

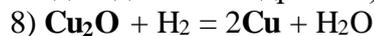
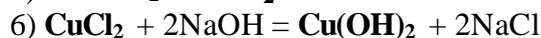
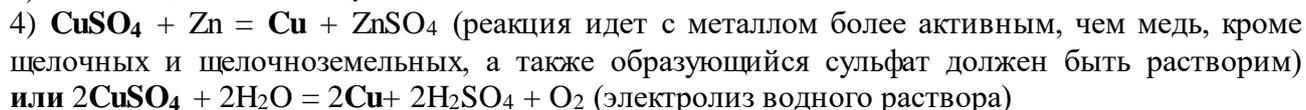
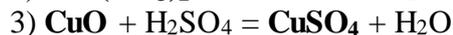
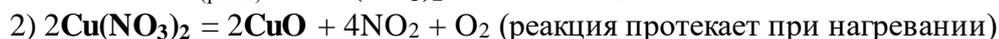
## 11 класс

### I вариант

#### № 1

Y – CuO, X – CuF<sub>2</sub>, или CuCl<sub>2</sub>, или CuBr<sub>2</sub> (возможный вариант).

Уравнения химических процессов, отраженных на смехе:



#### Рекомендации к оцениванию:

1) Формулы веществ X, Y по 0,5 балла

0,5·2 = 1 балл

2) Уравнения реакций по 0,5 балла

0,5·8 = 4 балла

**ИТОГО**

**5 баллов**

#### № 2

Для определения металла воспользуемся законом эквивалентов:

$$40,1/M_{\text{ЭКВ}}(\text{O}) = 59,9/M_{\text{ЭКВ}}(\text{металла})$$

Так как  $M_{\text{ЭКВ}}(\text{O}) = 8$  г/моль, получаем:

$$M_{\text{ЭКВ}}(\text{металла}) = 59,9 \cdot 8 / 40,1 = 11,95 \text{ (г/моль)}.$$

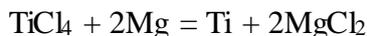
Молярная масса металла равна  $M = z \cdot M_{\text{ЭКВ}}$ , где  $z$  – валентность металла в оксиде.

Составим таблицу:

z	M, г/моль	металл
1	11,95	–
2	23,9	–
3	35,85	–
<b>4</b>	<b>47,8</b>	<b>Ti</b>
5	59,75	–
6	71,7	–
7	83,65	–
8	95,6	–

Таким образом, металл – **титан**.

Уравнения реакций:



Для ответа на последний вопрос не обязательно знать, о каком металле идет речь. Пусть в реакцию вступило 100 г оксида металла. Тогда масса содержащегося в нем кислорода составляет 40,1 г, а количество вещества атомов кислорода  $40,1/16 = 2,51$  моль. Соответственно, для образования монооксида углерода в реакцию должно вступить 2,51 моль углерода (30,1 г).

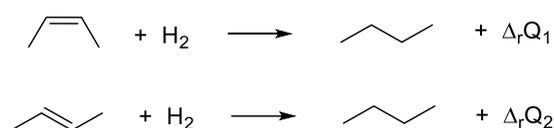
Массовая доля угля составляет  $30,1/(100 + 30,1) = \mathbf{0,231}$  (**23,1%**).

**Рекомендации к оцениванию:**

1) Нахождение металла	2 балла
2) 2 уравнения реакций по 0,5 балла	0,5·2 = 1 балл
3) Расчет массовой доли угля	2 балла
<b>ИТОГО</b>	<b>5 баллов</b>

**№ 3**

Пусть тепловые эффекты реакций гидрирования *цис*-бут-2-ена и *транс*-бут-2-ена равны  $\Delta_r Q_1$  и  $\Delta_r Q_2$  соответственно:



Тогда по следствию из закона Гесса:

$$\Delta_r Q_1 = \Delta_f Q^\circ(\text{C}_4\text{H}_{10}) - \Delta_f Q^\circ(\text{цис-бут-2-ен}) - \Delta_f Q^\circ(\text{H}_2) = 124,7 - 5,7 - 0 = 119 \text{ кДж/моль.}$$

$$\Delta_r Q_2 = \Delta_f Q^\circ(\text{C}_4\text{H}_{10}) - \Delta_f Q^\circ(\text{транс-бут-2-ен}) - \Delta_f Q^\circ(\text{H}_2) = 124,7 - 10,1 - 0 = 114,6 \text{ кДж/моль.}$$

