1) Для определения количественного состава воспользуемся данными задачи:

В реакции “Солей” с раствором соляной кислоты выделяется газ –  $\text{CO}_2$ . Определим его количество по уравнению Менделеева-Клапейрона:

$$v(\text{CO}_2) = \frac{0,3226 \text{ л} \times 98,6 \text{ кПа}}{298 \text{ К} \times 8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \times \text{К}}} = 0,012839 \text{ моль},$$

$$m(\text{CO}_2) = 44 \text{ г/моль} \times 0,012839 \text{ моль} = 0,5649 \text{ г},$$

$$\omega(\text{CO}_2) = \frac{0,5649 \text{ г}}{1,026 \text{ г}} = 0,5506 = 55,06 \%$$

Для конечного раствора  $v(\text{NH}_4^+) + v(\text{Na}^+) = v(\text{Cl}^-)$ ,  $v(\text{NH}_4^+) = 2 \text{ моль/л} \times 0,01 \text{ л} - 0,279 \text{ моль/л} \times 0,004 \text{ л} = 0,018884 \text{ моль}$ .

$$v(\text{NH}_3) = v(\text{NH}_4^+) = 0,018884 \text{ моль}.$$

$$m(\text{NH}_3) = 17 \text{ г/моль} \times 0,018884 \text{ моль} = 0,321 \text{ г}.$$

$$\omega(\text{NH}_3) = \frac{0,321 \text{ г}}{1,026 \text{ г}} = 0,3129 = 31,29\%$$

$$\text{Тогда } \omega(\text{H}_2\text{O}) = 1 - \omega(\text{CO}_2) - \omega(\text{NH}_3) = 0,1365 = 13,65 \%$$

$$v(\text{H}_2\text{O}) = \frac{0,1365 \times 1,026 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,00778 \text{ моль}.$$

Установить солевой состав можно

а) расчётом с использованием массовых долей  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  в составе карбоната, гидрокарбоната и карбамата аммония, а также

б) материальным балансом по H, C, N и O:

а)  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ :

$$\omega(\text{NH}_3) = \frac{2 \times 17 \text{ г/моль}}{96 \text{ г/моль}} = 17/48,$$

$$\omega(\text{CO}_2) = \frac{44 \text{ г/моль}}{96 \text{ г/моль}} = 11/24,$$

$$\omega(\text{H}_2\text{O}) = \frac{18 \text{ г/моль}}{96 \text{ г/моль}} = 3/16;$$

$\text{NH}_4\text{HCO}_3$ :

$$\omega(\text{NH}_3) = \frac{17 \text{ г/моль}}{79 \text{ г/моль}} = 17/79,$$

$$\omega(\text{CO}_2) = \frac{44 \text{ г/моль}}{79 \text{ г/моль}} = 44/79,$$

$$\omega(\text{H}_2\text{O}) = \frac{18 \text{ г/моль}}{79 \text{ г/моль}} = 18/79;$$

$\text{H}_2\text{NCOONH}_4$ :

$$\omega(\text{NH}_3) = \frac{2 \times 17 \text{ г/моль}}{78 \text{ г/моль}} = 17/39,$$

$$\omega(\text{CO}_2) = \frac{44 \text{ г/моль}}{78 \text{ г/моль}} = 22/39.$$

Составляем систему уравнений:

$$\omega(\text{NH}_3) = 0,3129 = 17/48 \times \omega((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) + 17/79 \times \omega(\text{NH}_4\text{HCO}_3) + 17/39 \times \omega(\text{H}_2\text{NCOONH}_4),$$

$$\omega(\text{CO}_2) = 0,5506 = 11/24 \times \omega((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) + 44/79 \times \omega(\text{NH}_4\text{HCO}_3) + 22/39 \times \omega(\text{H}_2\text{NCOONH}_4),$$

$$\omega(\text{H}_2\text{O}) = 0,1365 = 3/16 \times \omega((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) + 18/79 \times \omega(\text{NH}_4\text{HCO}_3).$$

Решение системы:

$$\omega((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = 0,0923 = \mathbf{9,23 \%,}$$

$$\omega(\text{NH}_4\text{HCO}_3) = 0,5231 = \mathbf{52,31 \%,}$$

$$\omega(\text{H}_2\text{NCOONH}_4) = 0,3846 = \mathbf{38,46 \%,}$$

Аналогично – решение через массы солей с последующим определением долей.

