

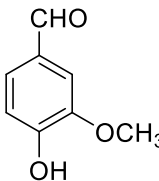
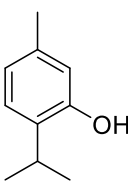
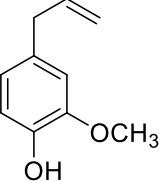
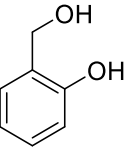
РЕСПУБЛИКАНСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО ХИМИИ
Теоретический тур, 15 - 18 марта 2024 года, XII класс
Решения и схема оценивания

Сумма 70 б.

ТЕСТ – всего 15 б.

1. Правила IUPAC допускают использование тривиальных названий для ряда известных фенолов. Некоторые примеры перечислены ниже, наряду с систематическими названиями. Представьте структурные формулы каждого соединения:

- a) Ванилин (4-гидрокси-3-метоксибензальдегид) – компонент ванильного масла с характерным приятным ароматом;
 b) Тимол (2-изопропил-5-метилфенол) - компонент масла тимьяна (*Thymus vulgaris*);
 c) Эвгенол (4-аллил-2-метоксифенол) - компонент гвоздичного масла (*Eugenia caryophyllata*);
 d) Салициловый спирт (о-гидроксibenзиловый спирт) - соединение родственное аспирину, получаемое из коры тополя или ивы.

<u>Решение:</u>	Баллы 1,0
<p>Правильный ответ: Структурные формулы являются следующими:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>a)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>b)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>c)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>d)</p> </div> </div>	<p>По 0,25 б за каждую правильную структурную формулу</p>

2. Глюкоза – углевод с несколькими асимметричными (хиральными) атомами углерода, вызывающими стереоизомерию в ряду альдогексоз. Каково общее число стереоизомеров глюкозы с открытой цепью, имеющих одинаковый углеродный скелет и положение функциональных групп, но различающихся только стереохимической конфигурацией при асимметрических атомах углерода.

- a) 8; b) 12; **c) 16;** d) 48

<u>Решение:</u>	Баллы
<p>Правильный ответ: c). В соединении с n хиральными центрами общее число стереоизомеров $N=2^n$. Глюкоза имеет 4 асимметричных атома углерода (в структуре отмечены *), отсюда общее количество линейных стереоизомеров глюкозы $N = 2^4 = 16$.</p> <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \text{CHO} \\ \\ \text{H} - * - \text{OH} \\ \\ \text{HO} - * - \text{H} \\ \\ \text{H} - * - \text{OH} \\ \\ \text{H} - * - \text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$ </div>	2,0 б

3. Укажите условия, при которых выход метанола в реакции, уравнение которой $\text{CO} + 2\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH} + \text{Q}$ будет максимальным:

- a) $P = 5 \text{ МПа}, t = 250^\circ\text{C}$; b) $P = 10 \text{ МПа}, t = 400^\circ\text{C}$;
 c) **$P = 10 \text{ МПа}, t = 250^\circ\text{C}$** ; d) $P = 5 \text{ МПа}, t = 400^\circ\text{C}$.

<u>Решение:</u>	Баллы
<p>Данная реакция протекает с уменьшением количества моль. Таким образом, по правилу Ле Шателье при увеличении давления равновесие сдвигается в сторону продукта (вправо). А так как реакция экзотермическая, то и при уменьшении температуры равновесие сдвигается вправо. То есть, выход метанола будет максимальным при наибольшем давлении и наименьшей из всех представленных температур. Правильный ответ: c) $P = 10 \text{ МПа}, t = 250^\circ\text{C}$</p>	0,5 б

4. Было установлено, что при увеличении температуры от 0°C до 40°C , скорость реакции разложения 3-Оксопентандиовой кислоты ($\text{CO}(\text{CH}_2\text{COOH})_2 \rightarrow \text{CO}(\text{CH}_3)_2 + 2\text{CO}_2$), выросла в 300 раз. Температурный коэффициент в данной реакции равен:

- a) 1,73; b) 2,75; c) 3,00; **d) 4,16**

<u>Решение:</u>	Баллы
По правилу Вант-Гоффа:	

$$\frac{v_{T_2}}{v_{T_1}} = \gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}}$$

При подстановке данных, получим:

$$300 = \gamma^{\frac{40-0}{10}} \Rightarrow 300 = \gamma^4$$

$$\Rightarrow \gamma = \sqrt[4]{300} = 4,16$$

Для решения альтернативным способом, можно прологарифмировать обе части уравнения:

$$\lg 300 = \lg \gamma^4$$

получим

$$\lg 300 = 4 \cdot \lg \gamma$$

Откуда

$$\lg \gamma = \frac{\lg 300}{4} = 0,619$$

Следует, что

$$\gamma = 10^{0,619} = 4,16$$

Правильное решение: **d) 4,16**

1,0 б

5. Относительная атомная масса магния равна 24,31. У магния три стабильных изотопа с массовыми числами A=24, A=25 и A=26. Зная, что мольная доля изотопа с массовым числом A=25 равна 10,1%, мольная доля у изотопа с массовым числом A=24 равна:

- a) 20,22% b) 44,95% c) 60,38% **d) 79,45%**

Решение:

Баллы

Относительная атомная масса рассчитывается как сумма произведения массовых чисел и мольных долей всех стабильных изотопов.

Для простоты расчетов удобнее использовать мольные доли, выраженные не в процентах % (суммарно 100%), а в долях (суммарно 1).

Обозначим за x мольную долю изотопа с массовым числом A=24.

Тогда:

$$24,31 = 24 \cdot x + 25 \cdot 0,101 + 26 \cdot (1 - x - 0,101)$$

Откуда x = 0,7945 или **79,45%**.

1,5 б

6. Кислородсодержащие кислоты фосфора H₃PO₄, H₃PO₃, H₃PO₂, HPO₃ являются соответственно:

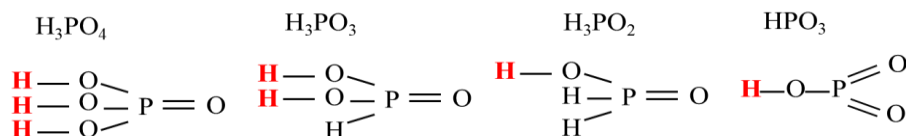
- a) четырехосновой, трехосновой, двухосновой, трехосновой
 b) трехосновой, одноосновой, двухосновой, одноосновой
c) трехосновой, двухосновой, одноосновой, одноосновой
 d) трехосновой, трехосновой, трехосновой, одноосновой

Решение:

Баллы

Основность кислот определяется количеством атомов водорода, которые можно заместить однокислотным основанием (например, NaOH).

В случае кислородсодержащих кислот фосфора, могут быть замещены только атомы водорода, образующие полярные связи с кислородом. Атомы водорода, образующие слабополярные связи с фосфором, не могут быть замещены основаниями.

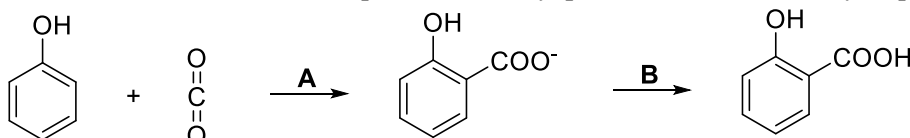


Правильный ответ:

- c) трехосновой, двухосновой, одноосновой, одноосновой**

1,0 б

7. Производство нижеуказанной гидроксibenзойной кислоты, имеющей большое значение для фармацевтической промышленности, основано на реакции между фенолом и диоксидом углерода:



Это важное превращение происходит при высоком давлении в присутствии реагента А, затем при взаимодействии продукта с реагентом В, получается требуемая гидроксibenзойная кислота.

I. Выберите реагент **A**, в присутствии которого фенол реагирует с CO₂:

- а) HCl; **б) NaOH**; в) KMnO₄; д) Br₂.

