



Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

Физико-химическое направление

Заключительный этап 2021 г.

Вариант 1

11 класс

№	Задание	Ответы	Баллы
1	При взаимодействии <i>орто</i> - и <i>пара</i> -гидроксibenзальдегидов с бромом (мольное соотношение 1:1) в уксусной кислоте с одним из альдегидов образуется только один продукт реакции, а с другим - два продукта. Напишите схемы превращений и назовите продукты реакции.		15
2	Из перечисленных соединений выберите для 4,4-диметилпентина-1: а) изомеры; б) гомологи. Диметилэтилнонан, ацетилен, гептадиен, этилпентадиен, этан, диметилноктин, этилен, гексан. Напишите их формулы		15
3	При сжигании паров этилацетата в кислороде выделилось 410,9 кДж теплоты и осталось 12,2 л непрореагировавшего кислорода (измерено при давлении 105 кПа и температуре 35,3 °С). Рассчитайте массовые доли компонентов в исходной смеси, если известно, что теплоты образования оксида углерода (IV), паров воды и паров этилацетата составляют 393,5 кДж/моль, 241,8 кДж/моль и 486,6 кДж/моль соответственно.		20
4	Смешали 120 мл воды и 25 г кристаллогидрата сульфата железа (II) (кристаллизуется с семью молекулами воды). Рассчитайте массовую долю соли в полученном растворе		20
5	Для нейтрализации смеси муравьиной и уксусной кислот массой 8,3 г потребовался раствор NaOH с массовой долей 15% массой 40 г. Определить массовую долю уксусной кислоты в смеси.		30



Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

Физико-химическое направление

Заключительный этап 2021 г.

Вариант 4

11 класс

№	Задание	Ответы	Баллы
1	Пронитруйте хлорбензол и прохлорируйте нитробензол. Напишите уравнения реакции. Дайте названия продуктам реакции.		15
2	Из перечисленных соединений выберите для 3,3-диметилпентена-1: а) изомеры; б) гомологи. 3-метилгексен-1, гексен-2, метилциклогексан, гексан, гексадиен-1,5, метилбензол, октан, диэтилпентин, пентен. Напишите их формулы.		15
3	Тонкоизмельченную смесь алюминия и железной окалины (Fe_3O_4) называемую термитом, применяют для сварки металлических изделий, поскольку при поджигании термита выделяется большое количество теплоты и развивается высокая температура. Рассчитайте минимальную массу термитной смеси, которую необходимо взять для того, чтобы выделилось 665,26 кДж теплоты в процессе алюмотермии, если теплоты образования Fe_3O_4 и Al_2O_3 равны 1117 кДж/моль и 1670 кДж/моль, соответственно.		20
4	Из 500 г 40 % раствора сульфата железа (II) при охлаждении выпало 100 г его кристаллогидрата (кристаллизуется с 7 молекулами воды). Какова массовая доля вещества в оставшемся растворе?		20
5	При прокаливании смеси массой 41 г состоящей из ацетата натрия и избытка гидроксида натрия, выделился газ, прореагировавший при освещении с хлором. В результате последней реакции образовалось 19,9 г хлороформа. Найдите массовые доли веществ в исходной смеси.		30



Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

Физико-химическое направление

Заключительный этап 2021 г.

Вариант 2

11 класс

№	Задание	Ответы	Баллы
1	Изучено взаимодействие <i>пара</i> -метоксибензальдегида с бромом в уксусной кислоте. При мольном соотношении альдегид:бром 1:1 (слабое нагревание) образуется соединение состава $C_8H_7BrO_2$, при мольном соотношении 1:2 (нагревание до точки кипения) образуется соединение состава $C_8H_7BrO_3$. Предложите структурные формулы полученных веществ.		15
2	Из перечисленных соединений выберите для диметилпентена: а) изомеры; б) гомологи. Бутан, метилнонан, гептен, 3-метилбутен, этилен, этилпентен, ацетилен, диметилбутин, бутадиен. Напишите их формулы		15
3	При сжигании паров этанола в кислороде выделилось 494,2 кДж теплоты и осталось 19,7 л непрореагировавшего кислорода (измерено при давлении 101,3 кПа и температуре 27 °С). Рассчитайте массовые доли компонентов в исходной смеси, если известно, что теплоты образования оксида углерода (IV), паров воды и паров этанола составляют 393,5 кДж/моль, 241,8 кДж/моль и 277,0 кДж/моль соответственно		20
4	Какую массу квасцов $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ необходимо добавить к 1000 г 5 % раствора сульфата калия, чтобы массовая доля последнего увеличилась вдвое?		20
5	Водный раствор 3,88 г смеси муравьиного и уксусного альдегидов обработали избытком аммиачного раствора оксида серебра. Выпавший при этом осадок отфильтровали, промыли водой и полностью растворили в концентрированной азотной кислоте. При этом получилось 9,856 л газа (н. у.). Осадок и выделившийся газ эквимольны. Определить процентный состав исходной смеси.		30



Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

Физико-химическое направление

Заключительный этап 2021 г.

