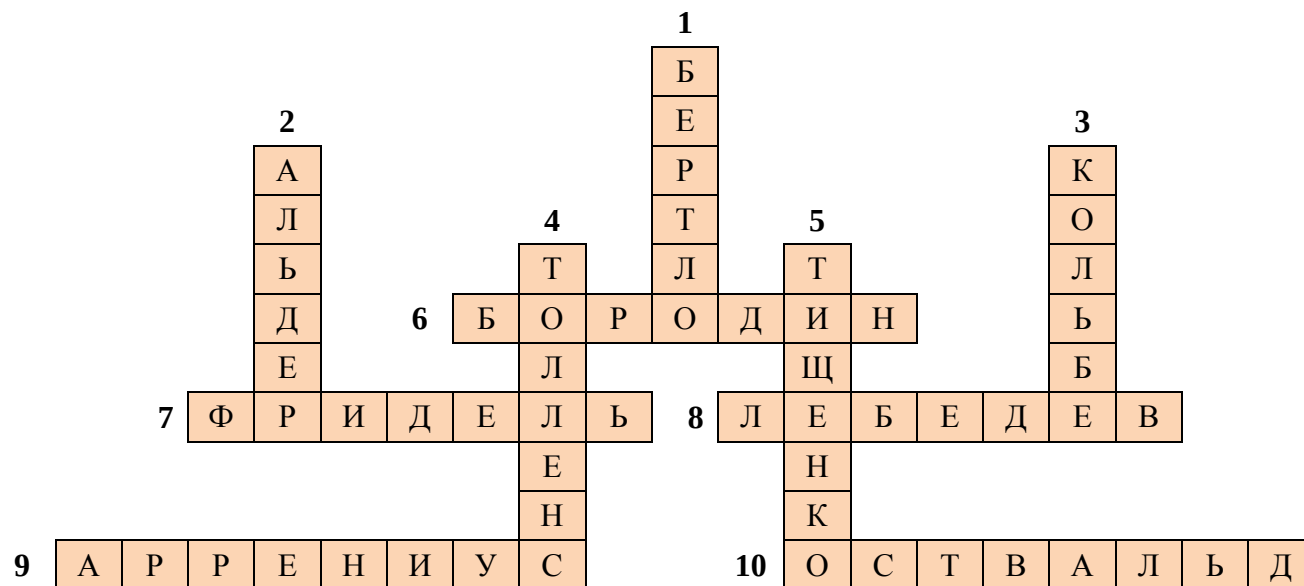




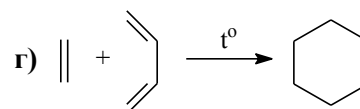
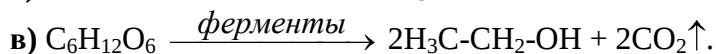
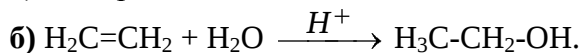
50-я Всесибирская открытая олимпиада школьников
Заключительный этап 2011-2012 уч. года
Решения по химии
10 класс



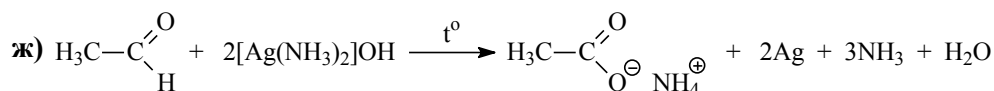
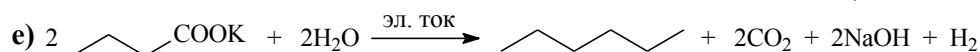
Задание 1. (авторы Морозов Д.А., Ильин М.А.).



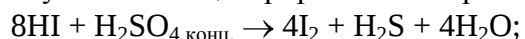
а) Дмитрий Иванович Менделеев.