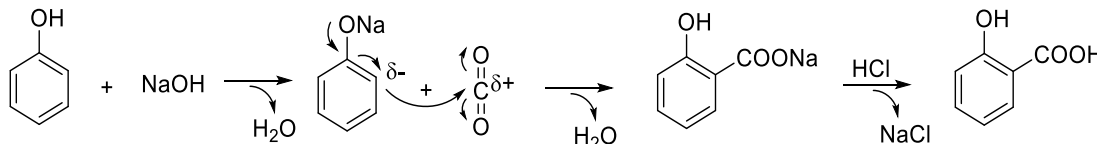
II. Выберите реагент **B**, в присутствии которого получается требуемая кислота:

- а) HCl**; б) NaOH; в) KMnO₄; д) Br₂.

Решение:

Правильный ответ I: б). Углекислый газ в силу поляризации связей C=O к кислороду является C-электрофилом и может, при определенных условиях, осуществлять электрофильное замещение в ароматическом ядре фенола. Для увеличения электронной плотности (нуклеофильности) ароматического ядра фенол необходимо превратить в фенолят обработкой основанием. Таким образом, реагент **A** должен обладать основными свойствами, например, NaOH.

Правильный ответ II: а). Продуктом взаимодействия фенолята натрия с CO₂ является натриевая соль салициловой кислоты, которую для превращения в свободную кислоту необходимо обработать сильной минеральной кислотой. Реагент **B** может представлять собой HCl. Уравнения реакций представляются следующим образом:



Баллы

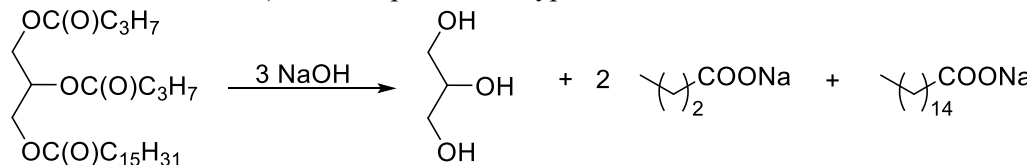
2,0 б

8. При производстве мыла из жира получено 7898,2 кг глицерина, что соответствует выходу 85%. Какую массу жира взяли для реакции, если в молекуле жира одна из гидроксильных групп глицерина этерифицирована пальмитиновой (гексадекановой) кислотой, а две другие - бутановой кислотой.

- а) 86658 кг; **б) 47470 кг**; в) 34297 кг; д) 50298 кг

Решение:

Правильный ответ: б). Реакцию гидролиза данного в задаче сложного эфира глицерина (C₂₇H₅₀O₆, M=470 кг/кмоль) можно представить уравнением:



Если выход продукта гидролиза составил 85%, то теоретическая масса глицерина:

$$m_{\text{теор}} (\text{глицерина}) = 7898,2 \text{ кг} / 0,85 = 9292 \text{ кг}$$

Количество глицерина (M = 92 кг/кмоль):

$$n_{\text{теор}} (\text{глицерина}) = 9292 \text{ кг} / 92 \text{ кг/кмоль} = 101 \text{ кмоль}$$

Количество жира, подвергнутого гидролизу, равно теоретическому количеству глицерина:

$$n_{\text{жир}} = n_{\text{теор}} (\text{глицерин}) = 101 \text{ кмоль}$$

Масса жира: $m_{\text{жира}} = 101 \text{ кмоль} \times 470 \text{ кг/кмоль} = 47470 \text{ кг}$.

