VII олимпиада по химии «Юные таланты»
I этап
Итоговый тур.

Критерии оценивания заданий для 9 класса

Каждое из заданий оценивается в 10 баллов.

Задача № 9-1

I. 1) Сплавление дихромата калия с серой приводит к окислению серы до сульфат-иона, как наиболее стабильного соединения серы и оксида хрома (III):

$K_2Cr_2O_7+S = Cr_2O_3+K_2SO_4$

1| $2Cr^{6+} +6e = 2Cr^{3+}$

1| $S^0 – 6e = S^{+6}$

2) Cr_2O_3 обладает слабовыраженными основными свойствами, поэтому при сплавлении с щелочью образует хроматы (III) или хромиты:

$Cr_2O_3+2KOH = 2KCrO_2+H_2O$

3) Бром в щелочной среде является хорошим окислителем:

$2KCrO_2+3Br_2+8KOH = 6KBr+2K_2CrO_4+4H_2O$

2| $CrO_2^- +4OH^- – 3e = CrO_4^{2-}+2H_2O$

3| $Br_2+2e = 2Br^-$

4) Протекает реакция обмена и образуется хромовая кислота, однако серная кислота является сильным дегидратирующим агентом, поэтому хромовая кислота дегидратируется до хромового ангидрида (оксида хрома (VI)):

$K_2CrO_4+ H_2SO_4 = CrO_3+ K_2SO_4+H_2O$

5) KJ является восстановителем:

$K_2Cr_2O_7+6KJ+14HCl = 2CrCl_3+3J_2+7H_2O+8HCl$

1| $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ +6e = 2Cr^{3+} +7H_2O$

3| $2J^- – 2e = J_2$

6) $CrCl_3 + 3NaOH = Cr(OH)_3 + 3NaCl$

II. CrO_3 как сказано выше является ангидридом хромовой и дихромовой кислоты. Причем дихромовая кислота образуется в результате частичной дегидратации хромовой кислоты. Следовательно CrO_3 проявляет кислотные свойства: $2KOH+ CrO_3 = K_2CrO_4 +H_2O$.

Разбалловка

Уравнения реакций 1, 3, 5:	
с написанием электронного или электронно-ионного баланса	3*2=6б.
без написания электронного или электронно-ионного баланса	3*1=3б.
Уравнения реакций 2,4	2*1=2б.
Уравнение реакции 6, если продуктом является CrO_3	1 б.
если продуктом является H_2CrO_4	0,5 б.
Кислотно-основные свойства соединения **D**	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача № 9-2

Так как после обработки обоих растворов хлором и упаривания раствора получился один и тот же кристаллогидрат, то это соединение является гексагидратом хлорида алюминия, а растворы исходных солей могут быть только галогенидами.

При обработке хлором протекает реакция:

$$2AlX_3 + 3Cl_2 = 2AlCl_3 + 3X_2 \quad (1)$$

При обработке раствором аммиака происходит реакция:

$$AlCl_3 + 3NH_3 + 3H_2O = Al(OH)_3 + 3NH_4Cl \quad (2)$$

При нагревании $Al(OH)_3$ разлагается в соответствии с уравнением:

$$2Al(OH)_3 = Al_2O_3 + 3H_2O \quad (3)$$

$\nu(Al_2O_3) = 0{,}5\ \nu\ (AlX_3)$

$\nu_1(Al_2O_3) = 0{,}5m/M_1$

$\nu_2(Al_2O_3) = 0{,}5m/M_2$

$m_1(Al_2O_3)/\ m_2(Al_2O_3) = \nu_1(Al_2O_3)/\ \nu_2(Al_2O_3) = M_2/\ M_1 = 2$

Галогенид	$AlCl_3$	$AlBr_3$	AlI_3
Мол. масса	133,5	266,7	408

1	2	$M_2/\ M_1$
$AlCl_3$	$AlBr_3$	2
$AlBr_3$	AlI_3	1,52
$AlCl_3$	AlI_3	3

В первом растворе находится соль $AlCl_3$, во втором - $AlBr_3$.

Взяли 100 г раствора обеих солей, следовательно, $m(AlCl_3) = m(\ AlBr_3) = 5$(г).

$\nu(AlCl_3) = 5/133{,}5 = 0{,}0374$ (моль)

$\nu(AlBr_3) = 5/266{,}7 = 0{,}0187$ (моль)

$V(Cl_2)_{н.у.} = 1\cdot 293/273 = 1{,}073$ (л)

$\nu\ (Cl_2) = 1{,}073/22{,}4 = 0{,}0479$ (моль)

Учитывая, что происходит химическая реакция:

$$2AlBr_3 + 3Cl_2 = 2AlCl_3 + 3Br_2 \quad (1),$$

можно утверждать, что Cl_2 находится в избытке.