б) Составляем систему уравнений (одно из них окажется лишним):

$$v(\text{H}) = 3v(\text{NH}_3) + 2v(\text{H}_2\text{O}) = 8v((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) + 5v(\text{NH}_4\text{HCO}_3) + 6v(\text{H}_2\text{NCOONH}_4),$$

$$v(\text{C}) = v(\text{CO}_2) = v((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) + v(\text{NH}_4\text{HCO}_3) + v(\text{H}_2\text{NCOONH}_4),$$

$$v(\text{N}) = v(\text{NH}_3) = 2v((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) + v(\text{NH}_4\text{HCO}_3) + 2v(\text{H}_2\text{NCOONH}_4),$$

$$v(\text{O}) = 2v(\text{CO}_2) + v(\text{H}_2\text{O}) = 3v((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) + 3v(\text{NH}_4\text{HCO}_3) + 2v(\text{H}_2\text{NCOONH}_4)$$

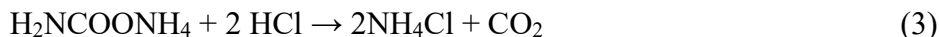
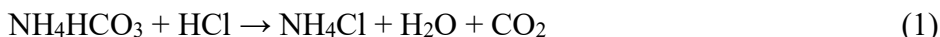
$$\text{Решение системы: } v(\text{NH}_4\text{HCO}_3) = 2v(\text{CO}_2) - v(\text{NH}_3) = 0,006794 \text{ моль}, v((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) =$$

$$v(\text{H}_2\text{O}) + v(\text{NH}_3) - 2v(\text{CO}_2) = 0,000986 \text{ моль}, v(\text{H}_2\text{NCOONH}_4) = v(\text{CO}_2) - v(\text{H}_2\text{O}) = 0,005059$$

$$\text{моль, что соответствует } \omega(\text{NH}_4\text{HCO}_3) = 0,5231 = 52,31 \%, \omega((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = 0,0923 = 9,23 \%$$

$$\text{и } \omega(\text{H}_2\text{NCOONH}_4) = 0,3846 = 38,46 \%$$

2)



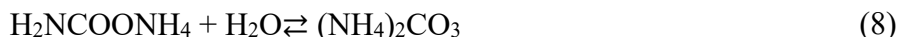
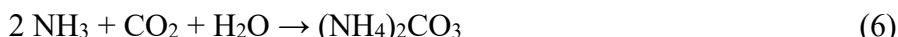
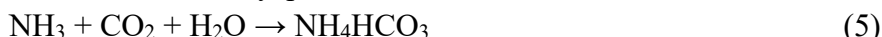
3) При внесении “Солей” в почву реакция среды сначала становится слабощелочной, но после этого под воздействием бактерий аммоний-ионы окисляются в нитрат-ионы:



и в результате этого процесса (нитрификации) почва закисляется.

4) “Соли углеаммонийные” получают:

1. Реакцией газообразных аммиака и углекислого газа в присутствии паров водыв охлаждаемых камерах, выложенных изнутри алюминиевыми листами:



1. Продуктами этого процесса также являются сесквикарбонат  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{NH}_4\text{HCO}_3$  и моногидраты карбоната и сесквикарбоната аммония (при избытке паров воды).

Подсушивание продукта целесообразно в связи с его большей устойчивостью в сравнении с сырой смесью.

2. Насыщением аммиачной воды углекислым газом (реакции 5-8) с последующей обработкой раствора горячим водяным паром, а дальше – как в п. 1.

3. Реакцией газообразных аммиака и углекислого газа в присутствии жидкой воды (реакции 7, 8) с дальнейшим охлаждением раствора и реакцией с углекислым газом, при охлаждении продукт выпадает в осадок (получение  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  с примесью  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ):



### Разбалловка

За расчёт массовых долей аммиака, диоксида углерода и воды –	3×0,5 б. = 1,5 б.
За расчёт массовых долей карбоната, гидрокарбоната и карбамата аммония	3×0,75 б. = 2,25 б.
Написание уравнений (1) – (4)	4×0,75 б. = 3 б.
Объяснение слабощелочной среды, её переход в кислую, реакция нитрификации.	0,25 б. 0,5 б. 0,5 б.
Написание уравнений (5) – (8) или уравнений (7) – (10)	4×0,5 б. = 2 б.
ИТОГО	10 б.