Баллы

1,0 б

9. При изучении реакции разложения ацетона в газовой фазе



было установлено, что, спустя 690 с от момента начала реакции, концентрации ацетона равна 7,05 моль/л, а, спустя 1380 с, – 5 моль/л. Средняя скорость реакции в моль/(л·с) равна:

- а) 2,97 · 10⁻³**; б) 5,00 · 10⁻⁴; в) 9,04 · 10⁻³; д) 9,98 · 10⁻²

Решение:

Согласно определению средней скорости гомогенной реакции, данная величина рассчитывается по следующему уравнению:

$$\bar{v} = \pm \frac{\Delta C}{\Delta t}$$

В данном случае, так как скорость реакции нужно определять по изменению концентрации исходного вещества (ацетона), скорость реакции будет равна:

$$\bar{v} = - \frac{\Delta C}{\Delta t} = - \frac{C_2 - C_1}{t_2 - t_1}$$

Таким образом,

$$\bar{v} = - \frac{5,00 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} - 7,05 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}}}{1380 \text{ с} - 690 \text{ с}} = 2,97 \cdot 10^{-3} \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л} \cdot \text{С}}$$

Баллы

1 б

Правильный ответ: **a) $2,97 \cdot 10^{-3}$ моль/(л · с).**

10. Цинковую пластину массой 4 г опустили в 20 г раствора FeSO_4 ($\omega = 35\%$). Через некоторое время массовая доля FeSO_4 в растворе стала равной 15%. (Для расчетов используйте $M(\text{Fe}) = 55,8 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$; $M(\text{Zn}) = 65,4 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$; $M(\text{S}) = 32 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}$). Если предположить, что всё замещённое железо осело на пластине, то масса исходной пластины изменилась на:

- a) 1,3%; b) 2,4%; c) 6,3%; d) 10,3%**

Решение:

Баллы

В первую очередь определяем количества Zn и FeSO_4 .

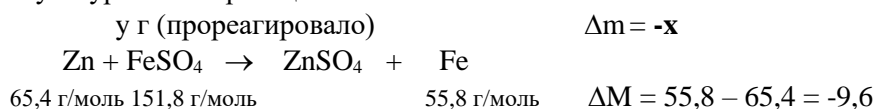
$$v(\text{Zn}) = 4/65,4 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 0,061 \text{ моль}$$

$$v(\text{FeSO}_4) = (20 \text{ г} \cdot 0,35) / 151,8 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1} = 0,046 \text{ моль.}$$

Из этого следует, что Zn находится в избытке и, в итоге, пластина будет состоять из непрореагировавшего цинка и осаждённого на ней железа.

Обозначим за x количество грамм, на которые изменилась масса пластины (Δm), когда массовая доля раствора FeSO_4 уменьшилась до 15%. Так как осаждённое на пластине железо имеет молярную массу меньше, чем у цинка, который переходит в раствор в виде ионов Zn^{2+} , масса пластины уменьшится (поэтому x имеет отрицательное значение (-)).

Используем уравнение реакции:



И формулу:

$$\omega_2 = m_2(\text{FeSO}_4) / m_{2\text{раствора}}$$

Так как масса пластины уменьшается на величину Δm (на x), согласно закону действующих масс, масса раствора тоже увеличится на Δm (на x).

Для конечного 15% -ного раствора FeSO_4 получим:

$$0,15 = \frac{\underbrace{m_1(\text{FeSO}_4)}_{(20\text{г} \cdot 0,35)} - \underbrace{m_{\text{реакционат}}(\text{FeSO}_4)}_{y \text{ г}}}{\underbrace{20 \text{ г} + x}_{\text{masa soluției finale}}}$$

Из представленного выше уравнения реакции, выражаем y (массу прореагировавшего FeSO_4) через Δm (x), используя пропорцию:

$$\frac{y \text{ г}}{151,8 \text{ г/mol}} = \frac{-x \text{ г}}{-9,6 \text{ г/mol}}$$

Получаем:

$$0,15 = \frac{(20\text{г} \cdot 0,35) - \left(\frac{151,8 \cdot x}{9,6}\right)}{20 \text{ г} + x}$$

Откуда $x = 0,25 \text{ г}$

Изменение массы пластины (%) равно: $(0,25\text{г} / 4 \text{ г}) \cdot 100\% = 6,27\% \sim 6,3\%$.