$\nu(AlCl_3) = \nu_1(AlCl_3\cdot 6H_2O) = 0{,}0374$ (моль)

$\nu(AlBr_3) = \nu_2(AlCl_3\cdot 6H_2O) = 0{,}0187$ (моль)

$m_1(AlCl_3\cdot 6H_2O) = 9{,}03$ г

$m_2(AlCl_3\cdot 6H_2O) = 4{,}52$ г

Разбалловка

Написание уравнений реакций (1) – (3)	3·1 б. = 3 б.
Вывод о том, что исходные соли – галогениды	0,5 б.
Расчет соотношения молярных масс исходных солей	2 б.
Определение исходных солей	2·1 б. = 2 б.
Расчет количества хлора при н.у.	0,5 б.
Расчет массы полученных кристаллогидратов	2·1 б. = 2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача № 9-3

Реакции осаждения исходного раствора:

(1) $AgNO_3+NaCl = AgCl\downarrow+NaNO_3$ (белый, творожистый осадок)

(2) $Pb(NO_3)_2+2NaCl = PbCl_2\downarrow+2NaNO_3$ (белый, кристаллический осадок)

(3) $Bi(NO_3)_3+3NaCl+H_2O = BiOCl\downarrow+3NaNO_3+2HCl$ (белый аморфный осадок)

(4) $Hg_2(NO_3)_2+2NaCl = Hg_2Cl_2\downarrow+2NaNO_3$ (белый осадок)

Характерным свойством хлорида свинца является его растворимость в горячей воде, поэтому фильтрат 2 содержит хлорид свинца, а осадок 2 остальные катионы.

Из хлоридов серебра, ртути и оксохлорида висмута только оксохлорид висмута растворяется в азотной кислоте:

(5) $BiOCl+3HNO_3 = Bi(NO_3)_3+H_2O+HCl$

Таким образом, фильтрат 3 содержит катионы Bi^{3+}, а осадок 3 хлориды серебра и ртути.

Концентрированный аммиак растворяет хлорид серебра с образованием комплексной соли, а ртуть вступает в реакцию диспропорционирования:

(6) $AgCl+2NH_3 = [Ag(NH_3)_2]Cl$

(7) $Hg_2Cl_2+2NH_3 = HgNH_2Cl\downarrow+Hg\downarrow+NH_4Cl$

Итоговая таблица:

Номер	Фильтрат	Осадок
2	$PbCl_2$	$AgCl$; $BiOCl$; Hg_2Cl_2
3	Bi^{3+}	$AgCl$; Hg_2Cl_2
4	Ag^+	Hg: $HgNH_2Cl$

Разбалловка

Написание уравнений реакций	7х1б.=7б.
Определение состава фильтратов и осадков 2 -4	6х0,5б.=3б.
ИТОГ	10б.

Задача № 9-4

1) Уравнения реакций взаимодействия

$2CrO_3 + 12HCl \rightarrow 2CrCl_3 + 3Cl_2\uparrow + 6H_2O$ (1);

$MnO_2 + 4HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2\uparrow + 2H_2O$ (2);

$2CeO_2 + 8HCl \rightarrow 2CeCl_3 + Cl_2\uparrow + 4H_2O$ (3).

2) Объём хлора при нормальных условиях

$$V_0(Cl_2) = \frac{PVT_0}{TP_0} = \frac{99{,}07 \cdot 1{,}4 \cdot 273}{298 \cdot 101{,}325} = 1{,}254 \quad л.$$

3) Массы оксидов, необходимые для получения 1,254 л хлора (при н. у.)

$$m(CrO_3) = \frac{V_0(Cl_2) \cdot 2M(CrO_3)}{3V_M(Cl_2)} = \frac{1{,}254 \cdot 200}{67{,}2} = 3{,}732 \quad г;$$

$$m(MnO_2) = \frac{V_0(Cl_2) \cdot M(MnO_2)}{V_M(Cl_2)} = \frac{1{,}254 \cdot 86{,}94}{22{,}4} = 4{,}867 \quad г;$$

$$m(CeO_2) = \frac{V_0(Cl_2) \cdot 2M(CeO_2)}{V_M(Cl_2)} = \frac{1{,}254 \cdot 344}{22{,}4} = 19{,}258 \quad г.$$

4) Массы 37 %-ной хлороводородной кислоты

$$m_1 = \frac{m(CrO_3) \cdot 12M(HCl) \cdot 100\%}{2M(CrO_3) \cdot \omega(HCl)} = \frac{3{,}732 \cdot 12 \cdot 36{,}5 \cdot 100}{2 \cdot 100 \cdot 37} = 22{,}0894 \quad г;$$

$$m_2 = \frac{m(MnO_2) \cdot 4M(HCl) \cdot 100\%}{M(MnO_2) \cdot \omega(HCl)} = \frac{4{,}867 \cdot 4 \cdot 36{,}5 \cdot 100}{86{,}94 \cdot 37} = 22{,}0899 \quad г;$$

$$m_3 = \frac{m(CeO_2) \cdot 8M(HCl) \cdot 100\%}{2M(CeO_2) \cdot \omega(HCl)} = \frac{19{,}258 \cdot 8 \cdot 36{,}5 \cdot 100}{2 \cdot 344 \cdot 37} = 22{,}0904 \quad г.$$

Разбалловка

Написание уравнений реакций (1) – (3)	1·3 = 3 б.
Приведение объёма хлора к нормальным условиям	1 б.
Расчёт массы вступающего в реакцию оксида	1·3 = 3 б.
Расчёт массы хлороводородной кислоты, вступающей в реакцию с определённым оксидом	1·3 = 3 б.
ИТОГО	10 б.

Задача № 9-5

1. Вещество X – кальций.

$Ca + N_2 \rightarrow Ca_3N_2$ (при t^oC) (1);

$Ca_3N_2 + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + NH_3$ (2);

$Ca + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + H_2$ (3);

$Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 + CO_2 + H_2O$ (при t^oC) (4).