Пусть объемы и количества исходных изомеров  $V_1$ ,  $V_2$  и  $\nu_1$ ,  $\nu_2$  соответственно. Тогда:

$$\begin{cases} V_1 + V_2 = V_{\text{общ}}, \text{ где } V_{\text{общ}} - \text{объем исходной смеси;} \\ \nu_1 \cdot Q_1 + \nu_2 \cdot Q_2 = Q_{\text{общ}}, \text{ где } Q_{\text{общ}} - \text{тепловой эффект гидрирования смеси.} \end{cases}$$

Т.е.:

$$\begin{cases} V_1 + V_2 = 4 \\ 119 \cdot V_1 / 22,4 + 114,6 \cdot V_2 / 22,4 = 20,7. \end{cases}$$

Решая систему уравнений, получим  $V_1 = 1,2$  л,  $V_2 = 2,8$  л. Таким образом, объемное соотношение компонентов в исходной смеси:  $\varphi_{\text{цис}} = 100 \cdot 1,2 / 4 = 30\%$ ,  $\varphi_{\text{транс}} = 100 \cdot 2,8 / 4 = 70\%$ .

*Транс*-бут-2-ен термодинамически более стабилен, так как  $\Delta_r Q_2 < \Delta_r Q_1$ . В случае каталитического гидрирования *цис*- и *транс*-изомеров алкенов образуется один и тот же алкан (в данном случае *n*-бутан). Поэтому величина  $\Delta_r Q$  реакции непосредственно отражает относительную стабильность двух изомеров.

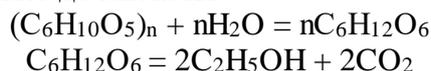
Аналогичный вывод можно сделать при сравнении теплот образования алкенов ( $\Delta_f Q^\circ(\text{цис-бут-2-ен}) < \Delta_f Q^\circ(\text{транс-бут-2-ен})$ ).

**Рекомендации к оцениванию:**

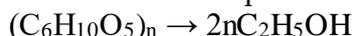
1) Уравнения реакций гидрирования по 0,5 балла	0,5·2 = 1 балл
2) Расчет тепловых эффектов реакций по 0,5 балла	0,5·2 = 1 балл
3) Объемные доли компонентов смеси по 1 баллу	1·2 = 2 балла
4) Вывод об относительной стабильности изомеров	1 балл
<b>ИТОГО</b>	<b>5 баллов</b>

**№ 4**

1) Процессы ферментации и брожения можно записать в следующем виде, принимая, что крахмал гидролизуеться полностью до глюкозы:



Стехиометрическая схема образования этанола из крахмала выглядит следующим образом:



Учитывая содержание крахмала в злаках, его масса составляет:

$$m(\text{крахмала}) = 675 \cdot 0,6 = 405 \text{ кг.}$$

Количества вещества крахмала и образующегося этанола (теоретический выход):

$$\nu(\text{крахмала}) = 405 / 162n = 2,5/n \text{ кмоль.}$$

$$\nu(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 2n \cdot (2,5/n) = 5 \text{ кмоль.}$$

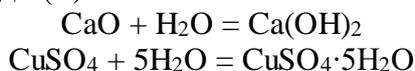
Количество вещества этанола (практический выход), его масса и объем:

$$\nu(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 5 \cdot 0,75 = 3,75 \text{ кмоль;}$$

$$m(C_2H_5OH) = 3,75 \cdot 46 = 172,5 \text{ кг;}$$

$$V(C_2H_5OH) = 172,5 / 0,8 = \mathbf{215,6 \text{ л}}$$

2) Очистку и концентрирование обычно проводят путем дистилляции (перегонки), таким образом можно получить 96%-ный этанол. Для получения «абсолютного этанола» (99,5%-ного) из 96%-ного можно использовать такие водоотнимающие средства как оксид кальция CaO или безводный сульфат меди (II) CuSO<sub>4</sub>:



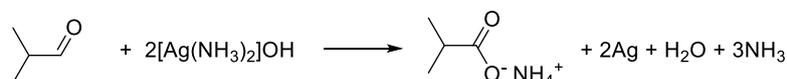
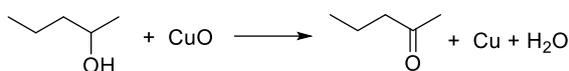
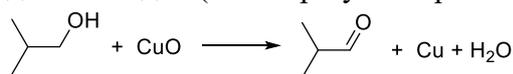
Этанол с содержанием воды менее 0,05% можно получить с помощью осушки 99,5%-ного этанола более сильными осушителями (натрием, магнием или гидридом кальция).