4,0 б

Задача 1. (15 баллов)

Раствор муравьиной кислоты с массовой долей 3% ($\rho = 1,0049 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$) имеет рН, равный 1,97. Во сколько раз нужно разбавить раствор, чтобы степень диссоциации кислоты увеличилась в 10 раз? В расчетах не пренебрегайте значениями степени диссоциации и используйте $M(\text{H}) = 1,01 \text{ г}\cdot\text{моль}^{-1}$; $M(\text{C}) = 12,01 \text{ г}\cdot\text{моль}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16 \text{ г}\cdot\text{моль}^{-1}$.

Решение:

**Баллы
15 б**

Рассчитываем молярную концентрацию (c_1) и степень диссоциации (α_1) муравьиной кислоты в исходном растворе.

(8 б)

Зная, что молярная масса муравьиной кислоты (НСООН) равна $46,03 \text{ г}\cdot\text{моль}^{-1}$ и, предполагая, что объём раствора равен 1 л, получим:

$$c_1 = v/V = m/(M \cdot V)$$

$$\omega = m_{\text{раст. в-ва}}/(\rho \cdot V) \Rightarrow m_{\text{раст. в-ва}} = \rho \cdot V \cdot \omega = 1,0049 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3} \cdot 1000 \text{ см}^3 \cdot 0,03 = 30,147 \text{ г}$$

$$c_1 = 30,147 \text{ г} / (46,03 \text{ г}\cdot\text{моль}^{-1} \cdot 1 \text{ л}) = 0,655 \text{ моль}\cdot\text{л}^{-1}$$

1 б

1 б

$$\text{Так как } \text{pH} = 1,97 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-1,97} = 1,0715 \cdot 10^{-2} \text{ моль}\cdot\text{л}^{-1}$$

2 б

Степень диссоциации до разбавления может быть рассчитана исходя из доли кислоты, которая продиссоциировала:

$$\alpha_1 = [\text{H}^+]/c_1 = 1,0715 \cdot 10^{-2} \text{ моль}\cdot\text{л}^{-1} / 0,655 \text{ моль}\cdot\text{л}^{-1} = 0,01636 \text{ (или 1,636 \%)}$$

4 б

Для того, чтобы посчитать во сколько раз нужно разбавить раствор, чтобы степень диссоциации кислоты увеличилась в 10 раз, можно использовать 2 метода расчета:

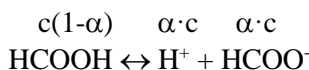
Метод 1.

Если:

α_1 – степень диссоциации до разбавления;

α_2 – степень диссоциации после разбавления;

(7 б)



1 б

$$K_a = [\text{H}^+] \cdot [\text{НСОО}^-] / [\text{НСООН}]$$

$$K_a = (\alpha \cdot c)^2 / c(1-\alpha) = \alpha^2 \cdot c / (1-\alpha)$$

1 б

Тогда:

$$K_a = \alpha_1^2 \cdot c_1 / (1-\alpha_1)$$

(1) (до разбавления)

1 б

$$K_a = \alpha_2^2 \cdot c_2 / (1-\alpha_2) = (10\alpha_1)^2 \cdot c_2 / (1-10\alpha_1)$$

(2) (после разбавления)

2 б

Из уравнений 1 и 2 получим:

$$c_1/c_2 = 100(1-\alpha_1)/(1-10\alpha_1) = 117,6 \text{ (~ в 118 раз)}$$

2 б

Метод 2.

(7 б)

$$K_a = [\text{H}^+]^2 / (c_1 - [\text{H}^+]) = (1,0715 \cdot 10^{-2})^2 / (0,655 - 1,0715 \cdot 10^{-2}) = 1,78 \cdot 10^{-4}$$

2,5 б

$$c_2 = K_a (1-10\alpha_1) / (10\alpha_1)^2 = 5,56 \cdot 10^{-3} \text{ моль}\cdot\text{л}^{-1}$$

2,5 б

$$c_1/c_2 = 0,655 \text{ моль}\cdot\text{л}^{-1} / 5,56 \cdot 10^{-3} \text{ моль}\cdot\text{л}^{-1} = 117,8 \text{ (~ в 118 раз)}$$

2 б

Примечания:

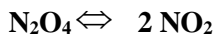
Любое другое правильное решение оценивается в 7 баллов

При пренебрежении α_1 снимается 1 балл

При пренебрежении α_2 снимается 1 балл

Задача 2.