2. $3Ca + 2AlCl_3 = 2Al + 3CaCl_2$ (5)

$Ca + MgO = CaO + Mg$ (6)

$Ca + MgS = CaS + Mg$ (7)

$2K + CaS = K_2S + Ca$ (8)

3. Расход HCl 0,01 л·2,2 = 0,022 моль (плотность кислоты считаем близкой к 1 г/см^3)

$CaO + CaCO_3 + 4HCl = CaCl_2 + H_2O + H_2CO_3$ (9)

Мольное отношение Ca^{2+}:HCl = 1:2

Количество вещества кальция 0,022/2 = 0,011 моль

Количество вещества CaO – x, $CaCO_3$ – (0,011-x)

Масса смеси:

$$56x + 100(0{,}011-x)=1{,}056$$

$$x= 0{,}001$$

масса CaO 0,001x56= 0,056 г

Остальное –карбонат кальция (1 г).

Состав смеси: 5,3% оксида кальция, 94,7% карбоната.

4. 1) это аммиак (NH_3) – газ с резким запахом, обладает основными свойствами, при растворении в воде ведет себя, как слабое основание.

2) $Ca(HCO_3)_2$ – гидрокарбонат кальция – наряду с гидрокарбонатом магния обуславливают временную жесткость воды. При кипячении такой воды происходит разложение гидрокарбонатов и образование нерастворимых в воде карбонатов кальция и магния, называемых накипью (уравнение (4)).

3) Реакция (1) позволяет перевести азот воздуха в твердое соединение при высокой температуре, именно эта реакция используется при вакуумировании электровакуумных приборов.

Разбалловка

Определение X*	1 б.
Написание уравнений реакций (1) – (4)	4·0,75 б. = 3 б.
Написание уравнений вытеснения металлов кальцием и получения кальция.	4·0,75 б. = 3 б.
Расчет количества молей HCl и Ca^{2+}	2·0,5 б. = 1 б.
Расчет состава смеси	1 б.
Комментарии к подсказкам	1 б.
ИТОГО	10 б.

*Написание участников в качестве X магния считается верным ответом, при этом изменится лишь количественный состав смеси оксида и карбонта.

Он составит:

масса MgO 0,001x40= 0,04 г (3,8%)

масса $MgCO_3$ 1,056-0,04 = 1,016 г (96,2%)

<u>Критерии оценивания заданий для 10 класса</u>

Каждое из заданий оценивается в 10 баллов.

Задача № 10-1

Образующееся по реакциям 1 – 7 вещество является бромом

1) $2KBr + 2H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + Br_2 + SO_2\uparrow + 2H_2O$;
2) $2KBr + K_2S_2O_8 \rightarrow 2K_2SO_4 + Br_2$;
3) $2KBr + H_2O_2 \rightarrow 2KOH + Br_2$;
4) $10KBr + 2KMnO_4 + 8H_2SO_4 \rightarrow 6K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5Br_2 + 8H_2O$;
5) $2KBrO_3 + 6H_2C_2O_4 \rightarrow K_2C_2O_4 + Br_2 + 6H_2O + 10CO_2\uparrow$;
6) $2KBrO_3 + H_2O_2 \rightarrow 2KOH + Br_2 + 3O_2\uparrow$;
7) $KBrO_3 + 5KBr + 3H_2O \rightarrow 6KOH + 3Br_2$.

Взаимодействие брома с хлоратом и йодидом калия описывается уравнениями

8) $Br_2 + 2KClO_3 \rightarrow 2KBrO_3 + Cl_2\uparrow$;
9) $Br_2 + 2KI \rightarrow 2KBr + I_2\downarrow$

Реакция с фтором идёт по уравнению

10) $Br_2 + 3F_2 \rightarrow 2BrF_3$.

Разбалловка

Уравнения реакций (1) – (10)	1·10 = 10 б.
ИТОГО	10 б.

Задача № 10-2

Находим количества веществ:

$\nu (C_4H_8)=m/M=2,8$ г/56 г/моль=0,05 моль;

$\nu (C_2H_5COOH)=m/M=0,74$ г/74 г/моль=0,01 моль;

$\nu (CO_2)=V/V_m=0,896$ л/22,4 л/моль=0,04 моль.

Бутен имеет три изомера, следовательно, можно написать три уравнения реакции окисления:

$$5CH_3CH{=}CHCH_3 + 8KMnO_4 + 12H_2SO_4 \rightarrow 10CH_3COOH + 8MnSO_4 + 4K_2SO_4 + 12H_2O \quad (1)$$

$$CH_2{=}CHCH_2CH_3 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow CO_2 + CH_3CH_2COOH + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 4H_2O \quad (2)$$

$$5CH_2{=}C(CH_3)CH_3 + 8KMnO_4 + 12H_2SO_4 \rightarrow 5CO_2 + 5CH_3COCH_3 + 8MnSO_4 + 4K_2SO_4 + 17H_2O \quad (3)$$

Из реакции (2):

$\nu (C_2H_5COOH)$: ν (бутена-1)=1:1, ν (бутена-1)$_{(прореаг.)}$=0,01 моль;

$$\nu\ (C_2H_5COOH):\ \nu\ (CO_2)=1:1,\ \nu\ (CO_2)=0{,}01\ \text{моль};$$

Следовательно, $\nu(CO_2)_{(остав.)}=0{,}04-0{,}01=0{,}03$ моль.

