

Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по химии
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра

2020–2021 учебный год

11 класс

ЗАДАНИЯ

Инструкция по выполнению заданий

Продолжительность 4 часа. При выполнении заданий можно использовать периодическую систему Д.И. Менделеева, таблицу растворимости кислот, оснований и солей в воде, ряд напряжений металлов, калькулятор.

Желаем удачи

Задание 1. Строение атомов (10 баллов)

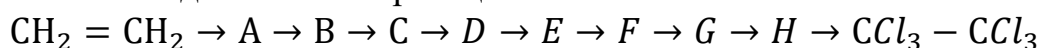
Какие из следующих изотопов устойчивы: ^{67}Zn , ^{101}Rh , ^{32}Mg , ^{43}Ca , ^{141}La . Следует учесть, что мера устойчивости изотопа характеризуется отношением числа протонов к числу нейтронов. Для стабильных изотопов это значение близко к 1.

Система оценивания

№	Элементы решения	баллы
1	$^{67}\text{Zn} - 30/37 = 0,8$ $^{101}\text{Rh} - 45/56 = 0,8$ $^{32}\text{Mg} - 12/20 = 0,6$ $^{43}\text{Ca} - 20/23 = 0,87$ $^{141}\text{La} - 57/84 = 0,67$	5 баллов
2	Таким образом, неустойчивы ^{32}Mg и ^{141}La	5 баллов

Задание 2. Органический синтез (22 балла)

Дана схема последовательных реакций:



Известно, что реакции включают присоединение хлора и отщепление хлороводорода. Укажите формулы веществ А-Н.

Система оценивания

№	Элементы решения	Баллы
1	$\text{A} - \text{CH}_2\text{Cl} - \text{CH}_2\text{Cl}$ $\text{B} - \text{CH}_2 = \text{CHCl}$ $\text{C} - \text{CH} \equiv \text{CH}$ $\text{D} - \text{CHCl} = \text{CHCl}$ $\text{E} - \text{CHCl}_2 - \text{CHCl}_2$ $\text{F} - \text{CCl}_2 = \text{CHCl}$ $\text{G} - \text{CCl}_3 - \text{CHCl}_2$ $\text{H} - \text{CCl}_2 = \text{CCl}_2$	0,5 балла 0,5 балла 0,5 балла 0,5 балла 0,5 балла 0,5 балла 0,5 балла 0,5 балла
2	$\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Cl} - \text{CH}_2\text{Cl}$	2 балла

3	$\text{CH}_2\text{Cl} - \text{CH}_2\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CH}_2 = \text{CHCl} + \text{HCl}$	2 балла
4	$\text{CH}_2 = \text{CHCl} + \text{KOH} \rightarrow \text{CH} \equiv \text{CH} + \text{HCl}$	2 балла
5	$\text{CH} \equiv \text{CH} + \text{Cl}_2$ (1 моль в растворителе CCl_4) \rightarrow $\rightarrow \text{CHCl} = \text{CHCl}$	2 балла
6	$\text{CHCl} = \text{CHCl} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CHCl}_2 - \text{CHCl}_2$	2 балла
7	$\text{CHCl}_2 - \text{CHCl}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CCl}_2 = \text{CHCl} + \text{HCl}$	2 балла
8	$\text{CCl}_2 = \text{CHCl} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CCl}_3 - \text{CHCl}_2$	2 балла
9	$\text{CCl}_3 - \text{CHCl}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CCl}_2 = \text{CCl}_2 + \text{HCl}$	2 балла
10	$\text{CCl}_2 = \text{CCl}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CCl}_3 - \text{CCl}_3$	2 балла

Задание 3. Углеводороды (10 баллов)

Напишите уравнения реакций, с помощью которых исходя из метана можно получить углеводороды других классов: алкен, алкин, арен, циклоалкан. Никаких других реагентов, кроме продуктов превращений одного углеводорода в другой использовать нельзя, (катализаторы – любые)