### Задача №10-2

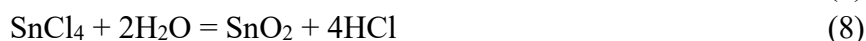
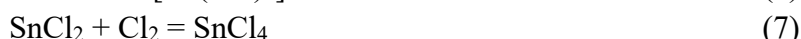
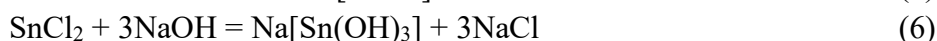
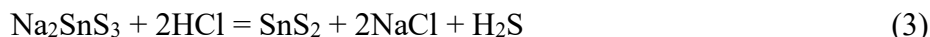
$$\rho = \frac{1.66 \cdot M \cdot Z}{V}, \text{ где } \rho - \text{плотность кристаллического вещества, г/см}^3; M -$$

молярная масса вещества, г/моль; Z – число формульных единиц, содержащихся в одной элементарной ячейке; V – объем элементарной ячейки, Å<sup>3</sup>. Z = 2, Кратчайшее

расстояние соответствует половине телесной диагонали куба,  $V = 35.51 \text{ \AA}^3$ ,  $M = 119$ ,  $X = \text{Sn}$ .

Определение формулы хлорида. Центральный атом Sn связан с 7 атомами хлора, 4 из которых образуют по 4 связи Cl–Sn, а 3 – по 3 таких связи (рис.), тогда на 1 атом Sn приходится  $4 \times 1/4 + 3 \times 1/3 = 2$  атома хлора.  $\text{SnCl}_2$

Уравнения реакций:



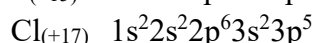
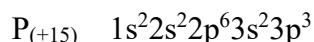
### Разбалловка

Определен элемент $X$ (без расчета – 0,5 б.)	2 б.
Определена формула хлорида $A$ (без расчета – 0,5 б.)	2 б.
Написание уравнений (1), (4), (7), (8)	$4 \times 0,5 \text{ б.} = 2 \text{ б.}$
Написание уравнений (2), (3), (5), (6)	$4 \times 1 \text{ б.} = 4 \text{ б.}$
ИТОГО	10 б.

### Задача №10-3

По описанию простых веществ можно догадаться, что  $X$ –фосфор P, а  $Y$ –хлор Cl, которые расположены в 3 периоде ПСХЭ.

Электронные конфигурации атомов этих химических элементов:



По периоду ПСХЭ слева направо происходит уменьшение радиусов атомов, следовательно, у фосфора, расположенного левее хлора, радиус атома больше. С уменьшением радиуса атома происходит увеличение электроотрицательности и усиление неметаллических свойств. Поэтому у хлора, расположенного правее в периоде ПСХЭ, неметаллические свойства выражены сильнее.

Хлор образует только одно простое вещество  $\text{Cl}_2$  (вещество Б), а фосфор способен существовать в виде нескольких аллотропных модификаций. Описанные в задаче физические свойства характерны для белого фосфора  $\text{P}_4$  (вещество А). Докажем это расчетом:

$$M(\text{P}_4) / M(\text{Cl}_2) = 124 / 71 = 1.75 \text{ – что соответствует условию.}$$

При взаимодействии фосфора с хлором в зависимости от их соотношения могут получаться галогениды фосфора  $\text{PCl}_n$  ( $n = 3, 5$ ).