Из реакции (3):

$$\nu(CO_2)_{(остав.)}:\ \nu\ (\text{изобутена})=1:1,\ \nu\ (\text{изобутена})=0{,}03\ \text{моль},$$

Следовательно, ν(бутена) на реакцию (1) осталось:

$$0{,}05-0{,}03-0{,}01=0{,}01\ \text{моль},$$

$$\nu(CO_2)_{(остав.)}:\ \nu(\text{кетона})=1:1,\ \nu(\text{кетона})=0{,}03\ \text{моль}.$$

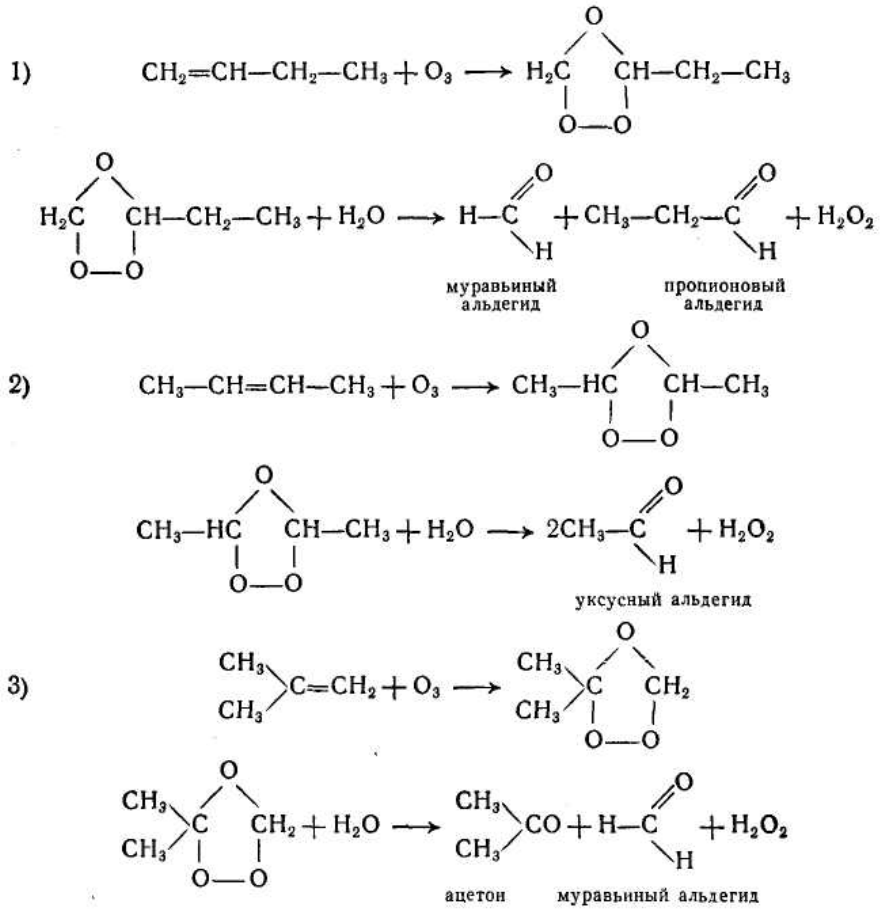
Из реакции (1):

$$\nu(\text{бутена-2}):\nu(CH_3COOH)=1:2,$$

$$\nu(CH_3COOH)=0{,}02\ \text{моль}.$$

Ответ: $\nu(CH_3COOH)=0{,}02$ моль; $\nu(CH_3COCH_3)=0{,}03$ моль; состав смеси: бутен-1-0,01 моль; бутен-2-0,01 моль; изобутен-0,03 моль.

Озонирование изомерных бутенов:



Разбалловка

Уравнения (1) – (3)	3·1 б. = 3 б.
Определение качественного состава исходной смеси	3·0,5 б.= 1,5 б.
Определение количественного состава исходной смеси	3·0,5 б.=1,5 б.
Определение качественного состава и количества продуктов окисления бутенов	2·0,5 б. = 1 б.
Продукты гидролиза озонированных производных бутенов (формула и название для каждого изомерного бутена)	3·1 б. = 3 б.
ИТОГО	10 б.

Задача № 10-3

См. задачу № 9-2

Задача № 10-4

1. Углерод образует два оксида: CO и CO_2. Несолеобразующим является оксид углерода (II).

При сжигании пирита образуется диоксид серы:

$$4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2 \ (1)$$

Желтый порошок, скорее всего, сера. Получим уравнение:

$$2CO + SO_2 = S + 2CO_2 \ (2)$$

2.*Способ 1*

Теплота заданной реакции вычисляется по формуле:

$$Q=2Q(CO_2) – Q(SO_2) – 2Q(CO)$$

Из уравнения реакции (1) мы знаем $Q(CO_2)$=393,5 кДж/моль

Из уравнения реакции (2) вычисляем теплоту образования CO:

$$Q(CO) =(2Q(CO_2) – 566,0)/2 = (2·393,5 – 566,0)/2 = 110,5 \text{ кДж/моль}$$

Из уравнения (3) находим теплоту образования NO:

$$Q(NO) = – 180,8/2 = – 90,4 \text{ кДж/моль}$$

Из уравнения реакции (5) вычисляем $Q(NO_2)$:

$$Q(NO_2) =(113 + 2Q(NO))/2 = (113 – 2·90,4)/2 = – 33,9 \text{ кДж/моль}$$

Из реакции (6) находим:

$$Q(SO_3) = 790,4/2 = 395,2 \text{ кДж/моль}$$

Используя реакцию (4) вычисляем $Q(SO_2)$:

$$Q(SO_2) =Q(SO_3)+Q(NO)–Q(NO_2)–41,8 =395,2–90,4+33,9 – 41,8 = 296,9 \text{ кДж/моль}$$

