

**LXXX Московская олимпиада школьников по химии**

Отборочный этап

2023-2024 учебный год

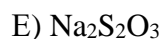
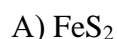
**11 класс**

*Каждое задание оценивается максимально в 10 баллов*

*Всего за выполнение варианта – максимально 100 баллов*

**11-1-1**

Выберите соединения, в структуре которых есть ковалентная связь сера-сера:



**Ответ:** АДЕЖЗ

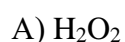
*+2 балла за каждый верный ответ, -2 балла за каждый неверный ответ (но не меньше 0).  
Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

Ковалентная связь сера-сера присутствует в дисульфидах ( $\text{FeS}_2$ ), полисульфидах ( $\text{Na}_2\text{S}_4$ ) дитиодихлориде ( $\text{S}_2\text{Cl}_2$ ), тиосульфате натрия ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ), простом веществе ( $\text{S}_8$ ). В  $\text{K}_2\text{CS}_3$  атомы серы образуют связи только с углеродом, в  $\text{MoS}_2$  только с молибденом (в отличие от  $\text{FeS}_2$ , не содержит дисульфидный фрагмент  $-\text{S}-\text{S}-$ , а является сульфидом  $\text{Mo(IV)}$ ), в  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  только с кислородом.

**11-1-2**

Выберите соединения, в структуре которых присутствует ковалентная связь кислород-кислород:



Б)  $\text{H}_2\text{SO}_5$

В)  $\text{WO}_3$

Г)  $\text{KO}_3$

Д)  $\text{CrO}_5$

Е)  $\text{Cl}_2\text{O}_7$

Ж)  $\text{P}_4\text{O}_{10}$

З)  $\text{O}_3$

**Ответ:** АБГДЗ

*+2 балла за каждый верный ответ, -2 балла за каждый неверный ответ (но не меньше 0).*

*Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

Ковалентная связь кислород-кислород присутствует в пероксиде водорода ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), пероксомоносерной кислоте ( $\text{H}_2\text{SO}_5$ ), озонидах ( $\text{KO}_3$ ), пероксиде хрома(VI) ( $\text{CrO}_5$ ), простом веществе ( $\text{O}_3$ ). В  $\text{WO}_3$  атомы кислорода образуют связи только с вольфрамом (в отличие от  $\text{KO}_3$ , не содержит озонид-ион, а является оксидом W(VI)), в  $\text{Cl}_2\text{O}_7$  только с хлором, в  $\text{P}_4\text{O}_{10}$  только с фосфором.

### 11-1-3

Выберите соединения, в структуре которых присутствует ковалентная связь азот-азот:

А)  $\text{N}_2\text{O}_5$

Б)  $\text{KNO}_3$

В)  $\text{K}_2\text{N}_2\text{O}_2$

Г)  $\text{N}_2\text{O}$

Д)  $\text{N}_2\text{O}_4$

Е)  $\text{HN}_3$

Ж)  $\text{C}_2\text{N}_2$

З)  $\text{N}_2$

**Ответ:** ВГДЕЗ

*+2 балла за каждый верный ответ, -2 балла за каждый неверный ответ (но не меньше 0).*

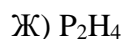
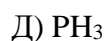
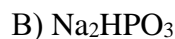
*Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

Ковалентная связь азот-азот присутствует в гипонитритах ( $K_2N_2O_2$ ), оксиде азота(I) ( $N_2O$ ), димере оксида азота(IV) ( $N_2O_4$ ), азидоводороде ( $HN_3$ ), простом веществе ( $N_2$ ). В  $N_2O_5$  атомы азота образуют связи только с кислородом, в  $KNO_3$  только с кислородом,  $C_2N_2$  только с углеродом.

**11-1-4**

Выберите соединения, в структуре которых присутствует ковалентная связь фосфор-водород:



**Ответ:** АВДЕЖ

+2 балла за каждый верный ответ, -2 балл за каждый неверный ответ (но не меньше 0).  
Максимум 10 баллов.

**Решение:**

Ковалентная связь фосфор-водород присутствует в гипофосфите натрия ( $NaH_2PO_2$ ), фосфите натрия ( $Na_2HPO_3$ ), фосфине ( $PH_3$ ), солях фосфония ( $PH_4I$ ), дифосфине ( $P_2H_4$ ). Соединения  $Na_2H_2P_2O_7$ ,  $Na_2HPO_4$ ,  $NaH_2PO_4$  являются кислыми солями соответствующих кислот и атомы водорода образуют связь с атомами кислорода.

**1-2-1**

Плотность довольно твердого простого вещества, образованного элементом Э, меньше плотности воды. Во влажном воздухе Э покрывается белой коркой с темными пятнами. Определите элемент Э, в поле ответа запишите его русское название.

Поле для ответа 1. \_\_\_\_\_ **Ответ:** литий

Напишите реакцию простого вещества элемента этой же группы (главной подгруппы), лежащего на один период ниже элемента Э с кислородом, в результате которой образуется вещество с молярной массой в 11,1 раза больше молярной массы Э. В ответе приведите сумму наименьших целых коэффициентов.

Поле для ответа 2. \_\_\_\_\_ **Ответ:** 4

*По 5 баллов за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

Исходя из описания свойств простое вещество - литий. Реакция  $2\text{Na} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{O}_2$ .

**11-2-2**

Плотность довольно твердого простого вещества, образованного элементом Э, меньше плотности воды. Во влажном воздухе Э покрывается белой коркой с темными пятнами. Определите элемент Э, в поле ответа запишите его русское название.

Поле для ответа 1. \_\_\_\_\_ **Ответ:** литий

Напишите реакцию простого вещества элемента этой же группы (главной подгруппы), лежащего на два периода ниже элемента Э с кислородом, в результате которой образуется вещество с молярной массой в 10,1 раза больше молярной массы Э. В ответе приведите сумму наименьших целых коэффициентов.

Поле для ответа 2. \_\_\_\_\_ **Ответ:** 3

*По 5 баллов за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

Исходя из описания свойств простое вещество - литий. Реакция  $\text{K} + \text{O}_2 \rightarrow \text{KO}_2$ .

**11-2-3**

Плотность довольно твердого простого вещества, образованного элементом Э, меньше плотности воды. Во влажном воздухе Э покрывается белой коркой с темными пятнами. Определите элемент Э, в поле ответа запишите его русское название.

Поле для ответа 1. \_\_\_\_\_ **Ответ:** литий

Напишите реакцию простого вещества элемента этой же группы (главной подгруппы), лежащего на один период ниже элемента Э с хлором, в результате которой образуется вещество с молярной массой в 8,36 раза больше молярной массы Э. В ответе приведите сумму наименьших целых коэффициентов.

Поле для ответа 2. \_\_\_\_\_ **Ответ:** 5

*По 5 баллов за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

Исходя из описания свойств простое вещество - литий. Реакция  $2\text{Na} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{NaCl}$ .

**11-2-4**

Плотность довольно твердого простого вещества, образованного элементом Э, меньше плотности воды. Во влажном воздухе Э покрывается белой коркой с темными пятнами. Определите элемент Э, в поле ответа запишите его русское название.

Поле для ответа 1. \_\_\_\_\_ **Ответ:** литий

Напишите реакцию простого вещества элемента этой же группы (главной подгруппы), лежащего на два периода ниже элемента Э с водой, в результате которой образуется вещество с молярной массой в 8 раз больше молярной массы Э. В ответе приведите сумму наименьших целых коэффициентов.

Поле для ответа 2. \_\_\_\_\_ **Ответ:** 7

*По 5 баллов за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

Исходя из описания свойств простое вещество - литий. Реакция  $2\text{K} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{KOH} + \text{H}_2$ .

**11-3-1**

Одним из способов определения концентрации растворенного в воде кислорода является метод Винклера. Исследование производится в несколько этапов. Сначала в анализируемую пробу добавляют  $\text{Mn}^{2+}$  в щелочной среде, в результате чего образуется соединение А с массовой долей марганца 52,4%. Далее к пробе добавляют раствор сильной кислоты и раствор иодида калия. В результате реакции образуется иод, который затем титруют раствором

тиосульфата натрия, в качестве индикатора используют крахмал. Определите формулу **A**, в поле ответа запишите молярную массу в г/моль с точностью до целых.

Поле для ответа 1. \_\_\_\_\_ **Ответ:** 105

Определите концентрацию кислорода в пробе, если  $V_{\text{пробы}} = 80$  мл, объем израсходованного при титровании 0,02М раствора тиосульфата равен 2,5 мл. В поле ответа запишите концентрацию кислорода в мг/л, округлите до целых.

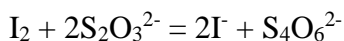
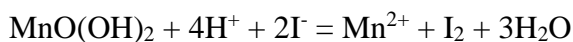
Поле для ответа 2. \_\_\_\_\_ **Ответ:** 5

*По 5 баллов за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

Соединение **A** –  $\text{MnO}(\text{OH})_2$ , молярная масса 105 г/моль. Происходящие реакции:



Количество кислорода связано с количеством тиосульфата натрия  $n(\text{O}_2) = \frac{1}{4} n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$ . Тогда концентрация кислорода в пробе  $C_{\text{O}_2} = \frac{C_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \times V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}}{4 \times V_{\text{пробы}}} \times M(\text{O}_2) \times 1000 = 5 \text{ мг/л}$

**11-3-2**

Одним из способов определения концентрации растворенного в воде кислорода является метод Винклера. Исследование производится в несколько этапов. Сначала в анализируемую пробу добавляют  $\text{Mn}^{2+}$  в щелочной среде, в результате чего образуется соединение **A** с массовой долей марганца 52,4%. Далее к пробе добавляют раствор сильной кислоты и раствор иодида калия. В результате реакции образуется иод, который затем титруют раствором тиосульфата натрия, в качестве индикатора используют крахмал. Определите формулу **A**, в поле ответа запишите молярную массу в г/моль с точностью до целых.