$M(\mathbf{B}) = 31 / 0.2255 = 137.5$  г/моль, что соответствует  $\mathbf{PCl}_3$

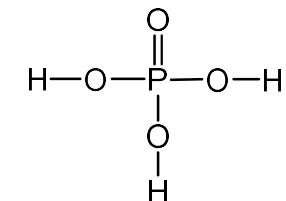
$M(\mathbf{Г}) = 31 / 0.1487 = 208.5$  г/моль, что соответствует  $\mathbf{PCl}_5$

При взаимодействии бинарных соединений металлов с водой происходит их необратимый гидролиз (реакции протекают без изменения степеней окисления). Тогда гидролиз хлорида  $\mathbf{B}$  приведет к образованию фосфористой кислоты  $\mathbf{H}_3\mathbf{PO}_3$  (соединение  $\mathbf{Д}$ ), а гидролиз хлорида  $\mathbf{Г}$  – к образованию ортофосфорной кислоты  $\mathbf{H}_3\mathbf{PO}_4$  (соединение  $\mathbf{Е}$ ) (при недостатке воды может получаться метафосфорная кислота  $\mathbf{HPO}_3$ , но с учетом данной в задаче массовой доли водорода написание этой кислоты исключается). Кроме того, в обеих реакциях выделяется хлороводород  $\mathbf{HCl}$  (соединение  $\mathbf{Ж}$ ). При взаимодействии ортофосфорной кислоты с гидроксидом кальция образуется ортофосфат кальция  $\mathbf{Ca}_3(\mathbf{PO}_4)_2$  (соединение  $\mathbf{З}$ ), являющийся основой минералов группы фосфоритов.

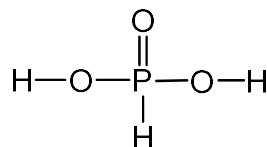
Таким образом,

$\mathbf{A}$	$\mathbf{P}_4$	$\mathbf{B}$	$\mathbf{Cl}_2$
$\mathbf{B}$	$\mathbf{PCl}_3$	$\mathbf{Г}$	$\mathbf{PCl}_5$
$\mathbf{Д}$	$\mathbf{H}_3\mathbf{PO}_3$	$\mathbf{Е}$	$\mathbf{H}_3\mathbf{PO}_4$
$\mathbf{Ж}$	$\mathbf{HCl}$	$\mathbf{З}$	$\mathbf{Ca}_3(\mathbf{PO}_4)_2$

1. Структурные формулы кислот:

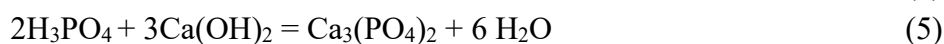


фосфорная кислота



фосфористая кислота

2. Уравнения реакций:



(допускается написание  $\mathbf{Na}_2\mathbf{SO}_4$ )

3. Расчет массы и концентрации 5% водного раствора кислоты  $\mathbf{E}$

$$n(\mathbf{P}_4) = 31 / 124 = 0.25 \text{ моль}$$

По уравнениям реакций 2 и  $4n(\mathbf{H}_3\mathbf{PO}_4) = n(\mathbf{PCl}_5) = 4n(\mathbf{P}_4) = 1$  моль

$$m(\mathbf{H}_3\mathbf{PO}_4) = 98 \times 1 = 98 \text{ г}$$

$$m(\text{р-ра } \mathbf{H}_3\mathbf{PO}_4) = 98 / 0.05 = 1960 \text{ г}$$

$$C(\mathbf{H}_3\mathbf{PO}_4) = n(\mathbf{H}_3\mathbf{PO}_4) / V(\text{р-ра})$$

$$V(\text{р-ра}) = 1960 / 1.025 = 1912.2 \text{ мл} = 1.9122 \text{ л}$$

$$C(\mathbf{H}_3\mathbf{PO}_4) = 1 / 1.9122 = 0.523 \text{ моль/л}$$

## Разбалловка

Определение элементы X, Y	2×0,5 б.= 1 б.
Написание электронные конфигурации элементов X,Y	2×0,5 б.= 1 б.
Сравнение свойств элементов X, Y	0,5 б.
Название аллотропной модификации вещества А	0,5 б.
Написание формул веществ А – З	8×0,25 б. = 2 б.
Изображены структурные формулы кислот	2×0,5 б.= 1 б.
Написание уравнений реакций (1) – (6)	6×0,5 б. = 3 б.
Вычисление массы раствора кислоты и его молярной концентрации	2×0,5 б.= 1 б.
ИТОГО	10 б.