Теперь вычисляем тепловой эффект заданной реакции:

$$Q = 2·393,5 – 296,9 – 2·110,5 = 269,1 \text{ кДж}$$

Способ 2

Комбинируем реакции. Суммарную реакцию $2CO + SO_2 = S + 2CO_2$ получаем как:

(2)+(4) +1/2 (5) – 1/2(6):

$$2CO+\underline{O_2} +\underline{NO_2} + SO_2 +\underline{NO} +\underline{1/2\ O_2} +\underline{SO_3} = 2CO_2 +\underline{SO_3} +\underline{NO} +\underline{NO_2} +S +\underline{3/2\ O_2}$$

Соответственно $Q=Q_2 +Q_4 +Q_5/2 – Q_6/2 = 566,0+ 41,8 + 113/2 – 790,4/2 = 269,1$

3. Оксид углерода (II) образуется при неполном сгорании угля, например при недостатке воздуха: $2C + O_2 = 2CO$

Разбалловка

Написание уравнений (1) и (2)	2·1 б. = 2 б.
Вычисление Q реакции *способом 1* (за вычисление $Q(CO_2)$, Q(CO), $Q(SO_2)$, Q реакции по 1 баллу)	4 б.
Вычисление Q реакции по *способу 2* (либо другому, не требующему вычисления теплот образования веществ)	7 б.
Написание уравнения получения CO	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача № 10-5

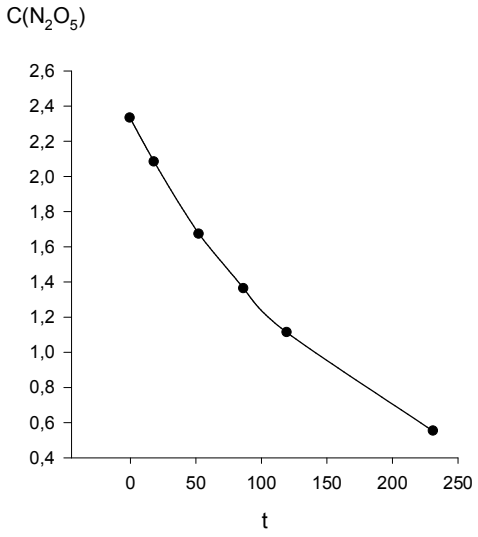
Решение

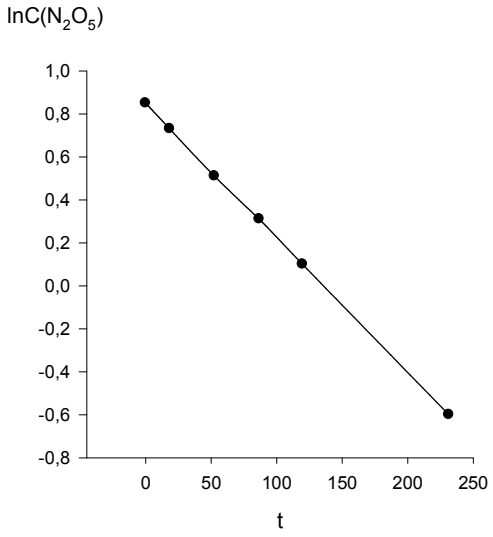
1. $2N_2O_5 = 4NO_2 + O_2$

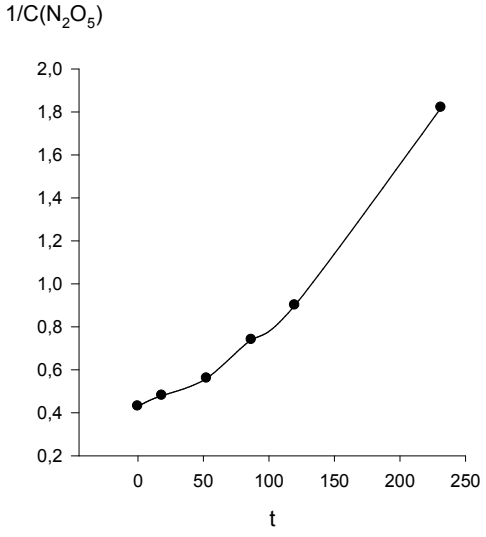
2. Удобно, в данном случае, использовать графический метод. Так, реакция имеет нулевой порядок при условии, что концентрация N_2O_5 не зависит от времени. Первый порядок соответствует линейной зависимости в координатах $\ln C(N_2O_5)=f(t)$, второй порядок – $1/C(N_2O_5)=f(t)$. Для построения графиков дополняем таблицу логарифмическими значениями концентрации N_2O_5

τ, час	0	18,4	52,6	86,7	119,8	231,5
C (N_2O_5)	2,33	2,08	1,67	1,36	1,11	0,55
lnC (N_2O_5)	0,85	0,73	0,51	0,31	0,10	-0,60
1/C(N_2O_5)	0,43	0,48	0,56	0,74	0,9	1,82

и строим графики в указанных координатах:







Из графика видно, что прямолинейная зависимость наблюдается в координатах $\ln C(N_2O_5)=f(t)$, что соответствует первому порядку. Значит, реакция разложения азотного ангидрида является реакцией первого порядка.