Поле для ответа 1. \_\_\_\_\_ **Ответ:** 105

Определите концентрацию кислорода в пробе, если  $V_{\text{пробы}} = 50$  мл, объем израсходованного при титровании 0,01М раствора тиосульфата равен 5,0 мл. В поле ответа запишите концентрацию кислорода в мг/л, округлите до целых.

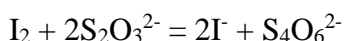
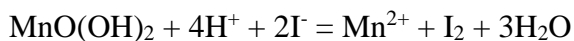
Поле для ответа 2. \_\_\_\_\_ **Ответ:** 8

*По 5 баллов за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

Соединение А –  $\text{MnO}(\text{OH})_2$ , молярная масса 105 г/моль. Происходящие реакции:



Количество кислорода связано с количеством тиосульфата натрия  $n(\text{O}_2) = \frac{1}{4} n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$ . Тогда

$$\text{концентрация кислорода в пробе } C_{\text{O}_2} = \frac{C_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \times V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}}{4 \times V_{\text{пробы}}} \times M(\text{O}_2) \times 1000 = 8 \text{ мг/л}$$

### 11-3-3

Одним из способов определения концентрации растворенного в воде кислорода является метод Винклера. Исследование производится в несколько этапов. Сначала в анализируемую пробу добавляют  $\text{Mn}^{2+}$  в щелочной среде, в результате чего образуется соединение А с массовой долей марганца 52,4%. Далее к пробе добавляют раствор сильной кислоты и раствор иодида калия. В результате реакции образуется иод, который затем титруют раствором тиосульфата натрия, в качестве индикатора используют крахмал. Определите формулу А, в поле ответа запишите молярную массу в г/моль с точностью до целых.

Поле для ответа 1. \_\_\_\_\_ **Ответ:** 105

Определите концентрацию кислорода в пробе, если  $V_{\text{пробы}} = 32$  мл, объем израсходованного при титровании 0,02М раствора тиосульфата равен 1,2 мл. В поле ответа запишите концентрацию кислорода в мг/л, округлите до целых.

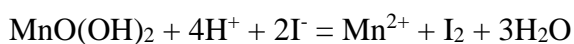
Поле для ответа 2. \_\_\_\_\_ **Ответ:** 6

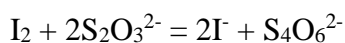
*По 5 баллов за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

Соединение А –  $\text{MnO}(\text{OH})_2$ , молярная масса 105 г/моль. Происходящие реакции:





Количество кислорода связано с количеством тиосульфата натрия  $n(O_2) = \frac{1}{4} n(Na_2S_2O_3)$ . Тогда

$$C_{O_2} = \frac{C_{Na_2S_2O_3} \times V_{Na_2S_2O_3}}{4 \times V_{пробы}} \times M(O_2) \times 1000 = 6 \text{ мг/л}$$

### 11-3-4

Одним из способов определения концентрации растворенного в воде кислорода является метод Винклера. Исследование производится в несколько этапов. Сначала в анализируемую пробу добавляют  $Mn^{2+}$  в щелочной среде, в результате чего образуется соединение А с массовой долей марганца 52,4%. Далее к пробе добавляют раствор сильной кислоты и раствор иодида калия. В результате реакции образуется иод, который затем титруют раствором тиосульфата натрия, в качестве индикатора используют крахмал. Определите формулу А, в поле ответа запишите молярную массу в г/моль с точностью до целых.

Поле для ответа 1. \_\_\_\_\_ **Ответ:** 105

Определите концентрацию кислорода в пробе, если  $V_{пробы} = 56$  мл, объем израсходованного при титровании 0,01М раствора тиосульфата равен 4,9 мл. В поле ответа запишите концентрацию кислорода в мг/л, округлите до целых.

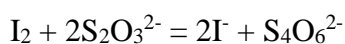
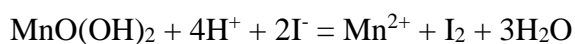
Поле для ответа 2. \_\_\_\_\_ **Ответ:** 7

*По 5 баллов за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

### **Решение:**

Соединение А –  $MnO(OH)_2$ , молярная масса 105 г/моль. Происходящие реакции:



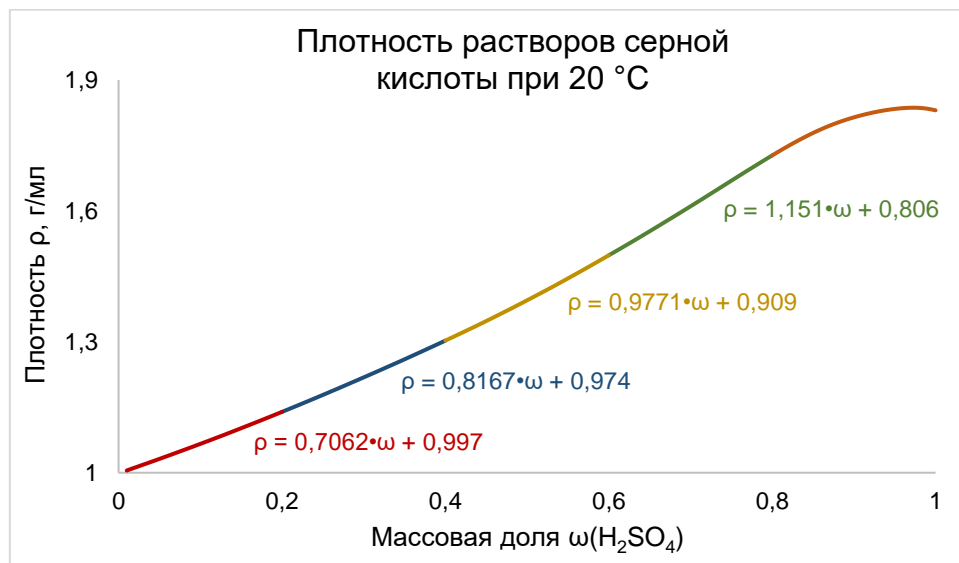
Количество кислорода связано с количеством тиосульфата натрия  $n(O_2) = \frac{1}{4} n(Na_2S_2O_3)$ . Тогда

$$C_{O_2} = \frac{C_{Na_2S_2O_3} \times V_{Na_2S_2O_3}}{4 \times V_{пробы}} \times M(O_2) \times 1000 = 7 \text{ мг/л}$$

### 11-4-1



Плотность растворов серной кислоты нелинейно зависит от массовой доли серной кислоты. На графике представлена зависимость  $\rho$  от  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4)$  при 20 °С и проведены линейные приближения на четырех диапазонах  $\omega$ .



В лаборатории аккуратно растворили 17,9 г  $\text{SO}_3$  в 19,2 мл 30% серной кислоты, охладили до 20 °С, получили новый раствор серной кислоты (раствор 2).

По данным на графике определите плотность 30% серной кислоты. Ответ приведите в г/мл с точностью до тысячных.

Поле для ответа 1. \_\_\_\_\_ **Ответ:** от 1,214 до 1,224

Рассчитайте массовую долю серной кислоты в растворе 2. Ответ приведите в процентах с точностью до целых.

Поле для ответа 2. \_\_\_\_\_ **Ответ:** от 69 до 71

По данным на графике определите плотность раствора 2. Ответ приведите в г/мл с точностью до тысячных.

Поле для ответа 3. \_\_\_\_\_ **Ответ:** от 1,599 до 1,624

Рассчитайте молярную концентрацию серной кислоты в растворе 2. Ответ приведите в моль/л с точностью до десятых.

Поле для ответа 4. \_\_\_\_\_ **Ответ:** от 11,2 до 11,8

*По 2,5 балла за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

Плотность 30% серной кислоты можно найти по данным на графике используя синий диапазон и уравнение  $\rho = 0,8167 \cdot 0,3 + 0,974 = 1,219$  г/мл.

Массовую долю серной кислоты в растворе 2 можно найти по формуле

$$\omega(p - pa2) = \frac{\frac{m(SO_3) \cdot M(H_2SO_4)}{M(SO_3)} + \frac{V(p-pa1) \cdot \omega(p-pa1)}{\rho(p-pa1)}}{m(SO_3) + \frac{V(p-pa1)}{\rho(p-pa1)}} = 0,70$$

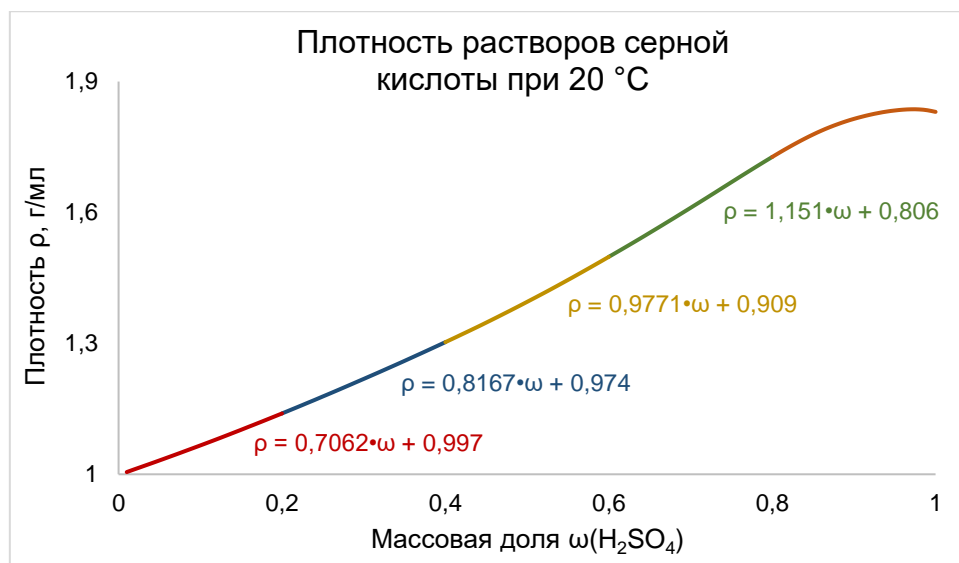
Плотность 70% серной кислоты можно найти по данным на графике используя зеленый диапазон и уравнение  $\rho = 1,151 \cdot 0,7 + 0,806 = 1,612$  г/мл

Молярную концентрацию серной кислоты в растворе 2 можно найти по формуле

$$C(p - pa2) = \frac{\omega(p-pa2) \cdot \rho(p-pa2) \cdot 1000}{M(H_2SO_4)} = 11,5 \text{ моль/л}$$

### 11-4-2

Плотность растворов серной кислоты нелинейно зависит от массовой доли серной кислоты. На графике представлена зависимость  $\rho$  от  $\omega(H_2SO_4)$  при 20 °С и проведены линейные приближения на четырех диапазонах  $\omega$ .