## Задача №10-4

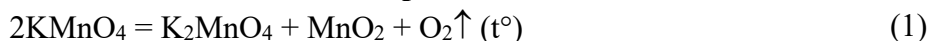
Наиболее вероятно, что в состав вещества А кроме калия и марганца входит кислород, то формулу этого вещества можно представить в виде  $K_xMn_yO_z$

$$\omega(O) = 100 - 24,68 - 34,81 = 40,51.$$

$$x : y : z = 24,68/39 : 34,81/55 : 40,51/16 = 0,633 : 0,633 : 2,53 = 1 : 1 : 4,$$

тогда искомая формула А:

**KMnO<sub>4</sub> – перманганат калия**



Разложение перманганата калия – это лабораторный способ получения кислорода, газ X–O<sub>2</sub> (кислород)

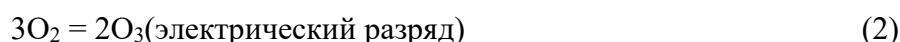
$$n(KMnO_4) = 7,9 / 158 = 0,05 \text{ моль}$$

По уравнению реакции 1

$$n(O_2) = 1/2n(KMnO_4) = 0,025 \text{ моль}$$

$$V(O_2) = 0,025 \times 22,4 = 0,56 \text{ л}$$

При пропускании электрического тока кислород превращается в озон. Прибор, в котором проводят эту реакцию, называется озонатором.



Y– смесь O<sub>2</sub> и O<sub>3</sub>.

Более тяжелый компонент смеси - **озон**

$$M(Y) = 1,2 \times 32 = 38,4 \text{ г/моль}$$

Пусть x – объемная доля кислорода в смеси, тогда (1–x) – объемная доля озона.

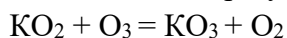
Составим уравнение:

$$32x + 48(1-x) = 38,4, \text{ из которого следует } x = 0,6$$

Состав газовой смеси Y:

$$\varphi(O_2) = 60\%, \varphi(O_3) = 40\%$$

При реакции надпероксида калия с озоном образуется озонид калия:



Озон является сильным окислителем, поэтому при пропускании его через раствор иодида калия протекает ОВР с выделением иода:



*допускается написание в продуктах KI<sub>3</sub>*

Данную реакцию можно использовать для обнаружения примеси озона в воздухе (качественная реакция на озон).

### Разбалловка

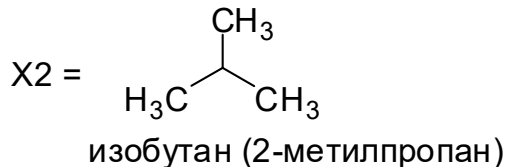
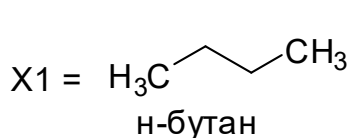
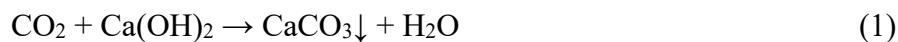
Определение вещества А	1 б.
Название вещества А	0,5 б.
Написание уравнения реакции (1)	1 б.
Определение химической формулы вещества X	0,5 б.
Определение объема газа X	1 б.
Написание уравнения реакции (2)	1 б.
Определение более тяжелого компонента смеси веществ Y	0,5 б.
Расчет массовых долей кислорода и озона в газовой смеси	2×1б. = 2б.
Написание уравнения реакции (3)	1 б.
Применение реакции (3)	0,5 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

### Задача №10-5

1.  $n(X) = 5,6/22,4 = 0,25$  моль  
 $n(H_2O) = 22,5/18 = 1,25$  моль  
 $n(CO_2) = n(CaCO_3) = 100/100 = 1$  моль  
 поскольку  $n(CO_2) = 4n(X)$ , то в X содержится четыре атома углерода



**m(C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) = 0,25 × 58 = 14,5 г**

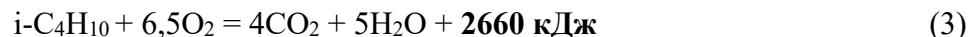
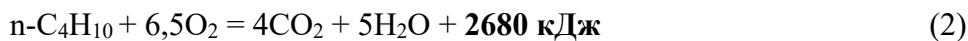