3. Периодом полураспада (полупревращения) называют время $t_{1/2}$, за которое в ходе реакции реагирует половина вещества. Для реакции первого порядка оно не зависит от концентрации исходного вещества и вычисляется как

$$t_{1/2} = \frac{ln2}{k_1}.$$

Для нахождения периода полураспада необходимо найти константу скорости реакции первого порядка (k_1), которая равна

$$k_1 = \frac{1}{t} ln \frac{C_0}{C}.$$

Подставим данные, указанные в условии задачи, в формулы. Получаем:

$$k_1 = \frac{1}{18,4} ln \frac{2,33}{2,08} = 6,168 \cdot 10^{-3} \text{час}^{-1},$$

$$t_{1/2} = \frac{ln2}{6,168 \cdot 10^{-3}} = 112,3 \text{ часа}.$$

4. Степень превращения (x) – это доля прореагировавшего вещества в %. Т.к. реакция первого порядка, то $k_1 = \frac{1}{t} ln \frac{C_0}{C_0 - x}$. Нам надо найти x. C_0 – это концентрация в начальный момент времени и составляет 100%. По условию задачи (п.3) известны k_1 = 0,002 мин$^{-1}$ и t=2 часа или 120 мин. Подставляем все данные в формулу $0,002 = \frac{1}{120} ln \frac{1}{1-x}$, выражаем x и получаем, что x=0,213 или 21,3%.

5. Имеющиеся данные подставляем в формулу из приложения $E_a = \frac{R \cdot T_1 \cdot T_2}{T_2 - T_1} ln \frac{k_2}{k_1}$, предварительно выразив k_2:

$$lnk_2 = lnk_1 + \frac{E_a \cdot (T_2 - T_1)}{R \cdot T_1 \cdot T_2}.$$

Главное перевести *кДж* в *Дж*.

$$lnk_2 = \ln(2,03 \cdot 10^{-3}) + \frac{103,5 \cdot 10^3 \cdot (288 - 298)}{8,314 \cdot 298 \cdot 288},$$

$$k_2 = e^{-4,75} = 8,66 \cdot 10^{-3} c^{-1}.$$

Разбалловка

Написание уравнения реакции (п.1)	1 б.
Определение порядка реакции (п.2)	3 б.
Расчет периода полураспада (п.3)	2 б.
Расчет степени превращения (п.4)	2 б.
Вычисление константы скорости реакции (п.5)	2 б.
ИТОГО	10 б.

<u>Критерии оценивания заданий для 11 класса</u>

Каждое из заданий оценивается в 10 баллов.

Задача № 11-1

Соль **А1**, обладающая окислительными свойствами при существовании соединений с двумя степенями окисления $FeCl_3$.

$$2FeCl_3 + Fe = 3FeCl_2 \qquad (1)$$

Анионы у всех солей – хлорид ионы, поскольку при взаимодействии с нитратом серебра образуется творожистый осадок хлорида серебра:

$$Ag^+ + Cl^- = AgCl\downarrow \qquad (2)$$

Металл **В**, имеющий также две степени окисления в обычных соединениях, с неокрашенной солью в низшей степени солями – медь

$$2FeCl_3 + Cu = 2FeCl_2 + CuCl_2 \qquad (3)$$

$$CuCl_2 + Cu = 2CuCl\downarrow \qquad (4)$$

$$FeCl_3 + CuCl\downarrow = FeCl_2 + CuCl_2 \qquad (5)$$

$$CuCl\downarrow + NaCl = Na[CuCl_2] \qquad (6)$$

Разбалловка

Определение металлов А и В	2·1 б. = 2 б.
Уравнения реакций (1), (2), (4)	3·1 б. = 3 б.
Уравнения реакций (3), (5)	2·1,5 б. = 3 б.
Уравнение реакции (6)	2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача № 11-2

Веществом **А** является перманганат калия, именно он обладает данным окрашиванием и вступает в большое количество разнообразных окислительно-восстановительных реакций.

$$2KMnO_4 = K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2 \ (1)$$

$$4KMnO_4 + 4KOH = 4K_2MnO_4 + O_2 + 2H_2O \ (2)$$

$$3K_2MnO_4 + 2H_2O = 2KMnO_4 + MnO_2 + 4KOH \ (3)$$

$$4KMnO_4 + 2H_2O = MnO_2 + 3O_2 + 4KOH \ (4)$$

$$MnO_2 + H_2SO_4 + KNO_2 = MnSO_4 + KNO_3 + H_2O \ (5)$$

$$MnO_2 + H_2O_2 + H_2SO_4 = MnSO_4 + 2H_2O + O_2 \ (6)$$

$$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2 \ (7)$$

MnO_2 в реакции (7) является катализатором. Больше кислорода выделяется при подкислении пероксида водорода (судя по коэффициентам реакции).

$$2KMnO_4 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + Mn_2O_7 + H_2O \ (8)$$

$$2Mn_2O_7 = 4MnO_2 + 3O_2 \ (\text{при } 0^oC) \ (9\text{-}1)$$

$$Mn_2O_7 = Mn_2O_3 + 2O_2 \ (\text{выше } 55\ ^oC) \ (9\text{-}2)^*$$

Выделение газа наблюдается в реакциях (1), (2) и (4). Этот газ – кислород.