Одним из классических примеров влияния температуры на химическое равновесие является изменение окраски смеси обратимой реакции, протекающей по уравнению



Даны **2 моль N₂O₄**, которые нагрели в контейнере объёмом 12 дм³ до t= 25 °С. При равновесии в данных условиях продиссоциировало 35 % тетраоксида диазота.

- 2.1. Рассчитайте константу равновесия K₁ в моль/дм³ для данной реакции.
- 2.2. На основании величины K₁, сделайте вывод о направлении протекания реакции при t= 25°С.
- 2.3. Константа равновесия для той же реакции при температуре 100°С равна K₂ = 14,64 моль/дм³. Определите количество (в %) N₂O₄ продиссоциировавшего в новых равновесных условиях при 100°С, если исходное количество N₂O₄ и объём контейнера те же, что и в начальных условиях.
- 2.4. а) Укажите, в какую сторону сдвинется химическое равновесие при увеличении температуры от 25 до 100°С, представьте необходимые аргументы;
 б) Ответьте на вопрос: прямая реакция экзотермическая или эндотермическая? представьте необходимые аргументы.

	Решение	Баллы 20 б																			
2.1.	а) Рассчитываем количество N ₂ O ₄ , которое прореагировало: $2 \cdot 0,35 = 0,7 \text{ моль}$ б) Рассчитываем количество образовавшегося NO ₂ $2 \cdot 0,7 = 1,4 \text{ моль}$ в) Рассчитываем количества веществ при равновесии $[\text{N}_2\text{O}_4] = 2 - 0,7 = 1,3 \text{ моль}$ $[\text{NO}_2] = 0 + 2 \cdot 0,7 = 1,4 \text{ моль}$ г) Определяем концентрации исходного вещества и продукта реакции $[\text{N}_2\text{O}_4] = \frac{1,3 \text{ моль}}{12 \text{ дм}^3} = 0,108 \text{ моль} / \text{дм}^3$ $[\text{NO}_2] = \frac{1,4 \text{ моль}}{12 \text{ дм}^3} = 0,117 \text{ моль} / \text{дм}^3$ $K = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = \frac{0,117^2}{0,108} = 0,13 \text{ моль} / \text{дм}^3$	0,5 б 0,5 б 1,0 б 1,0 б 2,0 б																			
2.2.	Значение константы равновесия <1, следовательно равновесие сдвинуто влево (к исходному веществу).	1,0 б																			
2.3.	<p>Метод I. Решаем через количество прореагировавшего исходного вещества - x в моль. Составляем квадратное уравнение, исходя из логики, представленной в таблице:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>N₂O₄</th> <th>NO₂</th> <th>Выражение для константы равновесия</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Исходные количества вещества, моль</td> <td style="text-align: center;">2,0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td rowspan="2" style="text-align: center;">$K = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = 14,64$</td> </tr> <tr> <td>Изменение количества вещества, моль</td> <td style="text-align: center;">-x</td> <td style="text-align: center;">+2x</td> </tr> <tr> <td>Количество вещества при равновесии, моль</td> <td style="text-align: center;">2-x</td> <td style="text-align: center;">0+2x</td> <td style="text-align: center;">$K = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = \frac{(2x)^2}{(2-x) \cdot 12} = 14,64$</td> </tr> <tr> <td>Концентрация при равновесии, моль/дм³</td> <td style="text-align: center;">$\frac{2-x}{12}$</td> <td style="text-align: center;">$\frac{2x}{12}$</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>За решение уравнения присуждается 7 б.</p> $\frac{\cancel{4}x^2}{(2-x) \cdot \cancel{12}} = \frac{x^2}{(2-x) \cdot 3} = 14,64 \rightarrow x^2 = 14,64 \cdot 6 - 14,64 \cdot 3x$ $x^2 + 43,92x - 87,84 = 0$ $\Delta = 43,92^2 + 4 \cdot 87,84 = 2280,3264$		N ₂ O ₄	NO ₂	Выражение для константы равновесия	Исходные количества вещества, моль	2,0	0	$K = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = 14,64$	Изменение количества вещества, моль	-x	+2x	Количество вещества при равновесии, моль	2-x	0+2x	$K = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = \frac{(2x)^2}{(2-x) \cdot 12} = 14,64$	Концентрация при равновесии, моль/дм ³	$\frac{2-x}{12}$	$\frac{2x}{12}$		1,0 б 3,0 б 2,0 б 1,0 б
	N ₂ O ₄	NO ₂	Выражение для константы равновесия																		
Исходные количества вещества, моль	2,0	0	$K = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = 14,64$																		
Изменение количества вещества, моль	-x	+2x																			
Количество вещества при равновесии, моль	2-x	0+2x	$K = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = \frac{(2x)^2}{(2-x) \cdot 12} = 14,64$																		
Концентрация при равновесии, моль/дм ³	$\frac{2-x}{12}$	$\frac{2x}{12}$																			