2.  $n-C_4H_{10} + 6,5O_2 = 4CO_2 + 5H_2O + Q_1$   
 $i-C_4H_{10} + 6,5O_2 = 4CO_2 + 5H_2O + Q_2$

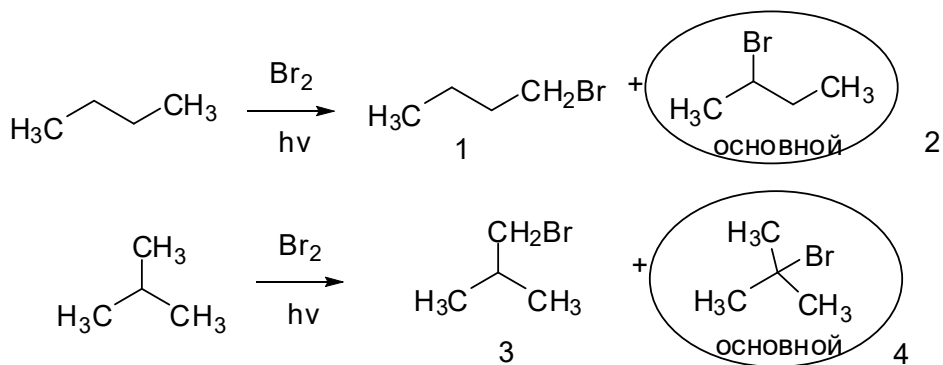
(допускается написание термохим. уравнений с использованием структурных формул)

**Q1 = 670 / 0,25 = 2680 кДж** (на 1 моль)

**Q2 = 665 / 0,25 = 2660 кДж** (на 1 моль)



3. Схемы реакций бромирования изомеров X (схемы 4,5)



Возьмем 1 моль смеси изомеров  $X_1+X_2$ .

В ней содержится 0,2 моль  $X_1$  и 0,8 моль  $X_2$

Рассчитаем пропорциональные количества изомеров 1-4 ( $N_1-N_4$ ):

Для изомера 1 с учетом шести первичных водородов:

$$N_1 = 1 \times 6 \times 0,2 = 1,2$$

Для изомера 2 с учетом четырех вторичных водородов:

$$N_2 = 50 \times 4 \times 0,2 = 40$$

Для изомера 3 с учетом девяти первичных водородов:

$$N_3 = 1 \times 9 \times 0,8 = 7,2$$

Для изомера 4 с учетом одного третичного водорода:

$$N_4 = 200 \times 1 \times 0,8 = 160$$

Общее  $N = 1,2 + 40 + 7,2 + 160 = 208,4$

Мольное содержание изомеров бромпроизводных в смеси:

$$\chi_1 = 1,2 / 208,4 = \mathbf{0,58\%}$$

$$\chi_2 = 40 / 208,4 = \mathbf{19,19\%}$$

$$\chi_3 = 7,2 / 208,4 = \mathbf{3,45\%}$$

$$\chi_4 = 160 / 208,4 = \mathbf{76,78\%}$$

4.



$$K = 95/5 = \mathbf{19}$$

$$\Delta G = -8,31 \times 573 \cdot \ln 19 = -14020,3 \text{ Дж/моль} = \mathbf{-14,02 \text{ кДж/моль}}$$

#### Разбалловка

Установление формулы углеводорода $X_1$	1 б.
Расчет массы сожженной навески	0,5 б.
Написание уравнения реакции (1)	0,5 б.
Изображение структурных формул $X_1$ и $X_2$	$2 \times 0,5 \text{ б.} = 1 \text{ б.}$
Расчет тепловых эффектов сгорания изомеров $X_1$ и $X_2$	$2 \times 0,5 \text{ б.} = 1 \text{ б.}$
Написание уравнений реакций (2), (3)	$2 \times 0,5 \text{ б.} = 1 \text{ б.}$
Написание уравнений реакций (4), (5)	$2 \times 1 \text{ б.} = 2 \text{ б.}$
Расчет мольного содержания изомеров бромпроизводных в смеси	$4 \times 0,5 \text{ б.} = 2 \text{ б.}$
Расчет константы равновесия изомеризации	0,5 б.
Расчет изменения свободной энергии Гиббса	0,5 б.



	ИТОГО	10 б.
--	-------	-------