#### Рекомендации к оцениванию:

1) Уравнения реакций ферментации и брожения или стехиометрическая схема	1,5 балла
2) Объем спирта (практический выход)	2,5 балла
3) Метод дистилляции	0,5 балла
4) Указание на способ получения абсолютного этанола	0,5 балла
<b>ИТОГО</b>	<b>5 баллов</b>

#### № 5

Оксидом меди (II) первичные и вторичные спирты окисляются до карбонильных соединений (альдегидов и кетонов соответственно). Третичные спирты при этом не окисляются. Аммиачным раствором оксида серебра альдегиды окисляются до карбоновых кислот, при этом серебро выпадает в осадок (или образует «зеркало»). Уравнения протекающих реакций:



$$n(\text{Ag}) = 10,8 / 108 = 0,1 \text{ моль}$$

По уравнению реакции:  $n(2\text{-метилпропан-1-ола}) = n(2\text{-метилпропаналя}) = 1/2n(\text{Ag}) = 0,05$  моль.

Масса 2-метилпропан-1-ола равняется  $0,05 \cdot 74 = 3,7$  г

$$n(\text{Cu}) = 4,0 / 63,5 = 0,063 \text{ моль}$$

По уравнению реакции:  $n(2\text{-метилпропан-1-ола}) + n(\text{пентан-2-ола}) = n(\text{Cu}) = 0,063$  моль.

$n(\text{пентан-2-ола}) = 0,063 - n(2\text{-метилпропан-1-ола}) = 0,063 - 0,05 = 0,013$  моль.

Масса пентан-2-ола равняется  $0,013 \cdot 88 = 1,14$  г

Массовая доля **2-метилпропан-1-ола** в смеси  $\omega(\%) = 100 \cdot 3,7 / 6,0 = \mathbf{61,7\%}$

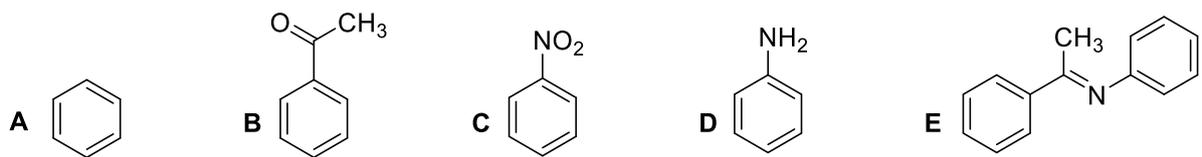
Массовая доля **пентан-2-ола** в смеси  $\omega(\%) = 100 \cdot 1,14 / 6,0 = \mathbf{19,0\%}$

Массовая доля **2-метилпропан-2-ола** в смеси  $\omega(\%) = 100 - 61,7 - 19 = \mathbf{19,3\%}$

#### Рекомендации к оцениванию:

1) Уравнение реакции окисления первичного спирта до альдегида	0,5 балла
2) Уравнение реакции окисления вторичного спирта до кетона	0,5 балла
3) Уравнение реакции окисления альдегида до кислоты (или аммонийной соли)	1 балл
4) Массовые доли трёх спиртов по 1 баллу	1·3 = 3 балла
<b>ИТОГО</b>	<b>5 баллов</b>

#### № 6



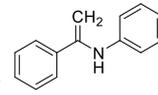
любой изомер по C=N связи

**Рекомендации к оцениванию:**

1) За каждое правильно указанное вещество по 1 баллу

1·5 = 5 баллов

Замечание: если в качестве E предложена структура енамина



, то также ставится

полный балл.