Используем уравнение Менделеева-Клайперона:

$$pV = nRT$$

При n = 1 моль получим: $pV_M = RT$

$$V_M = RT/p$$

Приведем температуру и давление к термодинамическим единицам измерения:

$$T = 40 + 273 = 313\ K$$

$$p = 800 \cdot 101325/760 = 106658\ Па$$

$$V_M = 8{,}314 \cdot 313/106658 = 0{,}0244\ м^3 = 24{,}4\ л$$

Найдем количество перманганата калия вступившего в реакцию:

$$n(KMnO_4) = 39{,}5/158 = 0{,}25\ моль$$

В уравнении (1):

$$n(O_2) = n(KMnO_4)/2 = 0{,}125\ моль$$

$$V(O_2) = 0{,}125 \cdot 24{,}4 = 3{,}05\ л$$

В уравнении (2):

$$n(O_2) = n(KMnO_4)/4 = 0{,}063\ моль$$

$$V(O_2) = 0{,}063 \cdot 24{,}4 = 1{,}54\ л$$

В уравнении (4):

$$n(O_2) = 3 \cdot n(KMnO_4)/4 = 0{,}19\ моль$$

$$V(O_2) = 0{,}19 \cdot 24{,}4 = 4{,}64\ л$$

Разбалловка

Написание уравнений (1) – (6)	6·0,5 б. = 3 б.
Написание уравнений (7) – (9)	3·1 б. = 3 б.
Расчет объема кислорода в реакциях (1), (2), (3)	3·1 б. = 3 б.
Оптимизация процесса расчета**	1 б
ИТОГО	10 б.

*В 1 балл оценивается любое из двух приведенных уравнений.

**Под оптимизацией понимается ход решения, который сокращает количество повторяющихся действий. В приведенном решении использование молярного объема кислорода при заданных условиях позволяет сократить вычисления, связанные с переводом объема кислорода из нормальных условий в заданные. Возможны варианты путей оптимизации.

Задача №11-3

1. Так как соль **А** окрашивает пламя в желтый цвет, можно предположить, что это натриевая соль

2. Газ **В** является углекислым газом CO_2, что соответствует приведённой в условии его молярной массе 44 г/моль.

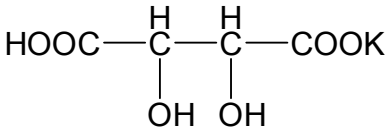
3. Количество углекислого газа равно $\nu(CO_2) = 0{,}448\ л / 22{,}4\ л/моль = 0{,}02$ моль (448 $см^3 = 0{,}448$ л)**.**

4. Так соли А и Б взяты в эквимолекулярном количестве предположим, что количество CO_2 равно количеству каждой соли. $\nu(CO_2) = \nu(\mathbf{A}) = \nu(\mathbf{Б})$**.**

5. Таким образом, одной из солей будет являться соль угольной кислоты (карбонат или гидрокарбонат). Если соль карбонат натрия, $M(Na_2CO_3) = 106$ г/моль, тогда $m(Na_2CO_3) = 106$ г/моль $\cdot$ 0,02 моль = 2,12 г. Если соль гидрокарбонатом натрия,

$M(NaHCO_3)$ = 84 г/моль, m $(NaHCO_3)$ = 84 г/моль · 0,02 моль = 1,68 г, что соответствует условию задачи. Соль **А** – гидрокарбонат натрия $NaHCO_3$.

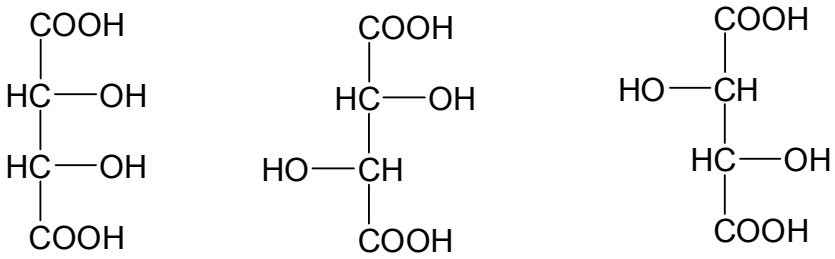
6. Определим соль **Б**. Название соли «винный камень» соответствует кислой калиевой соли винной кислоты.



M (соли Б) = 3,76 г / 0,02 моль = 188 г/моль, то есть удовлетворяет условию задачи.

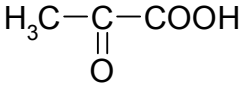
7. Вещество **Д** – винная кислота (2,3-дигидроксибутандиовая кислота)

Известны три стереоизомерные формы винной кислоты: *мезо*-форма (мезовинная кислота), D-(-)-энантиомер и L-(+)-энантиомер:

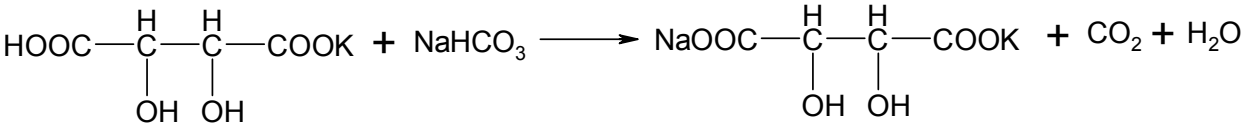


Мезовинная кислота L-(+)-энантиомер D-(–)- энантиомер

8. Кислота **Е** – пировиноградная кислота (2-оксопропановая кислота).