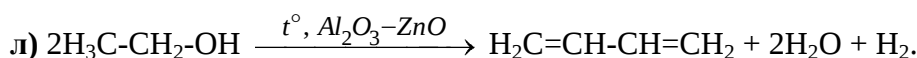
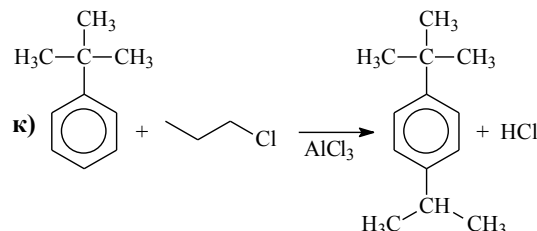
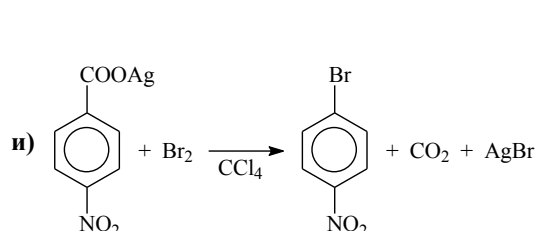
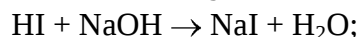
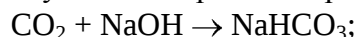
д) Дильс.



з) Осушение концентрированной серной кислотой: можно осушить только CO_2 и Cl_2 .



Осушение твердым гидроксидом натрия: можно осушить только NH_3 .



м) Сильные электролиты: например, все растворимые соли (NaCl , K_2SO_4 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ и т.д.), щелочи (NaOH , $\text{Ba}(\text{OH})_2$ и т.д.), некоторые кислоты (HNO_3 , HCl , H_2SO_4 и др.).

Слабые электролиты: например, большинство органических карбоновых кислот (CH_3COOH , $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ и др.), аммиак ($\text{NH}_3 \text{ водн.}$), органические амины (CH_3NH_2 , $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$ и др.).

Неэлектролиты: например, углеводы (глюкоза, сахароза и др.), дистиллированная вода.

$$н) K_a = \frac{c\alpha^2}{1-\alpha}$$

Система оценивания:

Фамилии ученых в кроссворде	0,5 б. $\times 10 = 5$ баллов
Ответ в пункте а (фамилия + имя + отчество)	0,5 б. $\times 3 = 1,5$ балла
Уравнения реакций в пунктах б, в, г, е, ж, и, к, л (с указанием всех условий)	1 б. $\times 8 = 8$ баллов
Уравнения реакций в пункте з (обоснование невозможности осушения)	1 б. $\times 5 = 5$ баллов
Ответы в пунктах д, н	0,5 б. $\times 2 = 1$ балл
Ответы в пункте м (по одному примеру электролитов и неэлектролита)	0,5 б. $\times 3 = 1,5$ балла
Всего	22 балла

Задание 2. (авторы Чубаров А.С., Емельянов В.А.).