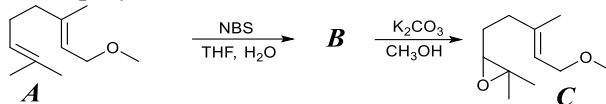
	$x_{1,2} = \frac{-43,92 \pm \sqrt{\Delta}}{2} = \frac{-43,92 \pm \sqrt{2880,3264}}{2} = \frac{-14,64 \pm 47,75}{2}$	1,0 б
	$x_1 = \frac{-14,64 + 47,75}{2} = 1,916 \approx 1,92$	1,0 б
	$x_2 = \frac{-14,64 - 47,75}{2} = -31,195 \approx -32$	
	Физический смысл имеет только положительная величина $x = x_1 = 1,92$ моль \Rightarrow	1,0 б
	$x_1(\%) = \frac{1,92 \cdot 100\%}{2} \approx 96\%$	1,0 б
	Метод II: Решаем через концентрацию прореагировавшего исходного вещества - x в моль/дм³ . Составляем квадратное уравнение, исходя из логики, представленной в таблице метод I:	(7 б)
	$c(\text{исх.}) = \frac{2 \text{ моль}}{12 \text{ дм}^3} = 0,16(6) \text{ моль} / \text{дм}^3$	
	$\frac{4x^2}{(0,167 - x)} = 14,64 \quad \rightarrow \quad 4x^2 = 14,64 \cdot 0,167 - 14,64 \cdot x$ $4x^2 + 14,64 \cdot x - 2,4445 = 0$	2,0 б
	$\Delta = 14,64^2 + 4 \cdot 4 \cdot 2,4445 = 253,4416$	1,0 б
	$x_{1,2} = \frac{-14,64 \pm \sqrt{\Delta}}{2 \cdot 4} = \frac{-14,64 \pm \sqrt{253,4416}}{8} = \frac{-14,64 \pm 15,91}{8}$	
	$x_1 = \frac{-14,64 + 15,91}{8} = 0,1588 \approx 0,16$	1,0 б
	$x_2 = \frac{-14,64 - 15,91}{8} = -3,819 \approx -3,82$	1,0 р
	Физический смысл имеет только положительная величина $x = x_1 = 0,16$ моль \Rightarrow	1,0 б
	$x_1(\%) = \frac{0,16 \cdot 100\%}{0,167} = 95,8 \approx 96\%$	1,0 б
	<i>Любой правильный метод решения уравнения считается верным.</i>	
2.4.	<p>a) При увеличении температуры, равновесие смещается вправо (в сторону конечного продукта).</p> <p>Аргументы:</p> <p>По изменению значения x: Значение N_2O_4 прореагировавшего (в %), при увеличении температуры от 25°C до 100°C растёт от 35 % до 96%, т.е. с ростом температуры количество прореагировавшего исходного вещества растёт, \Rightarrow равновесие смещается в сторону конечного продукта.</p> <p>По изменению значения K: при температуре 25°C константа равновесия меньше, чем при 100°C, т.е. с ростом температуры значение константы равновесия растёт и становится >1. Что однозначно указывает на смещение равновесия вправо.</p>	1,0 б
	<p>b) Так как с ростом температуры равновесие смещается вправо (в сторону конечного продукта), согласно принципу Ле-Шателье прямая реакция является эндотермической.</p>	1,0 б

Задача 3.