Система оценивания

№	Элементы решения	Баллы
1.	$2\text{CH}_4 \xrightarrow{1500\text{ }^\circ\text{C}} \text{CH} \equiv \text{CH} + 3\text{H}_2$	2 балла
2.	$3\text{CH} \equiv \text{CH} \xrightarrow{t, \text{C}_{(\text{акт.})}} \text{C}_6\text{H}_6$ (бензол)	2 балла
3.	$\text{C}_6\text{H}_6 + 3\text{H}_2 \xrightarrow{t, p, \text{Ni}} \text{C}_6\text{H}_{12}$ (циклогексан)	2 балла
4.	$\text{C}_6\text{H}_{12} + \text{H}_2 \xrightarrow{t, p, \text{кат.}} \text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - \text{CH}_3$	2 балла
5.	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - \text{CH}_3 \xrightarrow{t} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 + \text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3$	2 балла

Задание 4. Качественный анализ (8 баллов)

Порошок зеленого цвета нагрели в пробирке, при этом вещество в пробирке стало черным, а также выделился газ, вызвавший помутнение известковой воды, которое через некоторое время исчезло. Черное вещество нагрели в токе водорода, окраска изменилась на красную. Назовите все вещества, о которых идет речь в задании. Напишите уравнения реакций.

Система оценивания

№	Элементы решения	Баллы
1	Вещество зеленого цвета – малахит или гидроксокарбонат меди (II) $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$.	1 балл
2	Вещество черного цвета – оксид меди (II) CuO .	1 балл
3	Помутнение известковой воды вызвал углекислый газ CO_2 .	1 балл
4	При дальнейшем пропускании углекислого газа через известковую воду наблюдается растворение карбоната кальция	1 балл

	Ca(HCO ₃) ₂ и образование гидрокарбоната кальция, поэтому помутнение исчезает.	
5	(CuOH) ₂ CO ₃ → 2CuO + H ₂ O + CO ₂ ↑ (нагревание)	1 балл
6	CO ₂ +Ca(OH) ₂ → Ca CO ₃ ↓+ H ₂ O	1 балл
7	CuO+ H ₂ = Cu+ H ₂ O (нагревание)	1 балл
8	Ca CO ₃ + CO ₂ + H ₂ O = Ca(HCO ₃) ₂	1 балл

Задание 5. Механизмы химических реакций (15 баллов)

Протекают две параллельные реакции $2A \rightarrow C$ и $A \rightarrow 3B$. Определите сколько получится продукта С от теоретически возможного и на сколько превратиться реагента А (степень превращения) в продукты реакции, если на выходе из реакции установлено, что количество вещества А равно: $\nu(A)=2$ моль, количество веществ С и В равно: $\nu(C)=\nu(B)=3$ моль.

Необходимо учесть, что степень превращения реагента показывает, как полно в химическом процессе используется реагент и насколько полно он превратился в продукт реакции.

Система оценивания

№	Элементы решения	Баллы
1	Для двух параллельных реакций $2A \rightarrow C$ и $A \rightarrow 3B$ составим общее уравнение реакции: $3A \rightarrow C + 3B$	2 балла
2	Для получения 3 молей продукта С теоретически должно прореагировать 6 моль исходного реагента А.	2 балла
3	Для получения 3 молей продукта В теоретически должно прореагировать 1 моль исходного реагента А.	2 балла
4	Кроме этого, после протекания реакции остается непрореагировавшим еще 2 моль исходного реагента А.	2 балла
5	Таким образом на входе в реакцию поступает 9 моль исходного реагента А.	2 балла
6	Теоретически в ходе реакции $2A \rightarrow C$ из 9 моль исходного реагента А должно получиться 4,5 моль продукта реакции С. Следовательно, выход продукта С от теоретически возможного в данном процессе будет составлять $3 \cdot 100\% / 4,5 = 66,67\%$.	3 балла
7	В ходе реакции из 9 моль исходного реагента А превратилось 7 моль, степень превращения реагента А в продукты: $7/9 = 0,77$.	2 балла

Задание 6. Химическая связь, механизм образования связи (15 баллов)

Энергия химической связи в молекуле хлора составляет 243 кДж/моль (длина связи $1,99 \cdot 10^{-10}$ м), а в молекуле фтора – 159 кДж/моль (длина связи $1,42 \cdot 10^{-10}$ м). Объясните причину большей прочности молекулы несмотря на то, что размер её атомов больше, чем в молекуле.