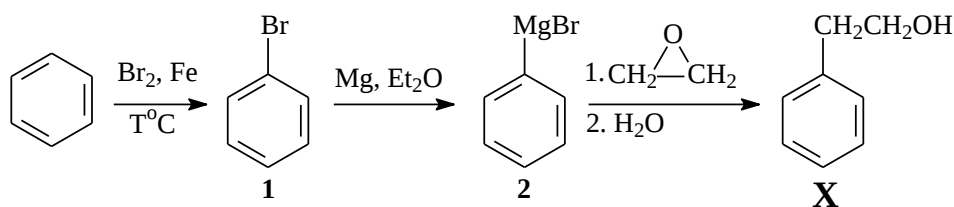
- Уравнения ядерных реакций: $^{10}_5\text{B} + ^1_0\text{n} = ^{11}_5\text{B}$ [1] и $^{11}_5\text{B} = ^7_3\text{Li} + ^4_2\alpha$ (или ^4_2He) [2].
- Для однократной терапии пациента массой 80 кг потребуется приблизительно $80 \cdot 10^3 \cdot 44 \cdot 10^{-6} / 4 = 880 \cdot 10^{-3} \text{ г} = 880 \text{ мг}$ бора-10. В препарате ортокарборане состава $\text{C}_2^{10}\text{B}_{10}\text{H}_{12}$ массовая доля бора-10 составляет $10 \cdot 10 / (2 \cdot 12 + 10 \cdot 10 + 1 \cdot 12) = 0,735$. Следовательно, больному перед облучением следует ввести $880 / 0,735 = 1197 \text{ мг}$ или приблизительно 1,2 г ортокарборана. При этом в опухоль массой 2 г попадет $44 \cdot 10^{-6} \cdot 2 = 88 \cdot 10^{-6} \text{ г}$ бора-10, которые будут содержать $88 \cdot 10^{-6} / 10 = 8,8 \cdot 10^{-6}$ молей бора или $6,02 \cdot 10^{23} \cdot 8,8 \cdot 10^{-6} = 5,3 \cdot 10^{18}$ атомов. Уравнения ядерных реакций $^1_1\text{H} + ^1_0\text{n} = ^2_1\text{H}$ (или D) [3] и $^{14}_7\text{N} + ^1_0\text{n} = ^1_1\text{p} + ^{14}_6\text{C}$ [4].
- Уравнения реакций: $^7_3\text{Li} + ^1_1\text{p} = ^1_0\text{n} + ^7_4\text{Be}$ [5], $6\text{Li} + \text{N}_2 = 2\text{Li}_3\text{N}$ [6], $4\text{Li} + \text{O}_2 = 2\text{Li}_2\text{O}$ [7], $2\text{Li} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{LiOH} + \text{H}_2\uparrow$ [8].
- Уравнение ядерной реакции: $^7_4\text{Be} + ^0_{-1}\text{e} = ^7_3\text{Li}$ [9]. Снижение содержания радиоактивных ядер в 64 раза означает, что $N_0/N = 64$ или $N/N_0 = 1/64$. Из уравнения, приведенного в условии получаем, что $1/64 = (1/2)^{t/t_{1/2}}$ или $64 = 2^{t/t_{1/2}}$. Поскольку $64 = 2^6$, следовательно $t/t_{1/2} = 6$, откуда $t = 6 \cdot 54 = 324$ дня. Можно посчитать и подбором: за 1 период полураспада содержание уменьшается в 2 раза, за 2 – в 4, за 3 – в 8, за 4 – в 16, за 5 – в 32, за 6 – в 64.
- Примем природное содержание изотопа ^6Li за x , тогда содержание изотопа ^7Li будет $(1-x)$. Составим уравнение: $x \cdot 6 + (1-x) \cdot 7 = 6,941$, решая которое, получим $x = 0,059$ или около 6 %. Так как α -частицы и ядра трития получаются только в ходе облучения природного лития, значит, они являются продуктами реакции ^6_3Li с протонами или выделяющимися в реакции [5] нейтронами. В первом случае не соблюдается баланс зарядов, а во втором – все сходится. Уравнение реакции: $^6_3\text{Li} + ^1_0\text{n} = ^3_1\text{T} + ^4_2\text{He}$ или $^3_1\text{H} + ^4_2\alpha$ [10].

Система оценивания:

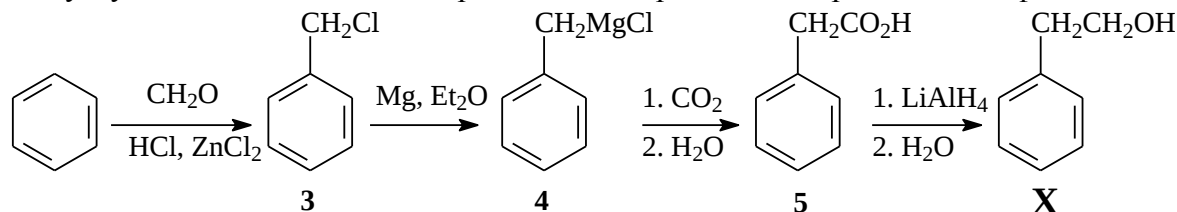
1. Уравнения реакций по 1 б	$2 \cdot 16 = 2$ б;
2. Уравнения реакций по 1 б, расчеты а), б), в) по 2 б	$2 \cdot 16 + 3 \cdot 26 = 8$ б;
3. Уравнения реакций по 1 б	$4 \cdot 16 = 4$ б;
4. Уравнение реакции 1 б, расчет времени 2 б	$16 + 26 = 3$ б;
5. Расчет 2 б, уравнение реакции 1 б	$26 + 16 = 3$ б;
Всего	20 баллов

Задание 3. (авторы Конев В.Н., Ильин М.А.).