В лаборатории аккуратно растворили 13,4 г  $SO_3$  в 18,1 мл 50% серной кислоты, охладили до 20 °С, получили новый раствор серной кислоты (раствор 2).

По данным на графике определите плотность 50% серной кислоты. Ответ приведите в г/мл с точностью до тысячных.

Поле для ответа 1. \_\_\_\_\_ **Ответ:** от 1,393 до 1,403

Рассчитайте массовую долю серной кислоты в растворе 2. Ответ приведите в процентах с точностью до целых.

Поле для ответа 2. \_\_\_\_\_ **Ответ:** от 74 до 76

По данным на графике определите плотность раствора 2. Ответ приведите в г/мл с точностью до тысячных.

Поле для ответа 3. \_\_\_\_\_ **Ответ:** от 1,656 до 1,681

Рассчитайте молярную концентрацию серной кислоты в растворе 2. Ответ приведите в моль/л с точностью до десятых.

Поле для ответа 4. \_\_\_\_\_ **Ответ:** от 12,5 до 13,0

*По 2,5 балла за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

### **Решение:**

Плотность 50% серной кислоты можно найти по данным на графике используя желтый диапазон и уравнение  $\rho = 0,9771 \cdot 0,5 + 0,909 = 1,398$  г/мл.

Массовую долю серной кислоты в растворе 2 можно найти по формуле

$$\omega(p - pa2) = \frac{\frac{m(SO_3) \cdot M(H_2SO_4)}{M(SO_3)} + \frac{V(p-pa1) \cdot \omega(p-pa1)}{\rho(p-pa1)}}{m(SO_3) + \frac{V(p-pa1)}{\rho(p-pa1)}} = 0,75$$

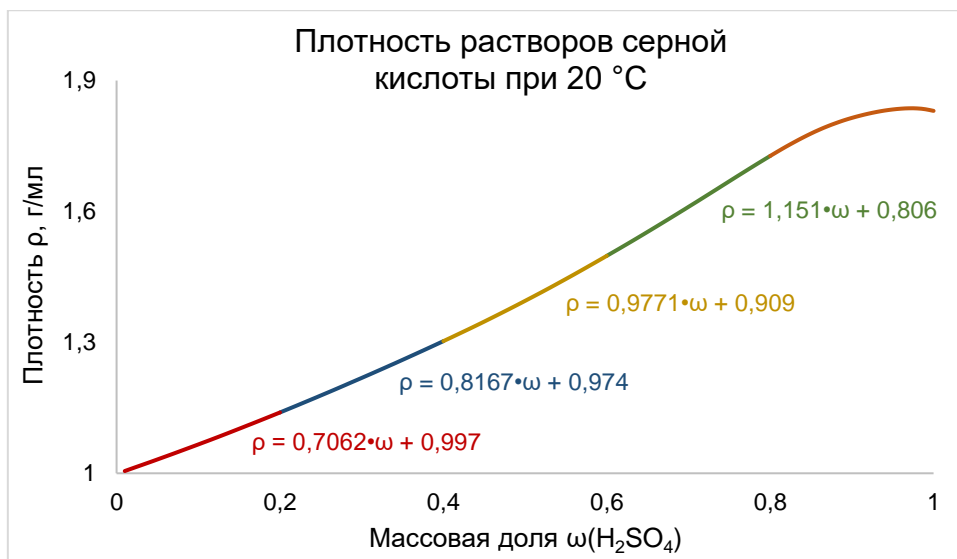
Плотность 75% серной кислоты можно найти по данным на графике используя зеленый диапазон и уравнение  $\rho = 1,151 \cdot 0,75 + 0,806 = 1,669$  г/мл

Молярную концентрацию серной кислоты в растворе 2 можно найти по формуле

$$C(p - pa2) = \frac{\omega(p-pa2) \cdot \rho(p-pa2) \cdot 1000}{M(H_2SO_4)} = 12,8 \text{ моль/л}$$

### **11-4-3**

Плотность растворов серной кислоты нелинейно зависит от массовой доли серной кислоты. На графике представлена зависимость  $\rho$  от  $\omega(H_2SO_4)$  при 20 °С и проведены линейные приближения на четырех диапазонах  $\omega$ .



В лаборатории аккуратно растворили 8,84 г  $\text{SO}_3$  в 16,6 мл 15% серной кислоты, охладили до  $20\text{ }^\circ\text{C}$ , получили новый раствор серной кислоты (раствор 2).

По данным на графике определите плотность 15% серной кислоты. Ответ приведите в г/мл с точностью до тысячных.

Поле для ответа 1. \_\_\_\_\_ **Ответ:** от 1,098 до 1,108

Рассчитайте массовую долю серной кислоты в растворе 2. Ответ приведите в процентах с точностью до целых.

Поле для ответа 2. \_\_\_\_\_ **Ответ:** от 49 до 51

По данным на графике определите плотность раствора 2. Ответ приведите в г/мл с точностью до тысячных.

Поле для ответа 3. \_\_\_\_\_ **Ответ:** от 1,387 до 1,407

Рассчитайте молярную концентрацию серной кислоты в растворе 2. Ответ приведите в моль/л с точностью до десятых.

Поле для ответа 4. \_\_\_\_\_ **Ответ:** от 6,9 до 7,3

*По 2,5 балла за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

Плотность 15% серной кислоты можно найти по данным на графике используя красный диапазон и уравнение  $\rho = 0,7062 \cdot 0,15 + 0,997 = 1,103$  г/мл.

Массовую долю серной кислоты в растворе 2 можно найти по формуле

$$\omega(p - pa2) = \frac{\frac{m(SO_3) \cdot M(H_2SO_4)}{M(SO_3)} + \frac{V(p-pa1) \cdot \omega(p-pa1)}{\rho(p-pa1)}}{m(SO_3) + \frac{V(p-pa1)}{\rho(p-pa1)}} = 0,50$$

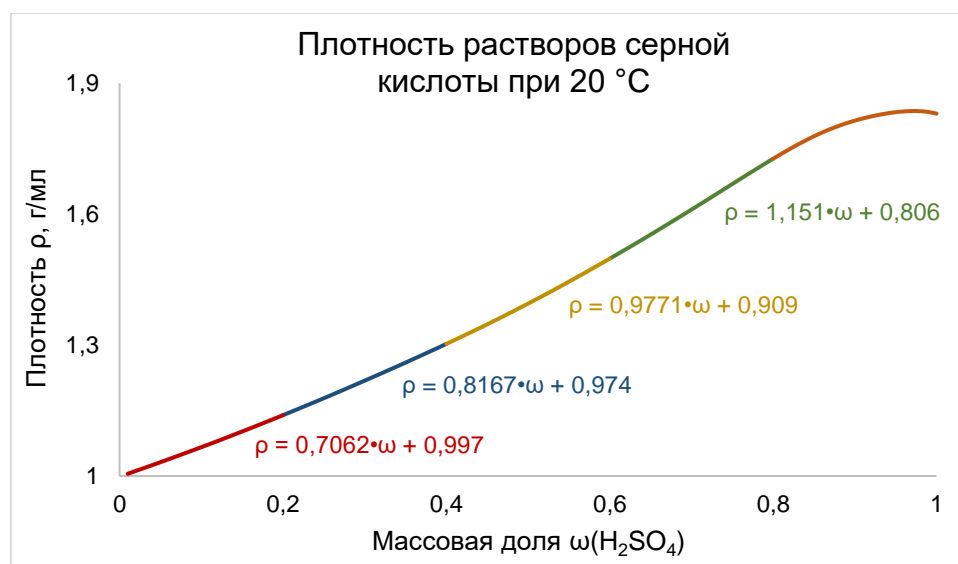
Плотность 50% серной кислоты можно найти по данным на графике используя желтый диапазон и уравнение  $\rho = 0,9771 \cdot 0,5 + 0,909 = 1,398$  г/мл

Молярную концентрацию серной кислоты в растворе 2 можно найти по формуле

$$C(p - pa2) = \frac{\omega(p-pa2) \cdot \rho(p-pa2) \cdot 1000}{M(H_2SO_4)} = 7,1 \text{ моль/л}$$

#### 11-4-4

Плотность растворов серной кислоты нелинейно зависит от массовой доли серной кислоты. На графике представлена зависимость  $\rho$  от  $\omega(H_2SO_4)$  при 20 °С и проведены линейные приближения на четырех диапазонах  $\omega$ .



