

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
МУНИПАЦИАЛЬНЫЙ ЭТАП**

*Химия
11 - класс*

Критерии проверки

Задание 1.

Какую массу квасцов $KAl(SO_4)_2 \cdot 12 H_2O$ необходимо добавить к 500 г 6% -ного раствора сульфата калия, чтобы массовая доля последнего увеличилась вдвое?

Найдите объем газа (при н.у.), который выделится при действии на полученный раствор избытка сульфида калия.

Решение:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
1. Рассчитаем массу сульфата калия в растворе: $m(K_2SO_4) = 500 \cdot 0,06 = 30$ (г), $M(K_2SO_4) = 174$ г/моль.	1 балл
2. Добавим к раствору x моль квасцов $KAl(SO_4)_2 \cdot 12 H_2O$, $M(KAl(SO_4)_2 \cdot 12 H_2O) = 474$ г/моль; в них содержится $x/2$ моль K_2SO_4 : $m(KAl(SO_4)_2 \cdot 12 H_2O) = 474 x$	1 балл
$m(K_2SO_4) = 30 + 174 x/2 = 30 + 87 x$	2 балла
$m(p-pa) = 500 + 474 x$	2 балла
По условию массовая доля K_2SO_4 в конечном растворе вдвое больше, т.е. 12%, тогда: $(30 + 87 x) / (500 + 474 x) = 0,12$; $x = 1,00$ моль.	2 балла
3. Масса добавленных квасцов равна: $m(KAl(SO_4)_2 \cdot 12 H_2O) = 474$ г/моль \cdot 1,00 моль = 474 г.	1 балл
4. Составим уравнение реакции взаимодействия сульфата алюминия с избытком сульфида калия: $Al_2(SO_4)_3 + 3K_2S + 6H_2O = 2Al(OH)_3 \downarrow + 3K_2SO_4 + 3H_2S \uparrow$	4 балла
В образовавшемся растворе содержится $x/2 = 0,500$ моль $Al_2(SO_4)_3$	2 балла
По уравнению реакции количество вещества H_2S равно $3n(Al_2(SO_4)_3)$ $n(H_2S) = 3 \cdot 0,500 = 1,5$ (моль);	2 балла
$V(H_2S) = 1,5$ моль \cdot 22,4 л/моль = 33,6 л.	1 балл
Максимальный балл:	20 баллов

Задание 2.

Какие два вещества вступили в реакцию, если в результате образовались следующие вещества (указаны все продукты реакции без коэффициентов).

Напишите левую часть и подберите коэффициенты.

- 1) $\longrightarrow Cr_2(SO_4)_3 + SO_2 + H_2O$
- 2) $\longrightarrow KCl + P_2O_5$
- 3) $\longrightarrow FeCl_2 + S + HCl$
- 4) $\longrightarrow CaBr_2 + HBr$
- 5) $\longrightarrow Fe(OH)_3$
- 6) $\longrightarrow Cu(NO_3)_2 + H_2SO_4 + NO_2 + H_2O$
- 7) $\longrightarrow I_2 + NO + KOH$
- 8) $\longrightarrow I_2 + NO + H_2O$
- 9) $\longrightarrow CuSO_4 + Br_2 + SO_2 + H_2O$
- 10) $\longrightarrow KNO_3 + HCl$

Решение:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
1) $2\text{Cr} + 6\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) \longrightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{SO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	2 балла
2) $2\text{KClO}_3 + 3\text{P}_2\text{O}_3 \longrightarrow 2\text{KCl} + 3\text{P}_2\text{O}_5$	2 балла
3) $2\text{FeCl}_3 + \text{H}_2\text{S} \longrightarrow 2\text{FeCl}_2 + \text{S} + 2\text{HCl}$	2 балла
4) $\text{CaH}_2 + \text{Br}_2 \longrightarrow \text{CaBr}_2 + 2\text{HBr}$	2 балла
5) $2\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3$	2 балла
6) $\text{Cu}_2\text{S} + 14\text{HNO}_3(\text{конц.}) \longrightarrow 2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 10\text{NO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	2 балла
7) $2\text{HI} + 2\text{KNO}_2 \longrightarrow \text{I}_2 + 2\text{NO} + 2\text{KOH}$	2 балла
8) $6\text{HI} + 2\text{HNO}_3 \longrightarrow 3\text{I}_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$	2 балла
9) $\text{CuBr}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) \longrightarrow \text{CuSO}_4 + \text{Br}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	2 балла
10) $3\text{KNO}_2 + \text{HClO}_3 \longrightarrow 3\text{KNO}_3 + \text{HCl}$	2 балла
Максимальный балл:	20 баллов