Вариант 3

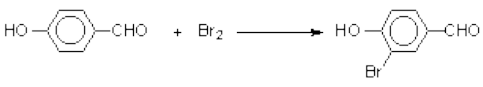
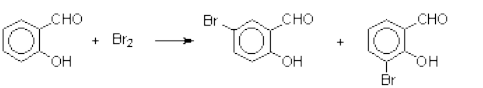
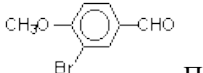
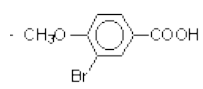
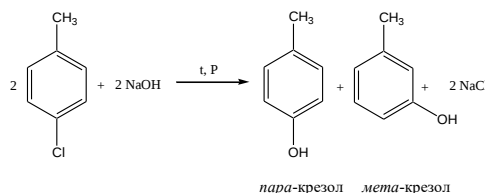
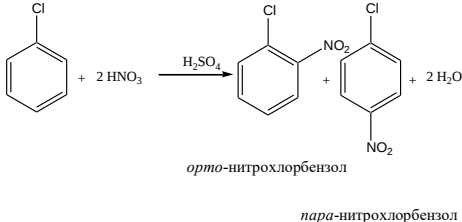
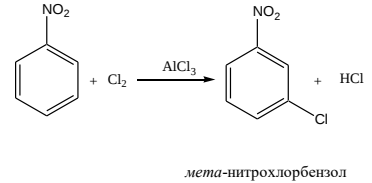
11 класс

№	Задание	Ответы	Баллы
1	В результате реакции 4-Хлортолуола с водным раствором щелочи в жестких условиях (высокое давление, температура) получается смесь изомерных метилфенолов. Напишите уравнение этой реакции, назовите продукты реакции.		15
2	Из перечисленных соединений выберите для гексадиена: а) изомеры; б) гомологи. Циклогексен, ацетилен, диметилбутин, бутадиен-1,3, октадиен-1,3, октан, гептен, метилциклопентан. Напишите их формулы		15
3	Как известно, высокотемпературное пламя ацетилено-кислородных горелок широко используется для сварки и резки металлов. Можно ли для аналогичных целей использовать пламя метаново-кислородной горелки? Рассчитайте, в какой из двух указанных типов горелок и во сколько раз выделится больше теплоты при сгорании одинаковых объемом ацетилена и метана. Теплоты образования метана, ацетилена, углекислого газа и воды равны +75, -230, +393, +286 кДж/моль, соответственно.		20
4	Сколько граммов кристаллогидрата $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ необходимо добавить к 100 мл 8 % раствора сульфата натрия (плотность 1,07 г/мл), чтобы удвоить массовую долю вещества в растворе?		20
5	Смесь ацетилена и водорода массой 27 г сожгли в кислороде. После охлаждения продуктов сгорания до комнатной температуры сконденсировалось 27 мл воды. Определите состав газовой смеси.		30

Заключительный этап

Направление: физико-химическое

Класс: 11

№	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
1	 <i>пара</i>-гидроксibenзальдегид  <i>орто</i>-гидроксibenзальдегид:	При мольном соотношении 1:1 произошло монобromирование образованием $C_8H_7BrO_2$:  При мольном соотношении реагентов 1:2 добавился 1 атом кислорода, значит, произошло бромирование и окисление: 	 <i>пара</i>-крезол <i>мета</i>-крезол	 <i>орто</i>-нитрохлорбензол <i>пара</i>-нитрохлорбензол  <i>мета</i>-нитрохлорбензол
2	а) гептадиен (C_7H_{12}), этилпентадиен (C_7H_{12}) б) ацетилен (C_2H_2), диметилоктин ($C_{10}H_{18}$)	а) гептен (C_7H_{14}), этилпентен (C_7H_{14}) б) этилен (C_2H_4), 3-метилбутен (C_5H_{10})	а) циклогексен (C_6H_{10}), диметилбутин (C_6H_{10}) б) бутадиен-1,3 (C_4H_6), октадиен-1,3 (C_8H_{14})	а) 3-метилгексен-1 (C_7H_{14}), метилциклогексан (C_7H_{14}) б) гексен-2 (C_6H_{12}), пентен (C_5H_{10})
3	26,8 % $CH_3COOC_2H_5$, 73,2 % O_2	22,3 % C_2H_5OH , 77,7 % O_2	Можно использовать для сварки и метаново-кислородную горелку, но расход газов будет больше. Ацетилено-кислородная горелка выделяет больше теплоты в 1,46 раза, чем метаново-кислородная.	182,4 г
4	$\omega(FeSO_4) = 9,43\%$	598 г $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	30,5 г $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	36,3 % $FeSO_4$
5	$\omega(HCOOH) = 28\%$; $\omega(CH_3COOH) = 72\%$	$\omega(HCOH) = 77,3\%$; $\omega(CH_3CHO) = 22,7\%$	$\omega(H_2) = 3,7\%$ $\omega(C_2H_2) = 96,3\%$	$\omega(CH_3COONa) = 33,3\%$; $\omega(NaOH) = 66,7\%$

Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

Направление: (физико-химическое)

Заключительный тур 2021 г.

11 класс

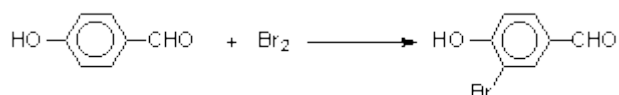
1 вариант

Задача 1 (15 баллов)

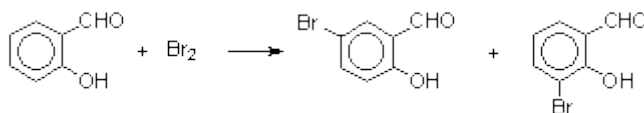
Условие: При взаимодействии *орто*- и *пара*-гидроксибензальдегидов с бромом (мольное соотношение 1:1) в уксусной кислоте с одним из альдегидов образуется только один продукт реакции, а с другим - два продукта. Напишите схемы превращений и назовите продукты реакции.

Решение:

В *о*- и *п*-гидроксибензальдегидах проявляется согласованная ориентация заместителей и из *п*-гидроксибензальдегида получится единственное монобромпроизводное:



а из *о*-изомера . смесь двух продуктов бромирования:



Критерии оценивания:

0 – ответ совершенно неверный

7,5 – правильно записана одна из реакций

15 – правильно записаны две реакции и названы продукты реакции

Задача 2 (15 баллов)

Из перечисленных соединений выберите для 4,4-диметилпентина-1: а) изомеры; б) гомологи. Диметилэтилнонан, ацетилен, гептадиен, этилпентадиен, этан, диметиллоктин, этилен, гексан. Напишите их формулы

Решение:

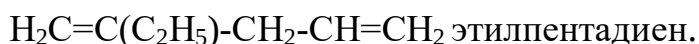
4,4-диметилпентин-1 имеет общую формулу C_7H_{12} и относится к классу алкинов. Изомеры это вещества которые имеют одинаковую молекулярную

Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

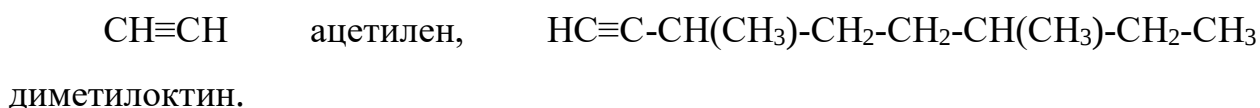
Направление: (физико-химическое)

Заключительный тур 2021 г.

формулу, но различное химическое строение (структурную формулу).
Запишем общие формулы для представленных соединений:
Диметилэтилнонан – $C_{13}H_{27}$, ацетилен – C_2H_2 , гептадиен – C_7H_{12} ,
этилпентадиен – C_7H_{12} , этан – C_2H_6 , диметиллоктин – $C_{10}H_{18}$, этилен – C_2H_4 ,
гексан – C_6H_{14} . Таким образом, к изомерам можно отнести гептадиен – C_7H_{12} ,
и этилпентадиен – C_7H_{12} . Напишем их структурные формулы:



Гомологи это вещества, близкие по строению и свойствам и отличающиеся по составу на гомологическую разницу ($-CH_2$). Из представленных веществ к гомологам 4,4-диметилпентин-1 относятся ацетилен, диметиллоктин. Напишем их структурные формулы:



Ответ: а) гептадиен, этилпентадиен; б) ацетилен, диметиллоктин

Критерии оценивания:

0 – ответ совершенно неверный

5 – правильно написаны структурные формулы веществ

10 – правильно указаны или изомеры или гомологи

15 – ответ верный полностью

Задача 3 (20 баллов)

При сжигании паров этилацетата в кислороде выделилось 410,9 кДж теплоты и осталось 12,2 л непрореагировавшего кислорода (измерено при давлении 105 кПа и температуре 35,3 °С). Рассчитайте массовые доли компонентов в исходной смеси, если известно, что теплоты образования оксида углерода (IV), паров воды и паров этилацетата составляют 393,5 кДж/моль, 241,8 кДж/моль и 486,6 кДж/моль соответственно.