В лаборатории аккуратно растворили 15,3 г  $SO_3$  в 21,5 мл 10% серной кислоты, охладили до 20 °С, получили новый раствор серной кислоты (раствор 2).

По данным на графике определите плотность 10% серной кислоты. Ответ приведите в г/мл с точностью до тысячных.

Поле для ответа 1. \_\_\_\_\_ **Ответ:** от 1,063 до 1,073

Рассчитайте массовую долю серной кислоты в растворе 2. Ответ приведите в процентах с точностью до целых.

Поле для ответа 2. \_\_\_\_\_ **Ответ:** от 54 до 56

По данным на графике определите плотность раствора 2. Ответ приведите в г/мл с точностью до тысячных.

Поле для ответа 3. \_\_\_\_\_ **Ответ:** от 1,436 до 1,457

Рассчитайте молярную концентрацию серной кислоты в растворе 2. Ответ приведите в моль/л с точностью до десятых.

Поле для ответа 4. \_\_\_\_\_ **Ответ:** от 7,9 до 8,3

*По 2,5 балла за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

Плотность 10% серной кислоты можно найти по данным на графике используя красный диапазон и уравнение  $\rho = 0,7062 \cdot 0,10 + 0,997 = 1,068$  г/мл.

Массовую долю серной кислоты в растворе 2 можно найти по формуле

$$\omega(p - pa2) = \frac{\frac{m(SO_3) \cdot M(H_2SO_4)}{M(SO_3)} + \frac{V(p-pa1) \cdot \omega(p-pa1)}{\rho(p-pa1)}}{m(SO_3) + \frac{V(p-pa1)}{\rho(p-pa1)}} = 0,55$$

Плотность 55% серной кислоты можно найти по данным на графике используя желтый диапазон и уравнение  $\rho = 0,9771 \cdot 0,55 + 0,909 = 1,446$  г/мл

Молярную концентрацию серной кислоты в растворе 2 можно найти по формуле

$$C(p - pa2) = \frac{\omega(p-pa2) \cdot \rho(p-pa2) \cdot 1000}{M(H_2SO_4)} = 8,1 \text{ моль/л}$$

**11-5-1**

Белое твердое соединение **Е** образуется при взаимодействии двух газов **Г<sub>1</sub>** и **Г<sub>2</sub>** в качестве единственного продукта реакции. В лаборатории **Г<sub>1</sub>** получают аккуратным нагреванием смеси нашатыря и гашеной извести. Для получения **Г<sub>2</sub>** проводят сплавление тетрафторбората калия и оксида элемента **Э** ( $\omega_{\text{Э}} = 31,4\%$ ). Определите зашифрованные соединения, в ответе запишите молярные массы соединений **Е**, **Г<sub>1</sub>**, **Г<sub>2</sub>** с точностью до целых.

Поле для ответа 1:

<b>Е</b>	<b>Г<sub>1</sub></b>	<b>Г<sub>2</sub></b>

**Ответ:**

<b>Е</b>	<b>Г<sub>1</sub></b>	<b>Г<sub>2</sub></b>
85	17	68

Определите количество  $\sigma$ -связей в **Е**.

Поле для ответа 2. \_\_\_\_\_ **Ответ:** 7

*По 2,5 балла за каждый верный ответ.*

Максимум 10 баллов.

**Решение:**

<b>Е</b>	<b>Г<sub>1</sub></b>	<b>Г<sub>2</sub></b>
$\text{NH}_3 \cdot \text{BF}_3$	$\text{NH}_3$	$\text{BF}_3$



### 11-5-2

Легковоспламеняющаяся жидкость **Е** образуется при взаимодействии газа **Г** и жидкости **Ж** в качестве единственного продукта реакции. В лаборатории **Г** получают из борогидрида натрия и фторида элемента **Э** ( $\omega_{\text{Э}} = 16,2\%$ ). Для получения **Ж** проводят реакцию между сульфидом калия и хлорметаном. Определите зашифрованные соединения, в ответе запишите молярные массы соединений **Е**, **Г**, **Ж** с точностью до целых.

Поле для ответа 1:

<b>Е</b>	<b>Г</b>	<b>Ж</b>

**Ответ:**

<b>Е</b>	<b>Г</b>	<b>Ж</b>
76	14 или 28	62

Определите количество  $\sigma$ -связей в **Е**.

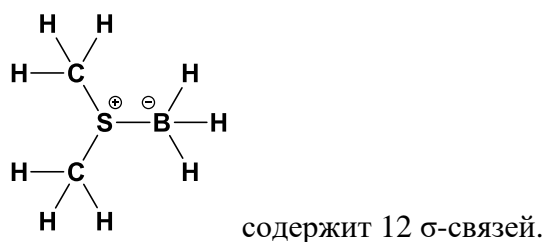
Поле для ответа 2. \_\_\_\_\_ **Ответ:** 12

По 2,5 балла за каждый верный ответ.

Максимум 10 баллов.

**Решение:**

<b>Е</b>	<b>Г</b>	<b>Ж</b>
$(\text{CH}_3)_2\text{S} \cdot \text{BH}_3$	$\text{BH}_3$ или $\text{B}_2\text{H}_6$	$(\text{CH}_3)_2\text{S}$



### 11-5-3

Дымящая на воздухе жидкость **Е** образуется при взаимодействии газа **Г** и жидкости **Ж** в качестве единственного продукта реакции. Для получения **Г** проводят сплавление тетрафторбората калия и оксида элемента Э ( $\omega_{\text{Э}} = 31,4\%$ ). Жидкость **Ж** является популярным органическим растворителем. В промышленности **Ж** образуется в качестве побочного продукта при гидратации этилена для получения этанола. Определите зашифрованные соединения, в ответе запишите молярные массы соединений **Е**, **Г**, **Ж** с точностью до целых.

Поле для ответа 1:

Е	Г	Ж

Ответ:

Е	Г	Ж
142	68	74

Определите количество  $\sigma$ -связей в **Е**.

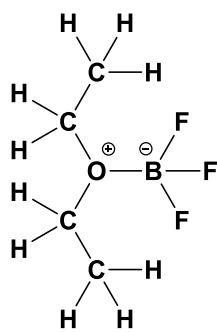
Поле для ответа 2. \_\_\_\_\_ **Ответ:** 18

По 2,5 балла за каждый верный ответ.

Максимум 10 баллов.

**Решение:**

Е	Г	Ж
$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O} \cdot \text{BF}_3$	$\text{BF}_3$	$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ , диэтиловый эфир



содержит 18  $\sigma$ -связей.

### 11-5-4

Легковоспламеняющаяся жидкость **Е** образуется при взаимодействии газа **Г** и жидкости **Ж** в качестве единственного продукта реакции. В лаборатории **Г** получают из борогидрида натрия и фторида элемента Э ( $\omega_{\text{Э}} = 16,2\%$ ). Жидкость **Ж** является популярным органическим



растворителем. В промышленности **Ж** получают дегидратацией 1,4-бутандиола. Определите зашифрованные соединения, в ответе запишите молярные массы соединений **Е**, **Г**, **Ж** с точностью до целых.

Поле для ответа 1:

Е	Г	Ж

Ответ:

Е	Г	Ж
86	14 или 28	72

Определите количество  $\sigma$ -связей в **Е**.

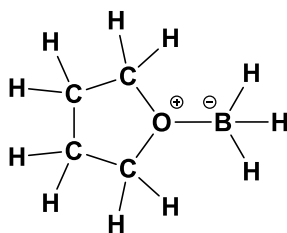
Поле для ответа 2. \_\_\_\_\_ Ответ: 17

По 2,5 балла за каждый верный ответ.

Максимум 10 баллов.

Решение:

Е	Г	Ж
$C_4H_8O \cdot BH_3$	$BH_3$ или $B_2H_6$	$C_4H_8O$ , ТГФ

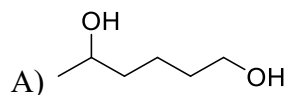


содержит 17  $\sigma$ -связей.

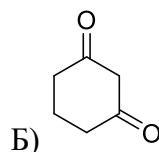
### 11-6-1

Установите соответствие между реагентом и продуктом его взаимодействия с метил 5-оксогексаноатом:

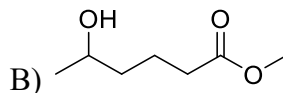
1)  $NaBH_4$ ,  $CH_3OH$



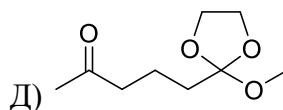
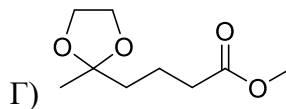
2) 1.  $LiAlH_4$ , эфир. 2.  $H_2O$



3) этиленгликоль, кат.  $H^+$



4)  $CH_3ONa$ ,  $CH_3OH$



**Ответ:** 1В, 2А, 3Г, 4Б

*По 2,5 балла за каждое верное соответствие.*

*Максимум 10 баллов.*

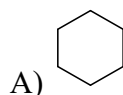
**Решение:**

$NaBH_4$  восстанавливает только кетон до вторичного спирта.  $LiAlH_4$  восстанавливает и кетон и сложный эфир до спиртов. С этиленгликолем образуется ацеталь из кетона. Под действием метилата натрия (основание) происходит конденсация Клайзена.