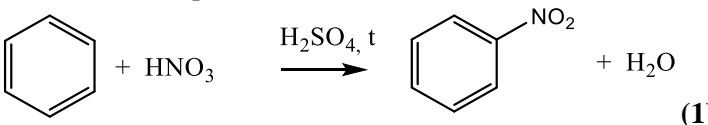
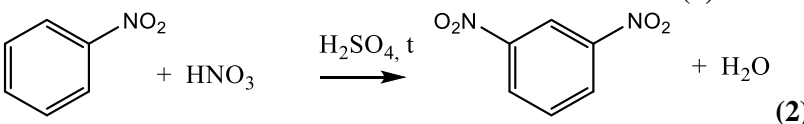
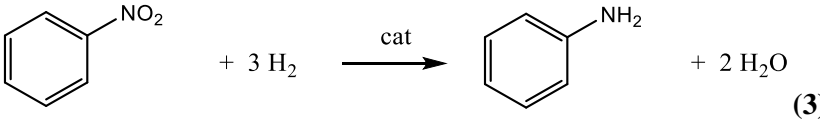
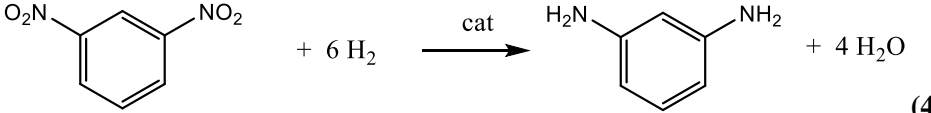
Примечание: при неправильном подборе коэффициентов следует снять 1 балл

Задание 3.

В результате нитрования 7,8 г бензола смесью концентрированных азотной и серной кислот получена смесь органических соединений, для восстановления которых на катализаторе израсходовано 8,50 л водорода при 23°C и давлении 1,2 атм.

Установите качественный и количественный (в граммах) состав смеси органических соединений, полученных в результате восстановления.

Решение:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Указан возможный качественный состав смеси органических соединений, полученных в результате нитрования. Реакция нитрования протекает стадийно с образованием мононитробензола, динитробензола и тринитробензола. Следовательно, смесь может состоять из моно- и динитрофенолов или ди- и тринитрофенолов.	2 балла
Допустим, что у нас образуется смесь мононитрофенола и динитрофенола в соответствии с реакциями:  	1 балл 1 балл
Рассчитано количество вещества бензола: $n(\text{бензола}) = m/M = 7,8 / 78 = 0,1$ (моль)	1 балл
Тогда количество мононитробензола, образующегося в реакции (1), также равно 0,1 моль. Пусть количество образовавшегося динитробензола будет равно X моль. Тогда после окончания реакции (2) в смеси останется (0,1-X) моль мононитробензола.	2 балла
В описанных условиях восстановление протекает по нитрогруппам (гидрирование ароматического кольца требует более жестких условий).  	1 балл 1 балл

В соответствии с уравнением (3) для восстановления мононитробензола требуется $3*(0,1-X)$ моль водорода, а для восстановления динитробензола $6X$ моль водорода.	2 балла
Рассчитано количество моль водорода, затраченное на восстановление смеси: $PV = nRT$; $n = PV/RT = 1,2*8,5 / 0,082*(273+23) = 0,42$ (моль). Примечание: $R = 0,082$, если давление в атмосферах и объем в литрах $R = 8,31$, если давление в Паскалях и объем в м ³	2 балла
Составлено и решено уравнение: $3*(0,1-X) + 6X = 0,42$ $X = 0,04$	2 балла
Значит в смеси органических веществ, образовавшейся после нитрования, содержалось 0,04 моль динитробензола и 0,06 моль мононитробензола.	2 балла
Следовательно, после восстановления образовалось 0,06 моль анилина и 0,04 моль 1,3-диаминобензола.	2 балла
Рассчитаны массы образовавшихся веществ $m(\text{анилина}) = 93 \text{ г/моль} * 0,06 \text{ моль} = 5,58 \text{ г}$ $m(1,3\text{-диаминобензола}) = 108 \text{ г/моль} * 0,04 \text{ моль} = 4,32 \text{ г}$	1 балл
Аналогичные расчеты для смеси динитробензола и тринитробензола приведут к отрицательному значению X .	
Максимальный балл:	20

Задание 4.

