

## Решение интернет тура химической олимпиады КГМУ-2025

### Задание 1.

Определите массу белого фосфора, содержащего 1 г электронов (масса электрона составляет 1/1840 а.е.м.)

*Решение. (возможно другое решение)*

Молекула белого фосфора P <sub>4</sub>	1 балл
Количество электронов равно $1/(1/1840) = 1840$ моль	2 балла
Число электронов в молекуле белого фосфора равно $15 \times 4 = 60$	1 балл
Значит количество белого фосфора равно $1840/60 = 30,67$ моль	1 балл
Масса белого фосфора равна $30,67 \times 124 = 3803$ г	1 балл

**Итого 6 баллов**

### Задание 2.

Какая масса кристаллогидрата Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>•10H<sub>2</sub>O выпадет в осадок при охлаждении насыщенного раствора Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> массой 500 г от 60°C до 0°C, если коэффициент растворимости безводной соли при этих температурах составляет 31,6 и 6,75 г соответственно?

*Решение. (возможно другое решение)*

Массовая доля насыщенного при 60°C равна $31,6/131,6 = 0,24$	1 балл
Массовая доля насыщенного при 0°C равна $6,75/106,75 = 0,063$	1 балл
M(Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ) = 106 г/моль	
M(Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> •10H <sub>2</sub> O) = 286 г/моль.	
Масса Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> в исходном растворе равна $500 \times 0,24 = 120$ г	1 балл
Пусть выпало x моль кристаллогидрата, тогда можно составить уравнение: $0,063 = (120 - 106x)/(500 - 286x)$ откуда $x = 1$ моль	4 балла
Масса выпавшего осадка кристаллогидрата равна $286 \times 1 = 286$ г	1 балл

**Итого 8 баллов**

### Задание 3.

К 1060 г олеума, в котором массовая доля серы как элемента составляет 33,21%, добавили 180 мл воды. Определите массовую долю вещества в полученном растворе.

*Решение. (возможно другое решение)*

Олеум – это раствор оксида серы (VI) в безводной серной кислоте. Пусть количество вещества SO<sub>3</sub> в олеуме равно x, а количество вещества серной кислоты в нем равно y, тогда количество вещества S в олеуме равно x, а количество вещества S в серной кислоте равно y.

Тогда  $0,3321 = (32x + 32y)/(80x + 98y)$  откуда  $y = 10x$

Т.е соотношение 1 к 10

Пусть количество SO<sub>3</sub> равно 1 моль, масса 80 г

2 балла

2 балла

1 балл

Следователь количество серной кислоты равно 10 моль или 980 г.  
 Масса олеума будет 1060 г что соответствует условию задачи. *1 балл*  
 Добавили 180 г (избыток) *1 балл*  
 $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$  *1 балл*  
 Получится 1 моль серной кислоты или 98 г *1 балл*  
 Значит массовая доля серной кислоты в растворе равна  
 $\omega = (980 + 98)/(1060 + 180) = 0,869$  *2 балла*  
 Ответ: 86,9%  
***Итого 10 баллов***

#### **Задание 4**

В каких объемных отношениях нужно смешать бутан и озонированный кислород, имеющий плотность 1,785 г/л (н.у.), чтобы реакция прошла полностью.

#### ***Решение (возможно другое решение)***

Молярная масса смеси равна  $M = 1,785 \times 22,4 = 40$  г/моль *1 балл*  
 Пусть  $x$  – количество кислорода,  $y$  – количество озона, *1 балл*  
 тогда решаем систему:  
 $32x + 48y = 40$   
 $x + y = 1$  *2 балла*  
 $x = 0,5$   
 $y = 0,5$   
 Уравнение сгорания  $C_4H_{10} + 6,5O_2 = 4CO_2 + 5H_2O$  *1 балл*  
 Т.е на 1 литр бутана необходимо 6,5 литров чистого кислорода.  
 Пусть озонированная смесь содержит по  $z$  литров кислорода и озона (равные количества), тогда из  $z$  литров озона получим 1,5 $z$  литров кислорода –  $2O_3 = 3O_2$   
 Тогда  $z + 1,5z = 6,5$  откуда  $z = 2,6$  л *4 балла*  
 Значит объем озонированной смеси равен 5,2 л *1 балл*  
 Ответ: 1 объем бутана – 5,2 л озонированной смеси

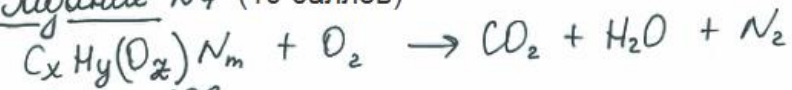
#### ***Итого 10 баллов***

#### **Задание 5.**

При сжигании образца вещества массой 10,7 г получили 30,8 г  $CO_2$ , 8,1 г  $H_2O$  и 1,4 г  $N_2$ . Для полного гидрирования образца такой же массы при температуре 227°C и давлении 138,5 кПа потребовалось 9,0 л водорода. При полном испарении образца этого вещества массой 3,21 г получен газ объёмом 1,25 л при температуре 227°C и давлении 99,7 кПа. Определите возможную структурную формулу вещества и приведите структурные формулы всех изомеров.