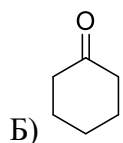
### 11-6-2

Установите соответствие между реагентом и продуктом его взаимодействия с циклогексен-2-оном:

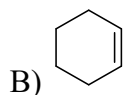
1)  $H_2$  (1 атм), кат. Pd/C



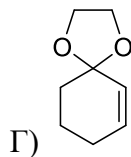
2)  $N_2H_4$ , KOH,  $t^\circ$

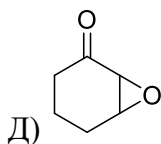


3) этиленгликоль, кат.  $H^+$



4)  $H_2O_2$ , NaOH





**Ответ:** 1Б, 2В, 3Г, 4Д

*По 2,5 балла за каждое верное соответствие.*

*Максимум 10 баллов.*

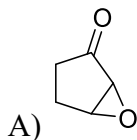
**Решение:**

$H_2/Pd$  восстанавливает двойную связь. Гидразин в щелочной среде приводит к восстановлению кетона (восстановление по Кижнеру – Вольфу). С этиленгликолем образуется ацеталь из кетона. Пероксидом водорода в щелочной среде эпоксидируются алкены с электроноакцепторными группами.

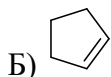
### 11-6-3

Установите соответствие между реагентом и продуктом его взаимодействия с циклопентен-2-оном:

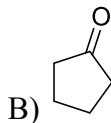
1)  $H_2$  (1 атм), кат. Pd/C



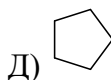
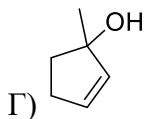
2)  $N_2H_4$ , KOH,  $t^\circ$



3) 1.  $CH_3Li$ . 2.  $H_2O$



4)  $H_2O_2$ , NaOH



**Ответ:** 1В, 2Б, 3Г, 4А

*По 2,5 балла за каждое верное соответствие.*

*Максимум 10 баллов.*

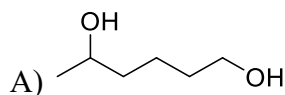
**Решение:**

$H_2/Pd$  восстанавливает двойную связь. Гидразин в щелочной среде приводит к восстановлению кетона (восстановление по Кижнеру – Вольфу). Метиллитий присоединяется по карбонильной группе кетона, после гидролиза образуется третичный спирт (аналогично реактивам Гриньяра). Пероксидом водорода в щелочной среде эпоксидируются алкены с электроноакцепторными группами

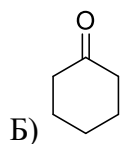
**11-6-4**

Установите соответствие между реагентом и продуктом его взаимодействия с 5-оксогексаналем:

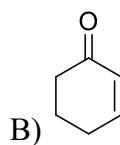
1)  $NaBH_4$ ,  $CH_3OH$



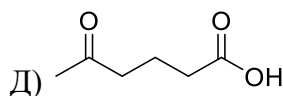
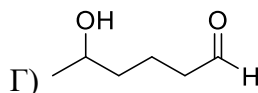
2) 1.  $LiAlH_4$ , эфир. 2.  $H_2O$



3)  $K_2Cr_2O_7$ ,  $H_2SO_4$



4)  $CH_3ONa$ ,  $CH_3OH$ ,  $t^\circ$



**Ответ:** 1А, 2А, 3Д, 4В

*По 2,5 балла за каждое верное соответствие.*

*Максимум 10 баллов.*

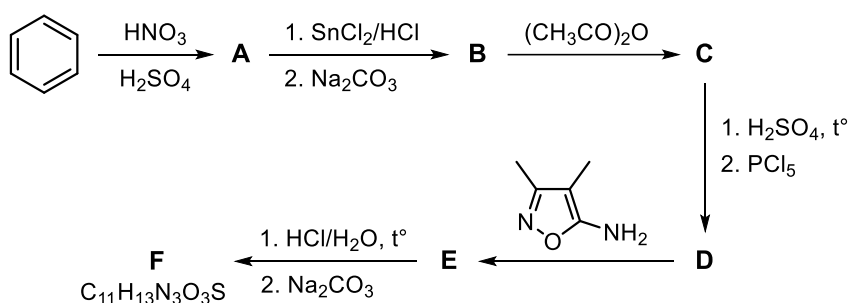
**Решение:**

$NaBH_4$  восстанавливает кетон и альдегид до спиртов.  $LiAlH_4$  аналогично. Окисление дихроматом калия альдегида приводит к кислоте. Под действием метилата натрия (основание) при нагревании происходит альдольно-кетоновая конденсация.

### 11-7-1

На схеме представлен синтез одного из антибиотиков. Противобактериальные свойства соединений типа **F** были обнаружены еще в начале XX века. Расшифруйте цепочку превращений. Дополнительно известно, что молярная масса **D** больше молярной массы **C** примерно на 73%. В поле ответа запишите брутто-формулы веществ **A-F**.

Порядок записи элементов в формулах определяется по системе Хилла, согласно которой сначала указывается количество атомов углерода, затем число атомов водорода, после количество всех остальных химических элементов в алфавитном порядке, пример: C<sub>8</sub>H<sub>16</sub>ClNO<sub>3</sub>P<sub>2</sub>.



Поле для ответа:

A	B	C	D	E

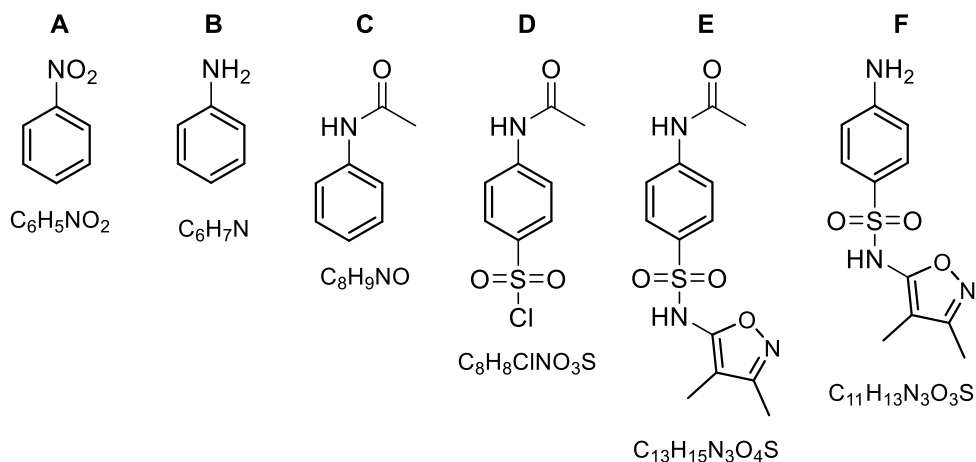
**Ответ:**

A	B	C	D	E
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> N	C <sub>8</sub> H <sub>9</sub> NO	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> ClNO <sub>3</sub> S	C <sub>13</sub> H <sub>15</sub> N <sub>3</sub> O <sub>4</sub> S

По 2 балла за каждый верный ответ.

Максимум 10 баллов.

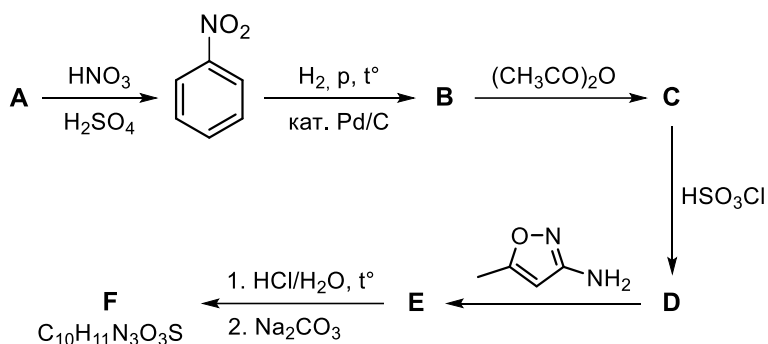
**Решение:**



**11-7-2**

На схеме представлен синтез одного из антибиотиков. Противобактериальные свойства соединений типа **F** были обнаружены еще в начале XX века. Расшифруйте цепочку превращений. Дополнительно известно, что молярная масса **D** больше молярной массы **C** примерно на 73%. В поле ответа запишите брутто-формулы веществ **A-F**.

Порядок записи элементов в формулах определяется по системе Хилла, согласно которой сначала указывается количество атомов углерода, затем число атомов водорода, после количество всех остальных химических элементов в алфавитном порядке, пример:  $C_8H_{16}ClNO_3P_2$ .



Поле для ответов:

A	B	C	D	E

Ответ:

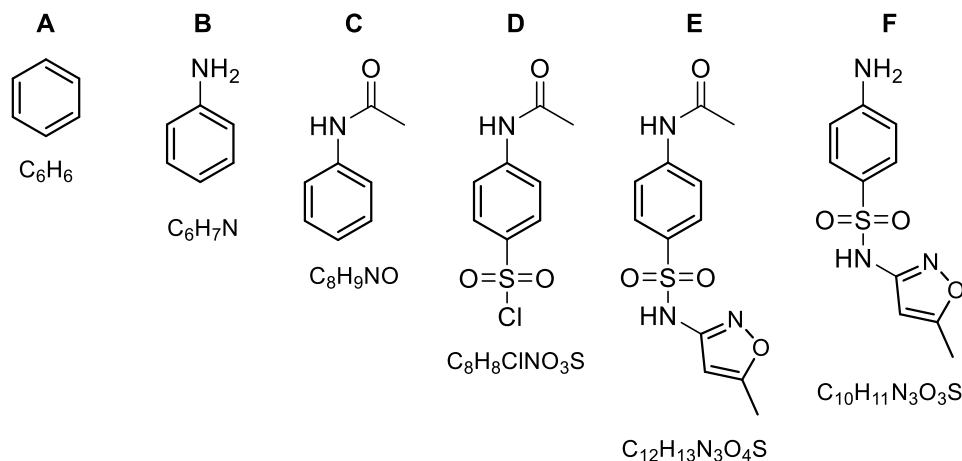
A	B	C	D	E
---	---	---	---	---

C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> N	C <sub>8</sub> H <sub>9</sub> NO	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> ClNO <sub>3</sub> S	C <sub>12</sub> H <sub>13</sub> N <sub>3</sub> O <sub>4</sub> S
-------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	---	---

По 2 балла за каждый верный ответ.

