

УТВЕРЖДАЮ

Председатель открытой олимпиады школьников по химии профессор Р.Е. Калинин

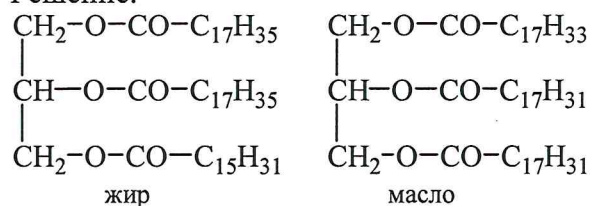


**ЗАДАНИЯ ЗАОЧНОГО ТУРА ПО ХИМИИ
ВСЕГО БАЛЛОВ - 100 Б**

**Задание 1
(6 баллов)**

Жиры и масла представляют собой полные эфиры глицерина и высших жирных кислот. Жиры содержат остатки насыщенных, а масла – ненасыщенных жирных кислот. Приведите примеры жира и масла (используйте структурные формулы). Сравните температуры плавления жиров и масел и объясните причину различия.

Решение.



Жир имеет более высокую температуру плавления, чем масло. Это связано с тем, что длинные цепи углеводородных остатков имеют зигзагообразную конформацию и способны плотно упаковываться, расположившись параллельно друг другу. Такая упаковка способствует образованию множественных гидрофобных взаимодействий, что повышает $T_{\text{пл}}$ жира. В молекулах масла в углеводородных остатках присутствуют атомы углерода в sp^2 гибридизации, плотная упаковка цепей невозможна, гидрофобных взаимодействий образуется меньше, $T_{\text{пл}}$ падает.

За формулы по 0,5 балла – итого 1 балл

За сравнение $T_{\text{пл}}$ жира и масла – 1 балл

За объяснение – 4 балла

**Задание 2
(8 баллов)**

Определите, какие из перечисленных молекул: этан, фосфин, бромид бора, пропанон, – являются полярными, а какие – неполярными? Ответ поясните. Определите гибридизацию центрального атома каждой молекулы.

Решение.

C_2H_6 – неполярная молекула. Дипольные моменты метильных групп компенсируют друг друга. Атом углерода находится в гибридизации sp^3 .

PH_3 – полярная молекула. Полярность молекулы фосфина обусловлена дипольным моментом связей P–H, которые расположены под углом, близким к 93° , т.к. атом фосфора не подвергается гибридизации.

BBr_3 – неполярная молекула. Атом бора находится в гибридизации sp^2 , дипольные моменты полярных связей B–Br компенсируют друг друга.

CH₃COCH₃ – полярная молекула. Полярность молекулы обусловлена дипольным моментом связи C=O. Атом углерода в молекуле ацетона находится в гибридизации sp².

За определение гибридизации – 1 балл в каждом случае

За анализ полярности с объяснением – 1 балл в каждом случае

Задание 3

(8 баллов)

Приготовили смесь трех солей: 4 г ортофосфата калия, 5 г гидроортофосфата калия и 6 г дигидроортофосфата калия. Эту смесь растворили в 300 мл воды. Какие вещества находятся в полученном растворе и какова их массовая доля?

Решение.



Исходные количества веществ: $\nu(K_3PO_4) = 4/212 = 0,0189$ моль (недостаток), $\nu(K_2HPO_4) = 5/174 = 0,0287$ моль, $\nu(KH_2PO_4) = 6/136 = 0,0441$ моль (избыток)

После реакции: $\nu(KH_2PO_4)_{\text{остав}} = 0,0441 - 0,0189 = 0,0252$ моль, $\nu(K_2HPO_4) = 0,0287 + 0,0189 \cdot 2 = 0,0665$ моль

$m(KH_2PO_4) = 0,0252 \cdot 136 = 3,43$ г, $m(K_2HPO_4) = 0,0665 \cdot 174 = 11,57$ г

$m(\text{р-ра}) = 300 + 4 + 5 + 6 = 315$ г

$\omega(KH_2PO_4) = 3,43/315 = 0,011$ или 1,1%, $\omega(K_2HPO_4) = 11,57/315 = 0,037$ или 3,7%