Система оценивания

№	Элементы решения	Баллы
1	Сравнивая длину химической связи в молекулах фтора и хлора, мы видим, что Cl-Cl $1,99 \cdot 10^{-10}$ м больше, чем F-F $1,42 \cdot 10^{-10}$ м. Логично предположить, что чем длиннее связь, тем она менее прочная. Однако, анализируя механизм образования ковалентной неполярной связи в молекулах фтора и хлора, можно заметить существенные отличия.	3 балла
2	Образование молекул фтора и хлора из атомов и с учетом электронной структуры каждого атома происходит по-разному. Имея на внешнем валентном уровне по одному неспаренному электрону, два атома фтора объединяют их по обменному механизму с образованием ковалентной неполярной σ -связи.	3 балла
3	Взаимодействие двух атомов хлора, обладающих неспаренными p -электронами и вакантными d -орбиталями на 3-ем энергетическом уровне, происходит по дативному механизму таким образом, что при этом создается не одна ковалентная неполярная связь, а три. Два атома хлора в молекуле образуют одну ковалентную связь по обменному механизму, объединяя неспаренные электроны (σ -связь); и две донорно-акцепторные связи, отдавая один другому по электронной $3p$ паре и вакантной $3d$ орбитали (2 π -связи).	3 балла
4	Действие дативного механизма приводит к увеличению прочности связи. Поэтому молекула является более прочной, чем молекула, в которой ковалентная связь образуется только по обменному механизму.	3 балла
5	Вследствие разных механизмов образования ковалентной неполярной связи молекула хлора обладает большей энергией связи, чем молекула фтора.	3 балла

Задание 7. Задача на материальный баланс (10 баллов)

Найдите массовую долю серной кислоты в растворе, в котором содержится одинаковое число атомов водорода и кислорода.

Система оценивания

№	Элементы решения	Баллы
1	$n(\text{H})=n(\text{O})$ Пусть на 1 моль H_2SO_4 приходится 1 моль H_2O , тогда	5 баллов

	$v(H) = 2 + 2x, v(O) = 4 + x$ $2 + 2x = 4 + x, x = 2$ <p>т.е. 1 моль H_2SO_4 приходится 2 моль H_2O</p>	
2	$\omega(H_2SO_4) = \frac{m(H_2SO_4)}{m(H_2SO_4) + m(H_2O)}$ $\omega(H_2SO_4) = \frac{98}{98 + 2 \cdot 18} 0,7313 \text{ или } 73,13\%$	5 баллов

Задание 8. Состав веществ: смеси (10 баллов)

При гидратации 11,2 г смеси трех алкенов образовался спирт массой 11,84 г. Определите строение исходных алкенов и спирта, если известно, что реакция гидратации протекает с выходом 80%. Напишите уравнения реакций гидратации этих алкенов.

Система оценивания

№	Элементы решения	Баллы
1	Если в реакции гидратации образовался один спирт, то алкены, вступившие в эту реакцию, изомеры и могут быть описаны одной формулой C_nH_{2n} $C_nH_{2n} + H_2O \rightarrow C_nH_{2n+2}O$ 11,2 г 11,84 г	2 балла
2	Нахождение массы спирта, которая может быть получена теоретически: $m(C_nH_{2n+2}O)_{теор} = m(C_nH_{2n+2}O)_{практик} / (C_nH_{2n+2}O)_{теор} = 11,84 / 0,8 = 14,8 \text{ г}$	2 балла
3	Нахождение числа атомов углерода в молекулах исходных алкенов и спирта $n(C_nH_{2n}) = n(C_nH_{2n+2}O)$ (по уравнению реакции) $11,2 / (14n) = 14,8 / (14n + 18)$. $n = 4$	2 балла
4	$C_4H_8 + H_2O \rightarrow C_4H_{10}O$	2 балла
5	$CH_3-CH=CH-CH_3$ $CH_2=CH-CH_2-CH_3$ $CH_2=C(CH_3)-CH_3$	2 балла

Задание	1	2	3	4	5	6	7	8	Итого
Максимальное кол-во баллов	10	22	10	8	15	15	10	10	100