Максимум 10 баллов.

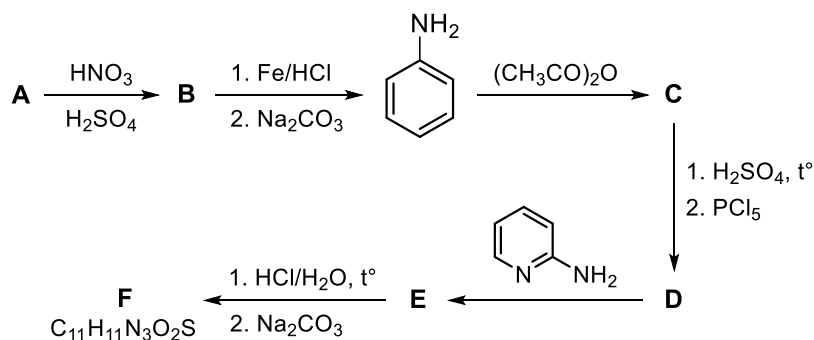
**Решение:**



### 11-7-3

На схеме представлен синтез одного из антибиотиков. Противобактериальные свойства соединений типа **F** были обнаружены еще в начале XX века. Расшифруйте цепочку превращений. Дополнительно известно, что молярная масса **D** больше молярной массы **C** примерно на 73%. В поле ответа запишите брутто-формулы веществ **A-F**.

Порядок записи элементов в формулах определяется по системе Хилла, согласно которой сначала указывается количество атомов углерода, затем число атомов водорода, после количество всех остальных химических элементов в алфавитном порядке, пример: C<sub>8</sub>H<sub>16</sub>ClNO<sub>3</sub>P<sub>2</sub>.



Поле для ответов:

A	B	C	D	E

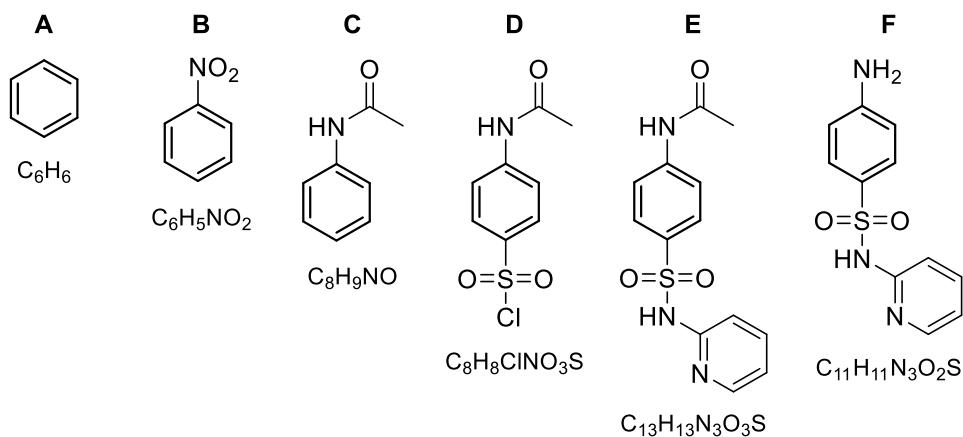
Ответ:

A	B	C	D	E
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	C <sub>8</sub> H <sub>9</sub> NO	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> ClNO <sub>3</sub> S	C <sub>13</sub> H <sub>13</sub> N <sub>3</sub> O <sub>3</sub> S

По 2 балла за каждый верный ответ.

Максимум 10 баллов.

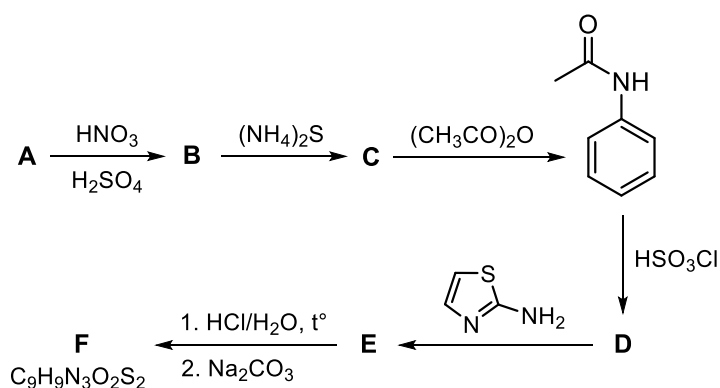
Решение:



#### 11-7-4

На схеме представлен синтез одного из антибиотиков. Противобактериальные свойства соединений типа **F** были обнаружены еще в начале XX века. Расшифруйте цепочку превращений. Дополнительно известно, что молярная масса **D** больше молярной массы **C** примерно на 151%. В поле ответа запишите брутто-формулы веществ **A-F**.

Порядок записи элементов в формулах определяется по системе Хилла, согласно которой сначала указывается количество атомов углерода, затем число атомов водорода, после количество всех остальных химических элементов в алфавитном порядке, пример: C<sub>8</sub>H<sub>16</sub>ClNO<sub>3</sub>P<sub>2</sub>.



Поле для ответов:



A	B	C	D	E

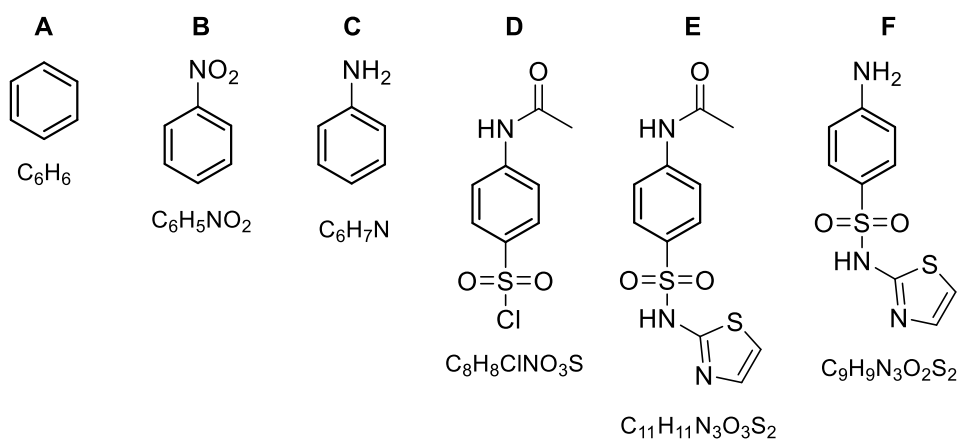
**Ответ:**

A	B	C	D	E
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> N	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> ClNO <sub>3</sub> S	C <sub>11</sub> H <sub>11</sub> N <sub>3</sub> O <sub>3</sub> S <sub>2</sub>

По 2 балла за каждый верный ответ.

Максимум 10 баллов.

**Решение:**



**11-8-1**

Расположите следующие алкены в порядке увеличения скорости реакции с бромом:

- А) пропилен
- Б) метилакрилат
- В) бутилвиниловый эфир
- Г) изобутилен

**Ответ:** БАГВ

По 2,5 балла за каждое верное соответствие.

Максимум 10 баллов.

**Решение:**

Бромирование алкенов происходит по механизму электрофильного присоединения. Скорость данной реакции зависит от электронной плотности на двойной связи. Заместители при двойной связи, обладающие отрицательным индуктивным и/или мезомерным эффектом уменьшают

скорость электрофильного присоединения и наоборот. Скорость бромирования возрастает в ряду метилакрилат – пропилен – изобутилен – бутилвиниловый эфир.

### 11-8-2

Расположите следующие ароматические соединения в порядке увеличения скорости нитрования:

- А) толуол
- Б) бензол
- В) хлорбензол
- Г) бензойная кислота

**Ответ:** ГВБА

*По 2,5 балла за каждое верное соответствие.*

*Максимум 10 баллов.*

#### **Решение:**

Нитрование ароматических соединений происходит по механизму электрофильного замещения. Скорость данной реакции зависит от электронной плотности в ароматическом кольце. Заместили, обладающие отрицательным индуктивным и/или мезомерным эффектом уменьшают скорость электрофильного замещения и наоборот. Скорость нитрования возрастает в ряду бензойная кислота – хлорбензол – бензол – толуол.

### 11-8-3

Расположите следующие ароматические соединения в порядке увеличения скорости нитрования:

- А) кумол
- Б) фенилацетат
- В) бромбензол
- Г) бензальдегид

**Ответ:** ГВАБ

*По 2,5 балла за каждое верное соответствие.*

*Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

Нитрование ароматических соединений происходит по механизму электрофильного замещения. Скорость данной реакции зависит от электронной плотности в ароматическом кольце. Заместители, обладающие отрицательным индуктивным и/или мезомерным эффектом уменьшают скорость электрофильного замещения и наоборот. Скорость нитрования возрастает в ряду бензальдегид – бромбензол – кумол – фенилацетат.