Решение:

Запишем уравнение реакции: $CH_3COOC_2H_5 + 5O_2 = 4CO_2 + 4H_2O + Q$

Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

Направление: (физико-химическое)

Заключительный тур 2021 г.

По закону Гесса: $Q = 4Q(\text{CO}_2) + 4Q(\text{H}_2\text{O}) - Q(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = 4 \cdot 393,5 + 4 \cdot 241,8 - 486,6 = 2054,6$ кДж.

Тогда:

1 моль $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ – 2054,6 кДж

X моль $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ – 410,9 кДж

X=0,2 моль.

Таким образом, 0,2 моль $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ реагирует с 1 моль O_2 , и в избытке остается $n = PV/RT = 105 \cdot 12,2 / 8,31 \cdot 305,3 = 0,5$ моль O_2 . В исходной смеси содержалось 0,2 моль $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ (массой $0,2 \cdot 88 = 17,6$ г) и 1,5 моль O_2 (массой $1,5 \cdot 32 = 48$ г).

$m(\text{смеси}) = 17,6 + 48 = 65,6$ г

$\omega(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = 17,6 / 65,6 \cdot 100 \% = 26,8 \%$

$\omega(\text{O}_2) = 48 / 65,6 \cdot 100 = 73,2 \%$

Ответ: 26,8 % $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$, 73,2 % O_2

Критерии оценивания:

0 – решение полностью неверно

10 – ход решения верный, но вычисления не верны

20 – ответ верный полностью

Задача 4 (20 баллов)

Смешали 120 мл воды и 25 г кристаллогидрата сульфата железа (II) (кристаллизуется с семью молекулами воды). Рассчитайте массовую долю соли в полученном растворе

Решение:

Для определения массовой доли надо найти массу вещества и массу раствора. Масса раствора равна:

$m(\text{р-ра}) = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 120 + 25 = 145$ г.

Для определения массы вещества надо найти, сколько безводной соли содержится в кристаллогидрате. Пойдем через количество вещества:

$n(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 25 / 278 = 0,09 \text{ моль} = n(\text{FeSO}_4)$

Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

Направление: (физико-химическое)

Заключительный тур 2021 г.

$$m(\text{FeSO}_4) = 0,09 \times 152 = 13,67 \text{ г}$$

$$\omega(\text{FeSO}_4) = 13,67 / 145 \times 100 = 9,43\%$$

Ответ: $\omega(\text{FeSO}_4) = 9,43\%$

Критерии оценивания:

0 – решение полностью неверно

10 – ход решения верный, но вычисления не верны

20 – ответ верный полностью.

Задача 5 (30 баллов)

Для нейтрализации смеси муравьиной и уксусной кислот массой 8,3 г потребовался раствор NaOH с массовой долей 15% массой 40 г. Определить массовую долю уксусной кислоты в смеси.

Решение:

Найдем массу гидроксида натрия: $m(\text{NaOH}) = 0,15 \times 40 = 6 \text{ г}$.

Запишем суммарную стереохимическую схему реакции, и краткую запись условий реакции $\sum m = 8,3 \text{ г}$, $m_1 = ?$, $m_2 = ?$, $m_3 = ?$.



$$M(\text{HCOOH}) = 46 \text{ г/моль}, M(\text{CH}_3\text{COOH}) = 60 \text{ г/моль}, M(\text{NaOH}) = 40 \text{ г/моль}$$

Составим систему уравнений

$$46x + 60y = 8,3 \text{ г}$$

$$40(x+y) = 6 \text{ г}$$

$$\text{отсюда } x = 0,05, y = 0,10$$

$$m(\text{HCOOH}) = 0,05 \times 46 = 2,3 \text{ (г)}$$

$$\omega = 2,3 / 8,3 \times 100 = 28\%$$

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,10 \times 60 = 6 \text{ (г)}$$

$$\omega = 100 - 28\% = 72\%$$

Ответ: HCOOH=28%; CH₃COOH=72%

Критерии оценивания:

0 – решение полностью неверно

Олимпиада «МИСиС зажигает звезды»

Направление: (физико-химическое)

Заключительный тур 2021 г.

10 – ход решения верный, но вычисления не верны

20 – ответ верный полностью