9. Реакция между солями **А** и **Б**



m (безводной соли **Г**) = 5,64 г × (1 – 0,2553) = 4,2 г , тогда M (соли **Г**) = 4,2 г / 0,02 моль = 210 г/моль, что соответствует тартрату калия-натрия

Разбалловка

Установление соединений А – Е		1·1 б. = 6 б.
Реакция между А и Б		1 б.
Стереоизомеры соединения Д		3·1 б. = 3 б.
	ИТОГО	10 б.

Задача № 11-4

См. задачу №10-5

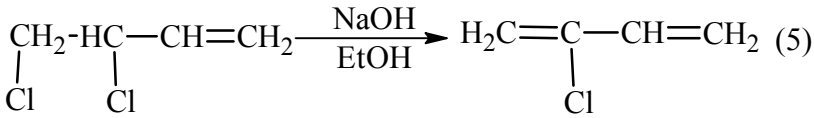
Задача №11-5

1. **А**: $H_2C{=}CH{-}CH{=}CH_2$ бутадиен-1,3
   Б: $ClCH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2Cl$ 1,4-дихлорбутен-2

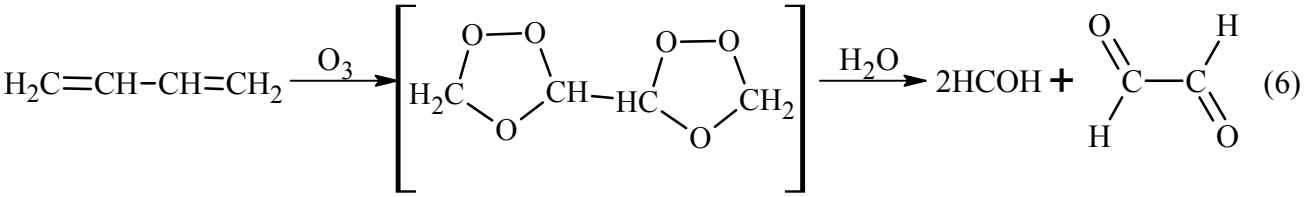
В: $ClCH_2–CHCl–CH=CH_2$ 3,4-дихлорбутен-1
Г: $HOOC(CH_2)_4COOH$ гександиовая кислота
Д: $H_2N(CH_2)_6NH_2$ 1,6-гександиамин
Е: $H_2C=CCl–CH=CH_2$ 2-хлорбутадиен-1,3

2. $ClCH_2–CH=CH–CH_2Cl + 2KCN \rightarrow NCCH_2–CH=CH–CH_2CN + 2KCl$ (1)
$NCCH_2–CH=CH–CH_2CN + H_2 \rightarrow H_2NCH_2CH_2–CH_2–CH_2–CH_2CH_2NH_2$ (2)

$$NCCH_2CH_2CH_2CH_2CN + 4H_2O \xrightarrow{H^+} HOOCCH_2CH_2CH_2CH_2COOH + 2NH_4^+ \quad (3)$$

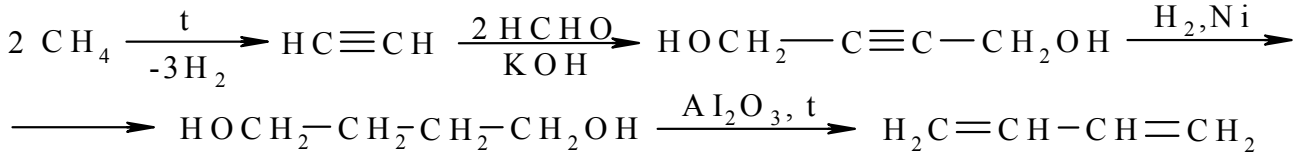
3. 

(5)

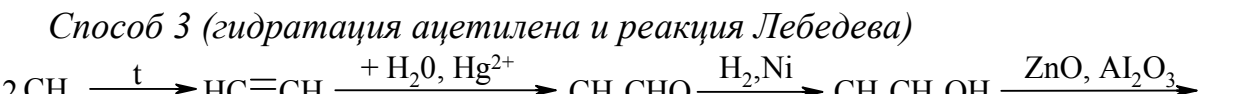


(6)

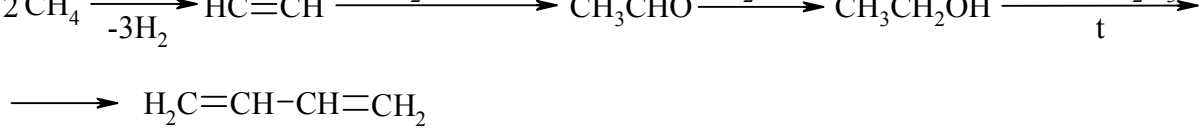
4. *Способ 1(формилирование ацетилена)*



Способ 2 (димеризация ацетилена)



Способ 3 (гидратация ацетилена и реакция Лебедева)



Разбалловка

Структурные формулы соединений **А** – **Е**	6·0,5 б. = 3 б.
Структурные формулы соединений **А** – **Е**	6·0,5 б. = 3 б.
Написание уравнений (1) – (6)	6·0,5 б. = 3 б.
Способ получения **А**	1 б.
ИТОГО	10 б.