**5 баллов**

**II Вариант**

**№ 1**

X – CuF<sub>2</sub>, или CuCl<sub>2</sub>, или CuBr<sub>2</sub> (возможный вариант), Y – CuO.

Уравнения химических процессов, отраженных на смеси:

- 1)  $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) = \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 2)  $\text{CuSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Cu(OH)}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$
- 3)  $2\text{Cu(OH)}_2 + \text{CH}_3\text{CHO} = \text{CH}_3\text{COOH} + \text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$  (возможно использование других альдегидов или гидразина)
- 4)  $\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2 = 2\text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$
- 5)  $\text{Cu} + \text{Cl}_2 = \text{CuCl}_2$
- 6)  $\text{CuCl}_2 + 2\text{AgNO}_3 = \text{Cu(NO}_3)_2 + 2\text{AgCl}$  (также для бромида) **или**  
 $\text{CuF}_2 + \text{Ca(NO}_3)_2 = \text{Cu(NO}_3)_2 + \text{CaF}_2$
- 7)  $2\text{Cu(NO}_3)_2 = 2\text{CuO} + 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$  (реакция протекает при нагревании)
- 8)  $\text{CuO} + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

**Рекомендации к оцениванию:**

1) Формулы веществ X, Y по 0,5 балла

0,5·2 = 1 балл

2) Уравнения реакций по 0,5 балла

0,5·8 = 4 балла

**ИТОГО**

**5 баллов**

**№ 2**

Для определения металла воспользуемся законом эквивалентов:

$$26,0/\text{M}_{\text{ЭКВ}}(\text{O}) = 74,0/\text{M}_{\text{ЭКВ}}(\text{металла})$$

Так как  $\text{M}_{\text{ЭКВ}}(\text{O}) = 8$  г/моль, получаем:

$$\text{M}_{\text{ЭКВ}}(\text{металла}) = 74,0 \cdot 8 / 26,0 = 22,77 \text{ г/моль.}$$

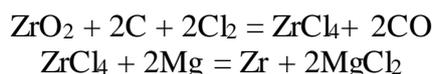
Молярная масса металла равна  $\text{M} = z \cdot \text{M}_{\text{ЭКВ}}$ , где z – валентность металла в оксиде.

Составим таблицу:

z	M, г/моль	металл
1	22,77	–
2	45,5	–
3	68,3	–
<b>4</b>	<b>91,1</b>	<b>Zr</b>
5	113,85	–
6	136,6	–
7	159,4	–
8	182,2	–

Таким образом, металл – цирконий.

Уравнения реакций:



Для ответа на последний вопрос не обязательно знать, о каком металле идёт речь. Пусть в реакцию вступило 100 г оксида металла. Тогда масса содержащегося в нем кислорода составляет 26,0 г, а количество вещества атомов кислорода  $26,0/16 = 1,625$  моль. Соответственно, для образования монооксида углерода в реакцию должно вступить 1,625 моль углерода 19,5 г.

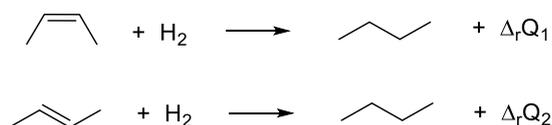
Массовая доля угля составляет  $19,5/(100 + 19,5) = 0,163$  (16,3%)

**Рекомендации к оцениванию:**

- |                                     |                        |
|-------------------------------------|------------------------|
| 1) Нахождение металла               | 2 балла                |
| 2) 2 уравнения реакций по 0,5 балла | $0,5 \cdot 2 = 1$ балл |
| 3) Расчет массовой доли угля        | 2 балла                |
| <b>ИТОГО</b>                        | <b>5 баллов</b>        |

**№ 3**

Пусть тепловые эффекты реакций гидрирования *цис*-бут-2-ена и *транс*-бут-2-ена равны  $\Delta_r Q_1$  и  $\Delta_r Q_2$  соответственно:



Тогда следствию из закона Гесса:

$$\Delta_r Q_1 = \Delta_f Q^\circ(\text{C}_4\text{H}_{10}) - \Delta_f Q^\circ(\text{цис-бут-2-ен}) - \Delta_f Q^\circ(\text{H}_2) = 124,7 - 5,7 - 0 = 119 \text{ кДж/моль.}$$

$$\Delta_r Q_2 = \Delta_f Q^\circ(\text{C}_4\text{H}_{10}) - \Delta_f Q^\circ(\text{транс-бут-2-ен}) - \Delta_f Q^\circ(\text{H}_2) = 124,7 - 10,1 - 0 = 114,6 \text{ кДж/моль.}$$

Пусть объемы и количества исходных изомеров  $V_1$ ,  $V_2$  и  $v_1$ ,  $v_2$  соответственно. Тогда:

$$\begin{cases} V_1 + V_2 = V_{\text{общ}}, \text{ где } V_{\text{общ}} - \text{объем исходной смеси;} \\ v_1 \cdot Q_1 + v_2 \cdot Q_2 = Q_{\text{общ}}, \text{ где } Q_{\text{общ}} - \text{тепловой эффект гидрирования смеси.} \end{cases}$$

Т.е.:

$$\begin{cases} V_1 + V_2 = 6 \\ 119 \cdot V_1/22,4 + 114,6 \cdot V_2/22,4 = 31,4. \end{cases}$$

Решая систему уравнений, получим  $V_1 = 3,6$  л,  $V_2 = 2,4$  л. Таким образом, объемное соотношение компонентов в исходной смеси:  $\varphi_{\text{цис}} = 100 \cdot 3,6/6 = 60\%$ ,  $\varphi_{\text{транс}} = 100 \cdot 2,4/6 = 40\%$ .

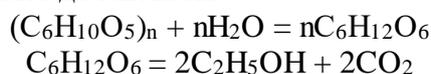
*Цис*-бут-2-ен термодинамически менее стабилен, так как  $\Delta_r Q_1 > \Delta_r Q_2$ . В случае каталитического гидрирования *цис*- и *транс*-изомеров алкенов образуется один и тот же алкан (в данном случае *n*-бутан). Поэтому величина  $\Delta_r Q$  реакции непосредственно отражает относительную стабильность двух изомеров. Аналогичный вывод можно сделать при сравнении теплот образования алкенов ( $\Delta_f Q^\circ(\text{транс-бут-2-ен}) > \Delta_f Q^\circ(\text{цис-бут-2-ен})$ ).

**Рекомендации к оцениванию:**

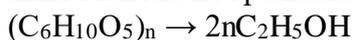
- |  |                        |
|--|------------------------|
| 1) Уравнения реакций гидрирования по 0,5 балла   | $0,5 \cdot 2 = 1$ балл |
| 2) Расчет тепловых эффектов реакций по 0,5 балла | $0,5 \cdot 2 = 1$ балл |
| 3) Объемные доли компонентов смеси по 1 баллу    | $1 \cdot 2 = 2$ балла  |
| 4) Вывод об относительной стабильности изомеров  | 1 балл                 |
| <b>ИТОГО</b>                                     | <b>5 баллов</b>        |

**№ 4**

1) Процессы ферментации и брожения можно записать в следующем виде, принимая, что крахмал гидролизуеться полностью до глюкозы:



Стехиометрическая схема образования этанола из крахмала выглядит следующим образом:



Учитывая содержание крахмала в клубнях картофеля, его масса составляет:

$$m(\text{крахмала}) = 729 \cdot 0,2 = 145,8 \text{ кг}$$

Количества вещества крахмала и образующегося этанола (теоретический выход):

$$n(\text{крахмала}) = 145,8 / 162n = 0,9/n \text{ кмоль}$$

$$n(\text{этанола}) = 2n \cdot (0,9/n) = 1,8 \text{ кмоль}$$

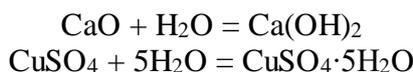
Количество вещества этанола (практический выход), его масса и объем:

$$n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 1,8 \cdot 0,8 = 1,44 \text{ кмоль};$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 1,44 \cdot 46 = 66,24 \text{ кг};$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 66,24 / 0,8 = \mathbf{82,8 \text{ л.}}$$

2) Очистку и концентрирование обычно проводят путем дистилляции (перегонки), таким образом можно получить 96%-ный этанол. Для получения «абсолютного этанола» (99,5%-ного) можно использовать такие водоотнимающие средства как оксид кальция CaO или безводный сульфат меди (II) CuSO<sub>4</sub>:



Этанол с содержанием воды менее 0,05% можно получить с помощью осушки 99,5%-ного этанола более сильными осушителями (натрием, магнием или гидридом кальция).