#### ***Решение***

Задача №4 (10 баллов)



$$V(CO_2) = \frac{30,8}{44} = 0,7 \text{ моль}$$

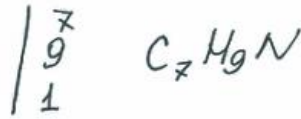
$$V(H_2O) = \frac{8,1}{18} = 0,45 \text{ моль}$$

$$V(N_2) = \frac{1,4}{28} = 0,05 \text{ моль}$$

$$V(C) = 0,7 \text{ моль}$$

$$V(H) = 0,45 \cdot 2 = 0,9 \text{ моль}$$

$$V(N) = 0,05 \cdot 2 = 0,1 \text{ моль}$$



$$m(C) = 0,7 \cdot 12 = 8,42$$

$$m(H) = 1 \cdot 0,9 = 0,92$$

$$m(N) = 14 \cdot 0,1 = 1,42$$

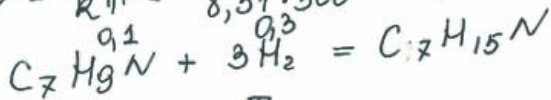
10,72, следовательно ор-ганическое ве-щество не содержит кислорода

$$pV = \nu RT$$

$$T = 227 + 273 = 500 \text{ K}$$

$$p = 138,5 \text{ кПа} \quad R = 8,31 \quad V = 91$$

$$V = \frac{pV}{RT} = \frac{138,5 \cdot 9}{8,31 \cdot 500} = 0,3 \text{ моль}$$



$$pV = \frac{mRT}{M}$$

$$m = 3,212$$

$$V = 1,257 \text{ л}$$

$$p = 99,7 \text{ кПа} \quad R = 8,31$$

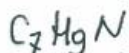
$$T = 227 + 273 = 500 \text{ K}$$

$$M = \frac{mRT}{pV} = \frac{3,21 \cdot 8,31 \cdot 500}{99,7 \cdot 1,25} = 107 \text{ г/моль}$$

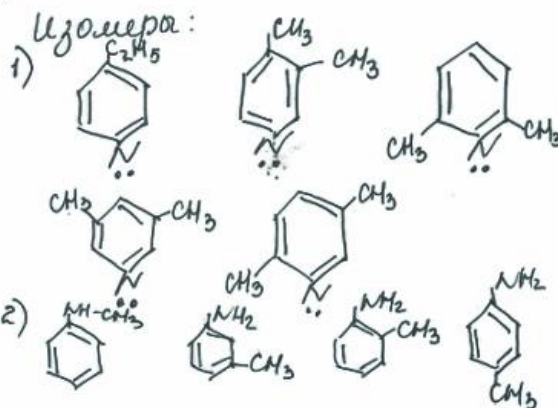
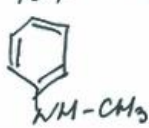
$$(C_7 H_9 N)_n = 107$$