**11-8-4**

Расположите следующие алкены в порядке увеличения скорости реакции с бромом:

- А) акрилонитрил
- Б) циклогексен
- В) этоксиэтилен
- Г) винилхлорид

**Ответ:** АГБВ

*По 2,5 балла за каждое верное соответствие.*

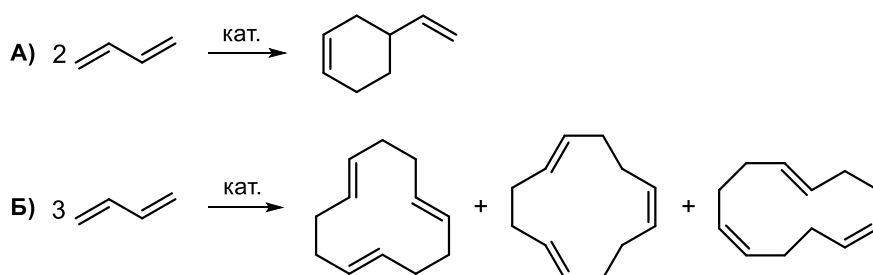
*Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

Бромирование алкенов происходит по механизму электрофильного присоединения. Скорость данной реакции зависит от электронной плотности на двойной связи. Заместители при двойной связи, обладающие отрицательным индуктивным и/или мезомерным эффектом уменьшают скорость электрофильного присоединения и наоборот. Скорость бромирования возрастает в ряду акрилонитрил – винилхлорид – циклогексен – этоксиэтилен.

**11-9-1**

В зависимости от катализатора, 1,3-бутадиен может вступать в реакцию циклоолигомеризации в 4-винилциклогексен или в 1,5,9-циклододекатриены:



В лаборатории получили новый катализатор для циклоолигомеризации бутадиена. Для исследования его свойств провели опыт, в ходе которого бутадиен под давлением 0,1 МПа и твердый катализатор были помещены в автоклав с постоянным измерением давления. В результате опыта было обнаружено, что со временем происходит уменьшение давления.

Для определения, какая реакция происходила в автоклаве, были рассчитаны скорости уменьшения давления при определенном значении давления. Данные приведены в таблице:

p(кПа)	r(Па/с)
95	13,201
70	7,167
40	2,340

Считайте, что в условиях опыта продукты циклоолигомеризации не летучи, а кинетические уравнения процессов соответствуют стехиометрическим уравнениям.

По данным опыта определите, какая реакция происходила в автоклаве на новом катализаторе

Поле для ответа 1. Выбор А или Б. **Ответ: А**

Рассчитайте константу скорости реакции циклоолигомеризации на новом катализаторе. Ответ приведите в  $\text{ГПа}^{-1}\cdot\text{с}^{-1}$  или  $\text{ГПа}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ , округлите до сотых

Поле для ответа 2. \_\_\_\_\_. **Ответ: от 1,45 до 1,47**

Какая будет скорость реакции циклоолигомеризации на новом катализаторе при давлении в автоклаве 55 кПа? Ответ приведите в Па/с, округлите до тысячных

Поле для ответа 3. \_\_\_\_\_. **Ответ: от 4,386 до 4,447**

Можно ли по данным такого опыта определить, какой из изомеров 1,5,9-циклододекатриена образуется в ходе циклоолигомеризации?

Поле для ответа 4. Выбор да или нет. **Ответ: нет**

*По 2,5 балла за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

### **Решение:**

Так как кинетические уравнения процессов соответствуют уравнениям димеризации или тримеризации, а продукты не влияют на общее давление, зависимость скорости реакции от давления в сосуде может быть квадратичной или кубической. Определить порядок реакции можно методом Вант-Гоффа:

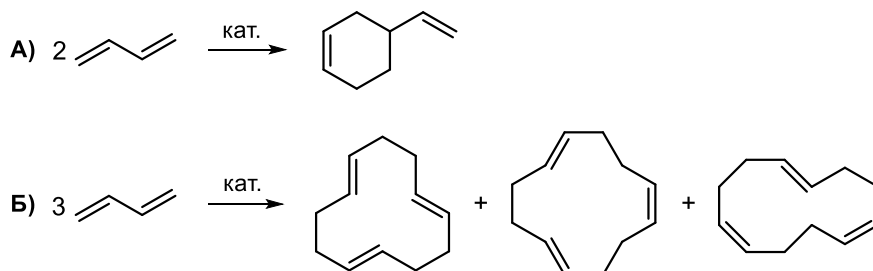
$$n = \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{\ln \frac{p_2}{p_1}}$$

При подстановке любых пар данных из таблицы получается порядок 2,0, т.е. протекает реакция А. Тогда закон действующих масс для данной реакции  $r = k \cdot p^2$ , откуда константу можно найти по формуле  $k = r/p^2$ . При подстановке любых пар данных из таблицы (с учетом перевода в Паскали), получаем  $k = 1,46 \text{ ГПа}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ . Найти скорость при давлении в автоклаве 55 кПа можно по закону действующих масс  $r = k \cdot p^2$ , используя найденное значение константы, тогда  $r = 4,417 \text{ Па/с}$ .

Данные, полученные в результате опыта, позволяют найти порядок реакции по реагенту, но с помощью них нельзя определить, какой продукт образуется в реакции тримеризации.

### 11-9-2

В зависимости от катализатора, 1,3-бутадиен может вступать в реакцию циклоолигомеризации в 4-винилциклогексен или в 1,5,9-циклододекатриены:



В лаборатории получили новый катализатор для циклоолигомеризации бутадиена. Для исследования его свойств провели опыт, в ходе которого бутадиен под давлением 0,1 МПа и твердый катализатор были помещены в автоклав с постоянным измерением давления. В результате опыта было обнаружено, что со временем происходит уменьшение давления.

Для определения, какая реакция происходила в автоклаве, были рассчитаны скорости уменьшения давления при определенном значении давления. Данные приведены в таблице:

p(кПа)	r(мПа/с)
91	1,606
82	1,175
77	0,973

Считайте, что в условиях опыта продукты циклоолигомеризации не летучи, а кинетические уравнения процессов соответствуют стехиометрическим уравнениям.

По данным опыта определите, какая реакция происходила в автоклаве на новом катализаторе:

Поле для ответа 1. Выбор **А** или **Б**. **Ответ: Б**

Рассчитайте константу скорости реакции циклоолигомеризации. Ответ приведите в  $\text{ГПа}^{-1}\cdot\text{с}^{-1}$  или  $\text{ГПа}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ , округлите до сотых

Поле для ответа 2. \_\_\_\_\_. **Ответ:** от 2,12 до 2,14

Какая будет скорость реакции циклоолигомеризации на новом катализаторе при давлении в автоклаве 85 кПа? Ответ приведите в мПа/с, округлите до тысячных

Поле для ответа 3. \_\_\_\_\_. **Ответ:** от 1,301 до 1,314

Можно ли по данным такого опыта определить, какой из изомеров 1,5,9-циклододекатриена образуется в ходе циклоолигомеризации?

Поле для ответа 4. Выбор да или нет. **Ответ:** нет

*По 2,5 балла за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

### **Решение:**

Так как кинетические уравнения процессов соответствуют уравнениям димеризации или тримеризации, а продукты не влияют на общее давление, зависимость скорости реакции от давления в сосуде может быть квадратичной или кубической. Определить порядок реакции можно методом Вант-Гоффа:

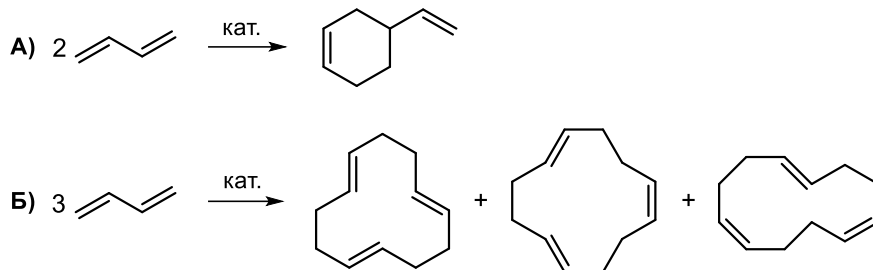
$$n = \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{\ln \frac{p_2}{p_1}}$$

При подстановке любых пар данных из таблицы получается порядок 3,0, т.е. протекает реакция **Б**. Тогда закон действующих масс для данной реакции  $r = k \cdot p^3$ , откуда константу можно найти по формуле  $k = r/p^3$ . При подстановке любых пар данных из таблицы (с учетом перевода в Паскали), получаем  $k = 2,13 \text{ ГПа}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ . Найти скорость при давлении в автоклаве 85 кПа можно по закону действующих масс  $r = k \cdot p^3$ , используя найденное значение константы, тогда  $r = 1,308 \text{ мПа/с}$ .

Данные, полученные в результате опыта, позволяют найти порядок реакции по реагенту, но с помощью них нельзя определить, какой продукт образуется в реакции тримеризации.

### 11-9-3

В зависимости от катализатора, 1,3-бутадиен может вступать в реакцию циклоолигомеризации в 4-винилциклогексен или в 1,5,9-циклододекатриены:



В лаборатории получили новый катализатор для циклоолигомеризации бутадиена. Для исследования его свойств провели опыт, в ходе которого бутадиен под давлением 0,1 МПа и твердый катализатор были помещены в автоклав с постоянным измерением давления. В результате опыта было обнаружено, что со временем происходит уменьшение давления.

Для определения, какая реакция происходила в автоклаве, были рассчитаны скорости уменьшения давления при определенном значении давления. Данные приведены в таблице:

p(кПа)	r(Па/с)
90	29,65
75	20,59
55	11,07

Считайте, что в условиях опыта продукты циклоолигомеризации не летучи, а кинетические уравнения процессов соответствуют стехиометрическим уравнениям.