Ответ: 1,1% KH₂PO₄, 3,7% K₂HPO₄

Реакция – 2 балла

Исходные количества веществ – 1 балл

Определение избытка и недостатка – 1 балл

Расчет солей в конечном растворе по молям – 1 балл, по массам – 1 балл

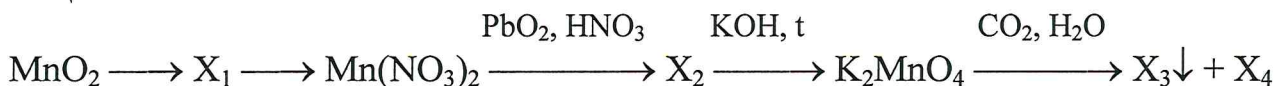
Масса раствора – 1 балл

Расчет массовых долей – 1 балл

Задание 4

(12 баллов)

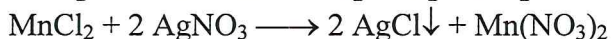
Осуществите превращения, определите и назовите все зашифрованные вещества:



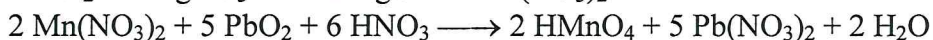
Решение (возможны варианты).



1 балл



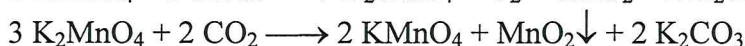
1 балл



2 балла



2 балла



2 балла

За написание реакций – всего 8 баллов.

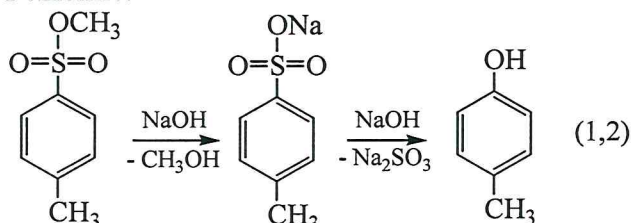
За расшифровку и названия: хлорид марганца (II), марганцовая кислота, манганат калия, оксид марганца (IV) – по 1 баллу (всего 4 балла)

Задание 5

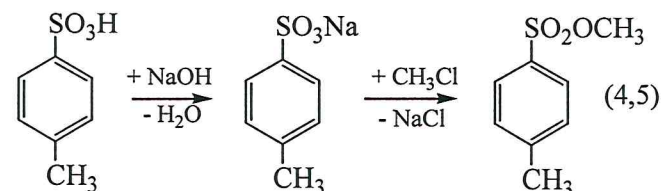
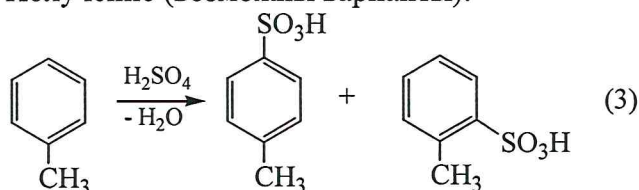
(14 баллов)

Нерастворимое в воде вещество состава $C_8H_{10}O_3S$ гидролизовали водным раствором щелочи и получили соль состава $C_7H_7O_3SNa$. При сплавлении полученной соли с твердым гидроксидом натрия образуется *n*-крезол. Установите строение исходного вещества и получите его из толуола и других реагентов. Приведите уравнения всех химических реакций и назовите все органические вещества.

Решение.



Получение (возможны варианты):



За структуру и название исходного и промежуточного веществ – по 0,5 балла (всего 2 балла): метил-*n*-толилсульфонат, *n*-толилсульфонат натрия.

За каждую реакцию – по 2 балла (всего 10 баллов), в реакции (3) обязательно должны быть указаны оба изомера: *орто*- и *пара*-.

За названия промежуточных веществ в реакциях получения – по 0,5 балла (всего 2 балла): *n*- и *о*-толилсульфоновые кислоты, *n*-толилсульфонат натрия, хлорметан.

Задание 6

(8 баллов)

Эквимольная смесь оксидов углерода (II) и углерода (IV) занимает объем 14 л (н.у.). Рассчитайте общую массу электронов в этой смеси, принимая массу одного электрона равной 0,00055 а.е.м.

Решение.

Поскольку объем газовой смеси 14 л (0,625 моль), смесь содержит 0,3125 моль CO и 0,3125 моль CO₂.

Одна молекула CO содержит 14 электронов, 0,3125 моль CO содержит 0,3125·14 = 4,375 моль электронов.

Одна молекула CO₂ содержит 22 электрона, 0,3125 моль CO₂ содержит 0,3125·22 = 6,875 моль электронов. Газовая смесь содержит 11,25 моль электронов.

Поскольку $A_r(\text{электрона}) = 0,00055$ а.е.м., то $M(\text{электрона}) = 0,00055$ г/моль. Тогда $m(\text{электронов}) = 11,25 \cdot 0,00055 = 0,006188$ г = 6,19 мг.