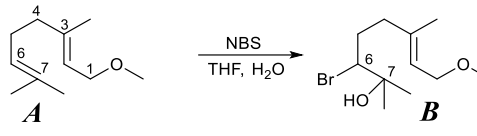
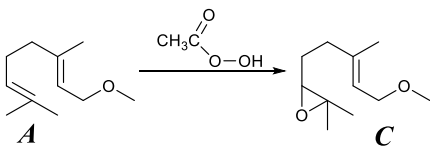
Соединение N-бромсукцинимид (NBS) используется в качестве формального источника Br^+ в реакциях электрофильного замещения или присоединения.



В показанной ниже последовательности превращений на первом этапе N-бромсукцинимид селективно взаимодействует с диеном **A** в растворителе, представляющем собой смесь тетрагидрофурана (THF) с водой, образуя неизвестный продукт **B**. Второй этап включает обработку соединения **B** карбонатом калия в растворе метилового спирта, в результате чего образуется соединение **C**.



- 3.1 Какова молекулярная формула исходного диена **A**?
- 3.2 Определите и назовите гетероатомные функциональные группы в соединениях **A** и **C**.
- 3.3 Представьте структурную формулу продукта реакции **B**.
- 3.4 Предложите альтернативный путь, который гипотетически мог бы обеспечить синтез **C** из **A** без использования N-бромсукцинимид.

	Решение	Баллы 20 б
3.1.	Структурная формула соединения A приведена в сокращенной форме, показаны только химические связи и гетероатомы. Атомы углерода находятся на стыке сегментов, число атомов водорода рассчитывают так, чтобы валентность у всех атомов углерода была IV, а гетероатомы рассматривают так, как они и представлены химическими символами в структуре. Рассчитывая таким образом, получаем молекулярную формулу соединения A : $\text{C}_{11}\text{H}_{20}\text{O}$.	2,0 б
3.2.	В соединении A имеется простая эфирная функциональная группа R-O-CH_3 , а в соединении C – две простые эфирные группы (R-O-CH_3 и эпокси-группа). Считать оба определения эпокси-группы (эпокси- и простой эфирной группы) правильными. Эпоксид также является эфиром.	3,0 б (по 1,0 б за каждую группу)
3.3.	Из превращения A-C видно, что реакционная способность соединения A проявляется по двойной связи, которая не сохраняется в соединении C . Если NBS является источником Br^+ , то происходит присоединение Br^+ по двойной связи таким образом, что образовавшийся карбокатион находится на третичном атоме углерода и имеет большую стабильность (аналогично присоединению H^+ согласно правилу Марковникова). Когда реакция протекает в водной среде и вода находится в большом избытке, к образовавшемуся карбокатиону присоединяется молекула воды с отщеплением одного протона от кислорода воды, что приводит к присоединению также и гидроксильной группы. Этот процесс аналогичен реакции гидратации олефинов в кислой среде, отличающимся только природой электрофила (Br^+ вместо H^+). Таким образом, соединение B это галоспирт, который еще называется бромгидрином:	10 б
		
3.4.	Соединение C является эпоксидом. Общим методом получения эпоксидов (соединение C) это реакция олефинов (A) с надкислотой, например надуксусной кислотой ($\text{CH}_3\text{CO}_3\text{H}$) или 3-хлорнадбензойной кислотой.	5,0 б
		
<p>Кроме того, превращение A в B представляет собой реакцию присоединения бромноватистой кислоты к олефинам. Такую реакцию можно было бы провести с Br_2 в водной среде. Оба решения приемлемы. В данном случае вопрос региоселективности не рассматривается.</p>		