По данным опыта определите, какая реакция происходила в автоклаве на новом катализаторе:

Поле для ответа 1. Выбор А или Б. **Ответ: А**

Рассчитайте константу скорости реакции циклоолигомеризации на новом катализаторе. Ответ приведите в ГПа<sup>-1</sup>·с<sup>-1</sup> или ГПа<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>, округлите до сотых

Поле для ответа 2. \_\_\_\_\_. **Ответ: от 3,65 до 3,67**

Какая будет скорость реакции циклоолигомеризации на новом катализаторе при давлении в автоклаве 60 кПа? Ответ приведите в Па/с, округлите до сотых

Поле для ответа 3. \_\_\_\_\_. **Ответ: от 13,14 до 13,21**

Можно ли по данным такого опыта определить, какой из изомеров 1,5,9-циклододекатриена образуется в ходе циклоолигомеризации?

Поле для ответа 4. Выбор да или нет. **Ответ:** нет

По 2,5 балла за каждый верный ответ.

Максимум 10 баллов.

### Решение:

Так как кинетические уравнения процессов соответствуют уравнениям димеризации или тримеризации, а продукты не влияют на общее давление, зависимость скорости реакции от давления в сосуде может быть квадратичной или кубической. Определить порядок реакции можно методом Вант-Гоффа:

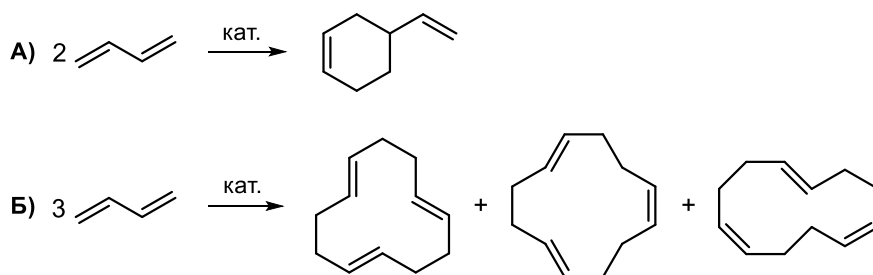
$$n = \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{\ln \frac{p_2}{p_1}}$$

При подстановке любых пар данных из таблицы получается порядок 2,0, т.е. протекает реакция А. Тогда закон действующих масс для данной реакции  $r = k \cdot p^2$ , откуда константу можно найти по формуле  $k = r/p^2$ . При подстановке любых пар данных из таблицы (с учетом перевода в Паскали), получаем  $k = 3,66 \text{ ГПа}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ . Найти скорость при давлении в автоклаве 60 кПа можно по закону действующих масс  $r = k \cdot p^2$ , используя найденное значение константы, тогда  $r = 13,18 \text{ Па/с}$ .

Данные, полученные в результате опыта, позволяют найти порядок реакции по реагенту, но с помощью них нельзя определить, какой продукт образуется в реакции тримеризации.

### 11-9-4

В зависимости от катализатора, 1,3-бутадиен может вступать в реакцию циклоолигомеризации в 4-винилциклогексен или в 1,5,9-циклододекатриены:





В лаборатории получили новый катализатор для циклоолигомеризации бутадиена. Для исследования его свойств провели опыт, в ходе которого бутадиен под давлением 0,1 МПа и твердый катализатор были помещены в автоклав с постоянным измерением давления. В результате опыта было обнаружено, что со временем происходит уменьшение давления.

Для определения, какая реакция происходила в автоклаве, были рассчитаны скорости уменьшения давления при определенном значении давления. Данные приведены в таблице:

p(кПа)	r(мПа/с)
93	3,483
85	2,660
79	2,135

Считайте, что в условиях опыта продукты циклоолигомеризации не летучи, а кинетические уравнения процессов соответствуют стехиометрическим уравнениям.

По данным опыта определите, какая реакция происходила в автоклаве на новом катализаторе:

Поле для ответа 1. Выбор А или Б. **Ответ: Б**

Рассчитайте константу скорости реакции циклоолигомеризации. Ответ приведите в ГПа<sup>-1</sup>·с<sup>-1</sup> или ГПа<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>, округлите до сотых

Поле для ответа 2. \_\_\_\_\_. **Ответ: от 4,32 до 4,34**

Какая будет скорость реакции циклоолигомеризации на новом катализаторе при давлении в автоклаве 90 кПа? Ответ приведите в мПа/с, округлите до тысячных

Поле для ответа 3. \_\_\_\_\_. **Ответ: от 3,149 до 3,164**

Можно ли по данным такого опыта определить, какой из изомеров 1,5,9-циклододекатриена образуется в ходе циклоолигомеризации?

Поле для ответа 4. Выбор да или нет. **Ответ: нет**

*По 2,5 балла за каждый верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

### **Решение:**

Так как кинетические уравнения процессов соответствуют уравнениям димеризации или тримеризации, а продукты не влияют на общее давление, зависимость скорости реакции от давления в сосуде может быть квадратичной или кубической. Определить порядок реакции можно методом Вант-Гоффа:

$$n = \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{\ln \frac{p_2}{p_1}}$$

При подстановке любых пар данных из таблицы получается порядок 3,0, т.е. протекает реакция Б. Тогда закон действующих масс для данной реакции  $r = k \cdot p^3$ , откуда константу можно найти по формуле  $k = r/p^3$ . При подстановке любых пар данных из таблицы (с учетом перевода в Паскали), получаем  $k = 4,33 \text{ ГПа}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ . Найти скорость при давлении в автоклаве 90 кПа можно по закону действующих масс  $r = k \cdot p^3$ , используя найденное значение константы, тогда  $r = 3,157 \text{ мПа/с}$ .

Данные, полученные в результате опыта, позволяют найти порядок реакции по реагенту, но с помощью них нельзя определить, какой продукт образуется в реакции тримеризации.

### 11-10-1

Возможные частоты излучения водородоподобного атома могут быть описаны с использованием формулы Ридберга:

$$\tilde{\nu} = RZ^2 \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right)$$

где  $\tilde{\nu}$  – частота испускаемого света,  $R$  – постоянная Ридберга,  $Z$  – заряд ядра,  $n$  – номер уровня, на который осуществлён переход,  $k$  – номер уровня, с которого осуществлён переход. Длина волны испускаемого света  $\lambda$  связана с частотой следующим отношением:

$$\tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda}$$

При переходе электрона атома водорода на первый уровень длина волны испускаемого света составила 97,2 нм. Определите, с какого уровня перешёл электрон, если постоянная Ридберга равна  $1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$ .

**Ответ:** 4

*10 баллов за верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

Исходя из формулы Ридберга получим:

$$k = \pm \sqrt{\frac{n^2 \times R \times Z^2}{R \times Z^2 - n^2 \times \frac{1}{\lambda}}} = \pm 4$$

Так как  $k$  принимает значения от 1, то  $k = 4$ .

### 11-10-2

Возможные частоты излучения водородоподобного атома могут быть описаны с использованием формулы Ридберга:

$$\tilde{\nu} = RZ^2 \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right)$$

где  $\tilde{\nu}$  – волновое число,  $R$  – постоянная Ридберга,  $Z$  – заряд ядра,  $n$  – номер уровня, на который осуществлён переход,  $k$  – номер уровня, с которого осуществлён переход. Длина волны испускаемого света  $\lambda$  связана с волновым числом следующим отношением:

$$\tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda}$$

При переходе электрона атома гелия на первый уровень длина волны испускаемого света составила 25,64 нм. Определите с какого уровня перешёл электрон, если постоянная Ридберга равна  $1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$ .

**Ответ:** 3

*10 баллов за верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

Исходя из формулы Ридберга получим:

$$k = \pm \sqrt{\frac{n^2 \times R \times Z^2}{R \times Z^2 - n^2 \times \frac{1}{\lambda}}} = \pm 3$$

Так как  $k$  принимает значения от 1, то  $k = 3$ .

### 11-10-3

Возможные частоты излучения водородоподобного атома могут быть описаны с использованием формулы Ридберга:

$$\tilde{\nu} = RZ^2\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2}\right)$$

где  $\tilde{\nu}$  – волновое число,  $R$  – постоянная Ридберга,  $Z$  – заряд ядра,  $n$  – номер уровня, на который осуществлён переход,  $k$  – номер уровня, с которого осуществлён переход. Длина волны испускаемого света  $\lambda$  связана с волновым числом следующим отношением:

$$\tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda}$$

При переходе электрона атома водорода на второй уровень длина волны испускаемого света составила 397 нм. Определите с какого уровня перешёл электрон, если постоянная Ридберга равна  $1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$ .

**Ответ:** 7

*10 баллов за верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

Исходя из формулы Ридберга получим:

$$k = \pm \sqrt{\frac{n^2 \times R \times Z^2}{R \times Z^2 - n^2 \times \frac{1}{\lambda}}} = \pm 7$$

Так как  $k$  принимает значения от 1, то  $k = 7$ .

#### 11-10-4

Возможные частоты излучения водородоподобного атома могут быть описаны с использованием формулы Ридберга:

$$\tilde{\nu} = RZ^2\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2}\right)$$

где  $\tilde{\nu}$  – волновое число,  $R$  – постоянная Ридберга,  $Z$  – заряд ядра,  $n$  – номер уровня, на который осуществлён переход,  $k$  – номер уровня, с которого осуществлён переход. Длина волны испускаемого света  $\lambda$  связана с волновым числом следующим отношением:

$$\tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda}$$

При переходе электрона атома гелия на второй уровень длина волны испускаемого света составила 108,5 нм. Определите с какого уровня перешёл электрон, если постоянная Ридберга равна  $1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$ .

**Ответ:** 5

*10 баллов за верный ответ.*

*Максимум 10 баллов.*

**Решение:**

Исходя из формулы Ридберга получим:

$$k = \pm \sqrt{\frac{n^2 \times R \times Z^2}{R \times Z^2 - n^2 \times \frac{1}{\lambda}}} = \pm 5$$

Так как  $k$  принимает значения от 1, то  $k = 5$ .