Ответ: 6,19 мг.

За расчет молей каждого компонента – 2 балла.

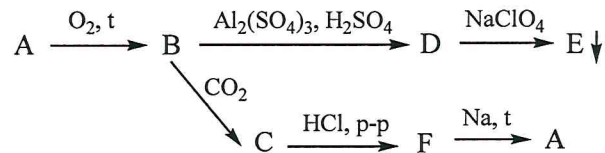
За расчет числа электронов в каждой молекуле – 2 балла.

За расчет молей электронов в смеси – 2 балла.

За расчет массы электронов в смеси – 2 балла.

Задание 7 (16 баллов)

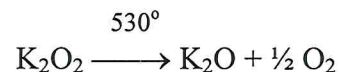
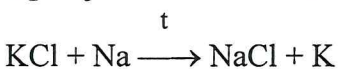
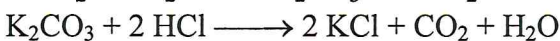
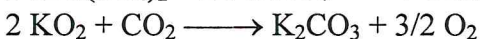
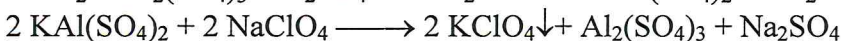
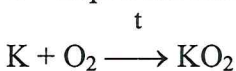
При сжигании металла А на воздухе образуется желтое вещество В, содержащее 45,0% кислорода (по массе). Вещество В может поглощать диоксид углерода, образуя вещество С. При охлаждении раствора, полученного добавлением вещества В к подкисленному серной кислотой раствору сульфата алюминия, выделяются блестящие, хорошо ограненные бесцветные кристаллы D. При действии на раствор вещества D раствора NaClO_4 выпадает белый осадок E. Упариванием раствора, полученного при взаимодействии вещества С и соляной кислоты, можно получить F – исходное вещество для натрийтермического получения металла А. Назовите все вещества А – F. Напишите уравнения всех упомянутых химических процессов. Предложите способ получения из соединения В оксида металла А. Подтвердите расчетом массовый состав вещества В. Как в быту называют вещество D?



Решение.

А – калий, В – надпероксид калия. Расчет: $\omega(\text{O}) = 32/71 = 0,45$

D – додекагидрат сульфата калия-алюминия (алюмокалиевые квасцы), E – перхлорат калия, C – карбонат калия, F – хлорид калия.



За расчет и расшифровку вещества А – 2 балла.

За каждую реакцию – по 1 баллу (всего 6 баллов)

За расшифровку веществ В, С, D, E, F – по 1 баллу (всего 5 баллов)

За получение оксида калия – 2 балла.

За название квасцов – 1 балл.

Задание 8

(4 балла)

Рассчитайте значение рН, при котором из 0,1 М раствора хлорида магния осаждается гидроксид магния. $IP(Mg(OH)_2) = 6,8 \cdot 10^{-12}$.

Для справки: $IP(Mg(OH)_2) = [Mg^{2+}] \cdot [OH^-]^2$, где $[Mg^{2+}]$ и $[OH^-]$ – концентрации ионов в насыщенном растворе. Ионное произведение воды $[H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14}$. Водородный показатель рН рассчитывается по формуле $pH = -\lg[H^+]$.

Решение.

$$IP = [Mg^{2+}] \cdot [OH^-]^2 \quad 6,8 \cdot 10^{-12} = 0,1 \cdot [OH^-]^2$$
$$[OH^-] = 8,25 \cdot 10^{-6}, [H^+] = 10^{-14} / 8,25 \cdot 10^{-6} = 1,21 \cdot 10^{-9}$$
$$pH = -\lg[H^+] = 8,92$$

Ответ 8,92

За составление и решение уравнения – 2 балла.

За расчет $[H^+]$ – 1 балл.

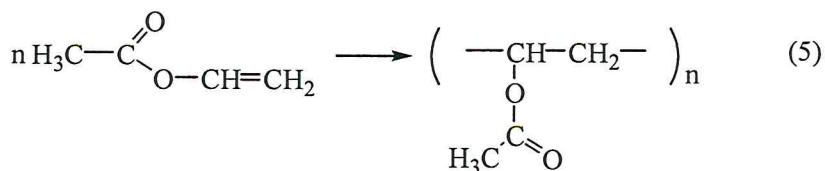
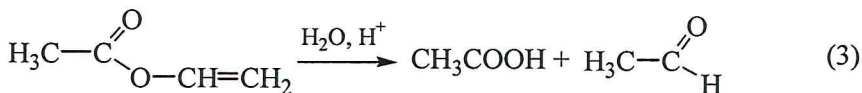
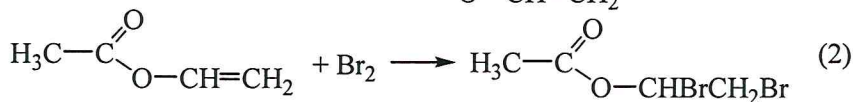
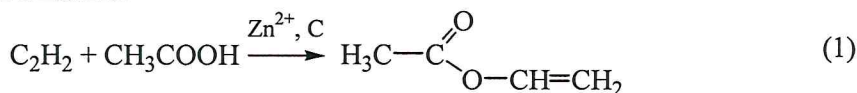
За расчет рН – 1 балл.