В медицине в качестве дезинфицирующего средства, а также для сохранения анатомических препаратов используется формалин, который представляет собой 37%-ый водный раствор формальдегида, содержащий 8% метанола в качестве ингибитора. Основной способ получения формальдегида – окисление метанола кислородом воздуха с использованием серебряного катализатора при температуре 650°C и атмосферном давлении, выход формальдегида составляет 99%.

Рассчитайте массу метанола, необходимую для приготовления 1 л формалина (плотность раствора формалина составляет 1,1121 г/мл).

Ингибитором какого нежелательного процесса является метанол?

Напишите уравнение этого процесса.

Как называется продукт, образующийся в результате этого процесса.

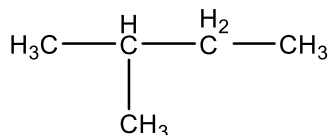
Решение:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Рассчитана масса 1 л формалина: $m = \rho V = 1,1121 * 1000 = 1112,1 \text{ г}$	2 балла
Найдена масса метанола, выполняющего роль ингибитора: $m_1(\text{CH}_3\text{OH}) = \omega * m_{\text{р-ра}} / 100 = 8 * 1112,1 / 100 = 89,0 \text{ г}$	2 балла
Рассчитана масса формальдегида, необходимая для получения 1 л формалина: $m(\text{CH}_2\text{O}) = \omega * m_{\text{р-ра}} / 100 = 37 * 1112,1 / 100 = 411,5 \text{ г}$	2 балла
Рассчитана масса формальдегида с учетом выхода реакции: $m(\text{CH}_2\text{O}) = 411,5 / 0,99 = 415,7 \text{ г}$	2 балла
Написано уравнение получения формальдегида из метанола: $2 \text{CH}_3\text{OH} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CH}_2\text{O} + 2 \text{H}_2\text{O}$	2 балла
Найдено количество моль формальдегида и рассчитана масса метанола для получения формальдегида: $n(\text{CH}_2\text{O}) = m/M = 415,7 / 30 = 13,86 \text{ моль}$ $n(\text{CH}_2\text{O}) = n(\text{CH}_3\text{OH}) = 13,86 \text{ моль}$ $m_2(\text{CH}_3\text{OH}) = n * M = 13,86 * 32 = 443,5 \text{ г}$	1 балл
Найдена общая масса метанола: $m_{\text{общ}}(\text{CH}_3\text{OH}) = m_1 + m_2 = 89,0 + 443,5 = 532,5 \text{ г}$	2 балла
Метанол ингибирует процесс полимеризации формальдегида.	2 балла
Формальдегид образует полимеры циклического строения (тример) и линейного:	

$3 \text{ CH}_2\text{O} \rightarrow \begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} \quad \text{O} \\ \diagdown \quad / \\ \text{O} \quad \text{CH}_2 \\ / \quad \diagdown \\ \text{O} \quad \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H}_2 \quad \text{O} \end{array}$ $n \text{ CH}_2\text{O} \rightarrow \left[\begin{array}{c} \text{H}_2 \\ \\ \text{---C---O---} \end{array} \right]_n$	2 балла за любое из двух уравнений
тример – триоксан линейный – параформ или параформальдегид	2 балла за название в соответствии с написанным уравнением
Максимальный балл:	20 баллов

Задание 5.

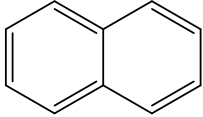
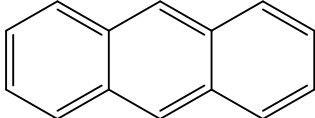
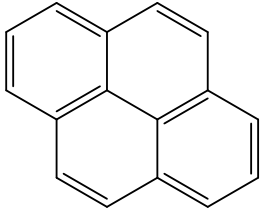
Теплоты образования органических веществ в разных агрегатных состояниях можно оценить, применив метод групповых вкладов. Для примера рассмотрим молекулу метилбутана, в которой есть три вида групп атомов: одна CH, одна CH₂ и три CH₃. Вклады этих групп в теплоту образования жидких алканов известны: CH 9,2 кДж/моль; CH₂ 25,5 кДж/моль и CH₃ 48,5 кДж/моль.