#### Рекомендации к оцениванию:

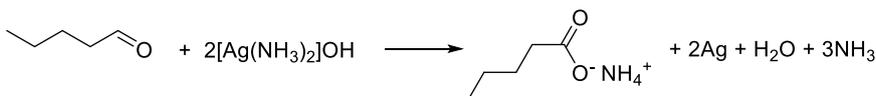
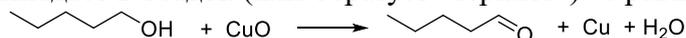
- |   |           |
|---|-----------|
| 1) Уравнения реакций ферментации и брожения или стехиометрическая схема | 1,5 балла |
| 2) Объем спирта (практический выход)                                    | 2,5 балла |
| 3) Метод дистилляции  | 0,5 балла |
| 4) Указание на способ получения абсолютного этанола                     | 0,5 балла |

**ИТОГО**

**5 баллов**

#### № 5

Оксидом меди (II) первичные и вторичные спирты окисляются до карбонильных соединений (альдегидов и кетонов соответственно). Третичные спирты при этом не окисляются. Аммиачным раствором оксида серебра альдегиды окисляются до карбоновых кислот, при этом серебро выпадает в осадок (или образует «зеркало»). Уравнения протекающих реакций:



$$n(\text{Ag}) = 5,4 / 108 = 0,05 \text{ моль}$$

По уравнению реакции:  $n(\text{пентан-1-ола}) = n(\text{пентаналь}) = 1/2 n(\text{Ag}) = 0,025 \text{ моль.}$

$$\text{Масса пентан-1-ола равняется } 0,025 \cdot 88 = 2,2 \text{ г}$$

$$n(\text{Cu}) = 3,0 / 63,5 = 0,047 \text{ моль}$$

По уравнению реакции:  $n(\text{пентан-1-ола}) + n(\text{бутан-2-ола}) = n(\text{Cu}) = 0,047 \text{ моль.}$

$$n(\text{бутан-2-ола}) = 0,047 - n(\text{пентан-1-ола}) = 0,047 - 0,025 = 0,022 \text{ моль.}$$

$$\text{Масса бутан-2-ола равняется } 0,022 \cdot 74 = 1,63 \text{ г}$$

$$\text{Массовая доля пентан-1-ола в смеси } \omega(\%) = 100 \cdot 2,2 / 5,0 = \mathbf{44,0\%}$$

$$\text{Массовая доля бутан-2-ола в смеси } \omega(\%) = 100 \cdot 1,63 / 5,0 = \mathbf{32,6\%}$$

$$\text{Массовая доля 1,1-диметилпропан-1-ола в смеси } \omega(\%) = 100 - 44,0 - 32,6 = \mathbf{23,4\%}$$

#### Рекомендации к оцениванию:

- |   |           |
|---|-----------|
| 1) Уравнение реакции окисления первичного спирта до альдегида             | 0,5 балла |
| 2) Уравнение реакции окисления вторичного спирта до кетона                | 0,5 балла |
| 3) Уравнение реакции окисления альдегида до кислоты (или аммонийной соли) | 1 балл    |

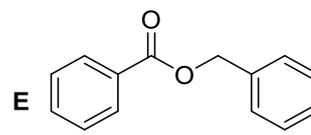
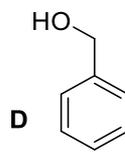
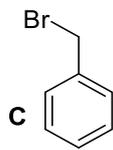
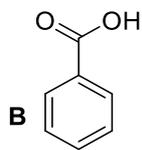
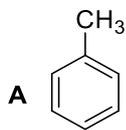
4) Массовые доли трёх спиртов по 1 баллу

**ИТОГО**

1·3 = 3 балла

**5 баллов**

**№ 6**



**Рекомендации к оцениванию:**

1) За каждое правильно указанное вещество по 1 баллу

**ИТОГО**

1·5 = 5 баллов

**5 баллов**