Задание 9

(12 баллов)

Два органических вещества А и Б имеют молярные массы 26 и 60 г/моль, соответственно. При их взаимодействии в присутствии катализатора образуется вещество В ($M = 86$ г/моль), которое обесцвечивает бромную воду, но не окисляется аммиачным раствором оксида серебра. Вещество В подвергается гидролизу в присутствии кислоты. Продукты гидролиза не обесцвечивают бромную воду, но окисляются аммиачным раствором оксида серебра с образованием «серебряного зеркала» и ацетата аммония как единственного органического продукта. Приведите формулы и названия веществ А, Б и В, а также уравнения всех упомянутых в задаче реакций. Как называется популярный клей, получаемый при полимеризации вещества В? Приведите эту реакцию.

Решение.



А – этин, Б – уксусная кислота, В – винилацетат. Клей ПВА (поливинилацетатный клей).

За расшифровку веществ А, Б, В – по 1 баллу (всего 3 балла).

За уравнения реакций (1), (3), (5) – по 2 балла, за уравнения реакций (2), (4) – по 1 баллу (всего 8 баллов).

За название клея – 1 балл.

Задание 10

(12 баллов)

Вещество А – это оксид некоторого элемента. А содержит 74,07% кислорода по массе. А легко разлагается, а реакция разложения описывается кинетическим уравнением I порядка.

- 1) Установите формулу вещества А и напишите реакцию его разложения.
- 2) Приведите формулу хотя бы одного бинарного вещества, в котором массовая доля кислорода больше, чем в веществе А.
- 3) Определите величину энергии активации реакции разложения вещества А по следующим данным: при 318 К в газовой фазе вещество А разлагается со скоростью 5% в минуту, а 328 К – со скоростью 15% в минуту (см. справку).
- 4) Рассчитайте период полураспада вещества А при 318 К (см. справку).

Для справки: зависимость количества вещества n от времени t в реакциях I порядка описывается уравнением

$$\ln n(t) = \ln n_0 - kt$$

где k – константа скорости реакции, n_0 – исходное количество вещества.

Константа скорости реакции k_T при температуре T , температура (T) и энергия активации (E_A , кДж/моль) связаны уравнением Аррениуса

$$\ln k_T = \text{const} - E_A / (RT)$$

$R = 8,31$ Дж/(моль*К).

Решение.

1) Это N_2O_5 – $\omega(O) = 16 \cdot 5 / (16 \cdot 5 + 2 \cdot 14) = 0,7407$, $N_2O_5 \longrightarrow 2 NO_2 + \frac{1}{2} O_2$

Это H_2O – $\omega(O) = 16 / 18 = 0,889$

2) при 318 К $\ln 0,95 = \ln 1 - k_{318}$, откуда $k_{318} = 0,0513 \text{ мин}^{-1}$
при 328 К $\ln 0,85 = \ln 1 - k_{328}$, откуда $k_{328} = 0,1625 \text{ мин}^{-1}$

Из уравнения Аррениуса: $\ln 0,0513 = \text{const} - E_A / (0,00831 \cdot 318)$
 $\ln 0,1625 = \text{const} - E_A / (0,00831 \cdot 328)$

Решаем алгебраическую систему уравнений: $E_A = 104$ кДж/моль

3) при 318 К $\ln 0,5 = \ln 1 - 0,0513 \cdot \tau_{1/2}$, откуда $\tau_{1/2} = 13,5$ мин

Ответ: 1) N_2O_5 , H_2O , 2) 102 кДж/моль, 3) 13,5 минут

За вывод формулы вещества А – 2 балла, за реакцию разложения и пример оксида с большим содержанием кислорода по 1 баллу – итого 4 балла.

За расчет констант скорости при разных температурах и энергии активации – по 2 балла, итого 6 баллов.

За расчет периода полураспада вещества А – 2 балла.