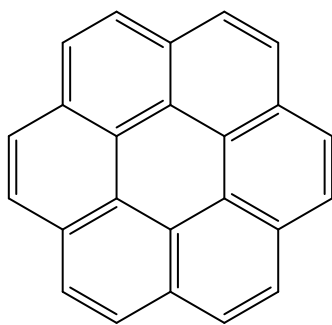
метилбутан C₅H₁₂

$$Q_{\text{обр.}}(\text{C}_5\text{H}_{12}(\text{ж})) = 9,2 + 25,5 + 3 \cdot 48,5 = 180,2 \text{ кДж/моль}$$

Даны теплоты образования следующих полиароматических соединений:

 <p style="text-align: right;">A</p>	$Q_{\text{обр.}}(\text{C}_{10}\text{H}_8(\text{т})) = - 78,0 \text{ кДж/моль}$
 <p style="text-align: right;">B</p>	$Q_{\text{обр.}}(\text{C}_{14}\text{H}_{10}(\text{т})) = - 127,5 \text{ кДж/моль}$
 <p style="text-align: right;">C</p>	$Q_{\text{обр.}}(\text{C}_{16}\text{H}_{10}(\text{т})) = - 125,2 \text{ кДж/моль}$

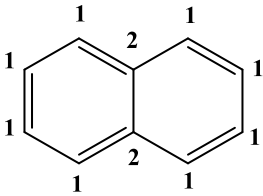
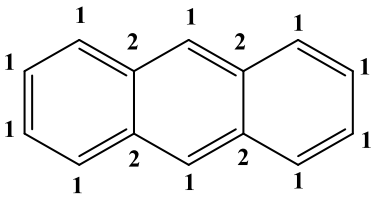
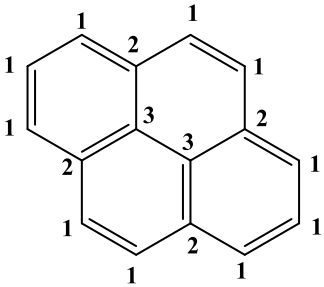
1. Оцените Q_{обр.} твердого коронена на основе метода групповых вкладов.

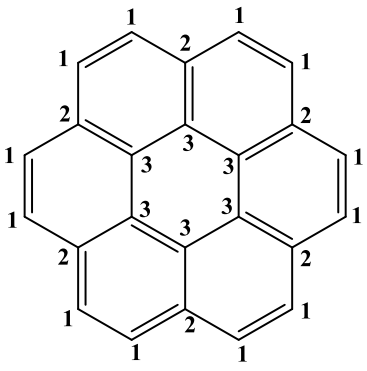


коронен $C_{24}H_{12}$

2. Дайте тривиальные названия полиароматическим соединениям А-С?

Решение:

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>Определены группы атомов для соединения А.</p>  <p>В соединении А восемь групп 1-го типа и две группы 2-го типа.</p>	2 балла
<p>Определены группы атомов для соединения В.</p>  <p>В соединении В десять групп 1-го типа и четыре группы 2-го типа.</p>	2 балла
<p>Определены группы атомов для соединения С.</p>  <p>В соединении С десять групп 1-го типа, четыре группы 2-го типа и две группы 3-го типа.</p>	2 балла
<p>Для определения вклада каждого типа групп в величины теплот образования введены переменные и составлена система уравнений: X – вклад группы 1-го типа Y – вклад группы 2-го типа Z – вклад группы 3-го типа</p> $\begin{cases} 8 X + 2Y = -78,0 \\ 10 X + 4Y = -127,5 \\ 10 X + 4Y + 2Z = -125,2 \end{cases}$	4 балла
<p>Решена система уравнений и найдены значения переменных: X = -4,75 Y = -20,0</p>	2 балла

$Z = 1,15$	
<p>Определены группы атомов для коронена.</p>  <p>В коронене двенадцать групп 1-го типа, шесть группы 2-го типа и шесть групп 3-го типа.</p>	<p>2 балла</p>
<p>Оценена величина теплоты образования коронена: $Q_{\text{обр.}}(\text{C}_{24}\text{H}_{12(\text{тв})}) = 12 * (-4,75) + 6 * (-20,0) + 6 * 1,15 = -170,1 \text{ кДж/моль}$</p>	<p>3 балла</p>
<p>Соединение А – нафталин Соединение В – антрацен Соединение С – пирен</p>	<p>1*3 балла по баллу за каждое название</p>
<p>Максимальный балл:</p>	<p>20баллов</p>