$$107 n = 107$$

$$n = 1$$



$$\nu_{\text{исх}} = \frac{10,7}{107} = 0,1 \text{ моль}$$



Ответ:  $C_7 H_9 N$  - этилпиридин, метилпиридин

Уравнение реакции

1 балл

Вывод простейшей формулы

4 балла

Расчет количества водорода

2 балла

Расчет молярной массы

2 балла

Вывод истинной формулы

2 балла

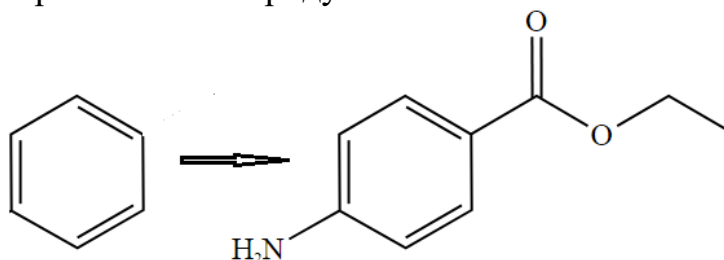
Изомеры по 1 баллу

9 баллов

Итого 20 баллов

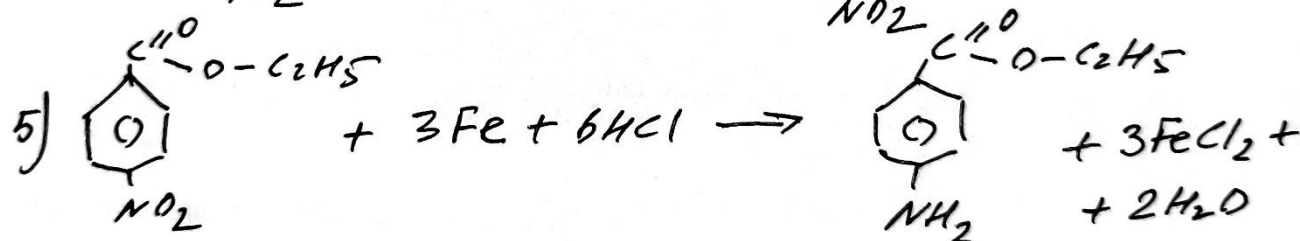
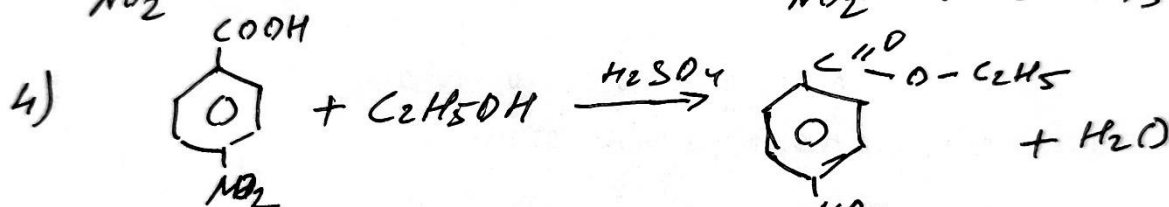
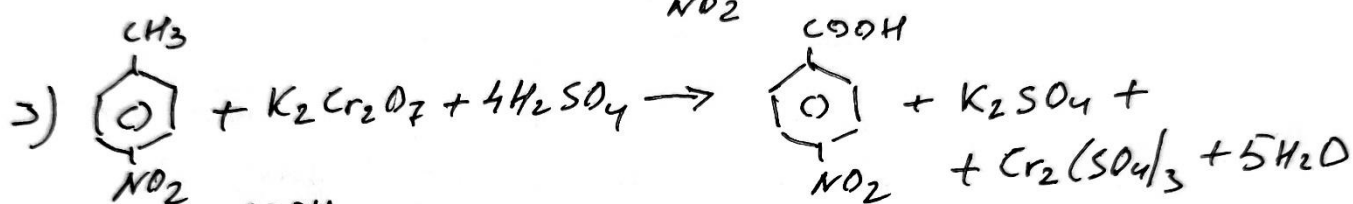
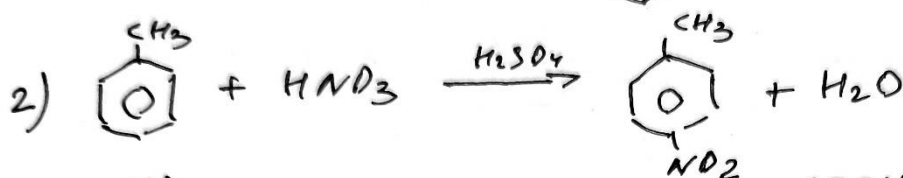
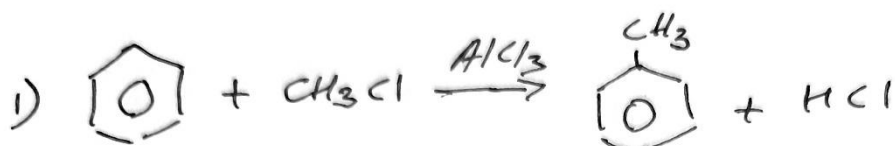
### Задание 6.

Запишите уравнения реакций цепочки синтеза лекарственного препарата анестезина. Используйте указанные реактивы, которые могут быть использованы один или несколько раз, а могут не использоваться совсем. На каждой стадии должен получаться только один органический продукт.



- $\text{HNO}_3$  (конц.),  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (конц.),  $t$
- $\text{Fe}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $t$
- $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $t$
- $\text{CH}_3\text{Cl}$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $t$
- $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $t$
- $\text{H}_2\text{SO}_4$  (разб.),  $t$
- $\text{HNO}_3$  (разб.),  $t$
- $\text{NaOH}$  (спирт),  $t$

### Решение



За полное уравнение реакции 2 балла

Итого 10 баллов