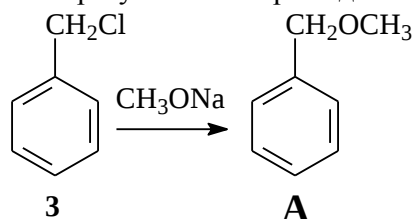
1-2. В результате реакции электрофильного ароматического бромирования бензола (в которой катализатором служит трибромид железа, образующийся при взаимодействии железа с бромом) получается бромбензол 1. Бромбензол реагирует с магнием в абсолютном диэтиловом эфире, что приводит к образованию фенилмагнибромидов 2. При действии фенилмагнибромидов на этиленоксид раскрывается оксирановое кольцо окиси этилена и после гидролиза образуется 2-фенилэтанол (фенетиловый спирт) X.



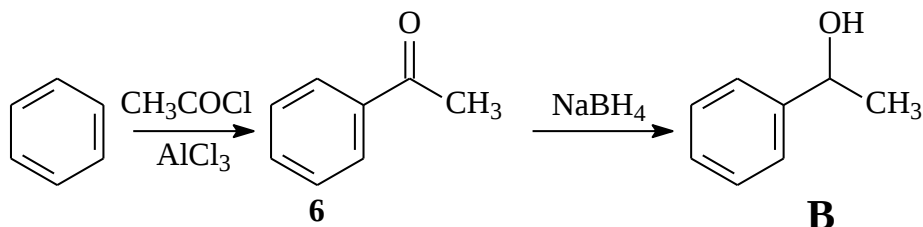
При взаимодействии бензола с формальдегидом в присутствии соляной кислоты и хлорида цинка в качестве катализатора образуется бензилхлорид **3**. Реакция между бензилхлоридом и магнием в абсолютном диэтиловом эфире приводит к образованию бензилмагнийхлорида **4**, который присоединяет углекислый газ и после гидролиза превращается в фенилуксусную кислоту **5**. Восстановление фенилуксусной кислоты алюмогидридом лития приводит к образованию 2-фенилэтанола **X**.



3. При действии метилата натрия на хлористый бензил **3** происходит нуклеофильное замещение атома хлора на метокси-группу, в результате образуется изомер соединения **X** – метилбензиловый эфир **A**.

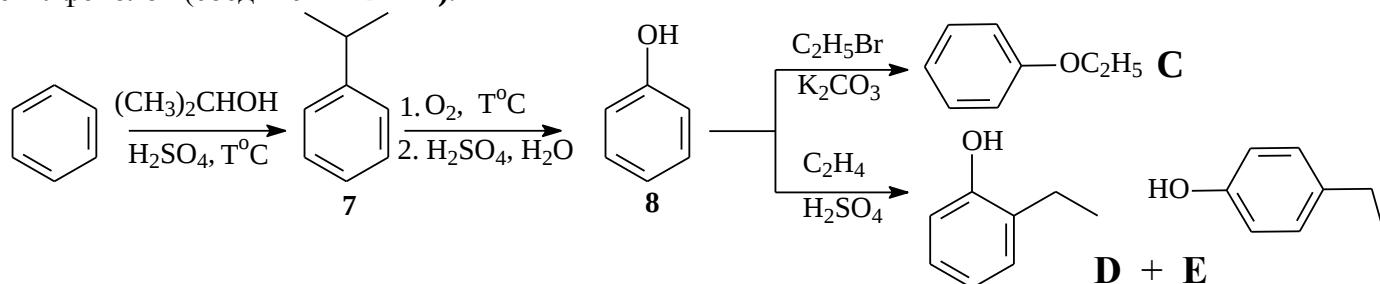


Взаимодействие хлористого ацетила с бензолом, катализируемое хлоридом алюминия, представляет собой реакцию ароматического электрофильного замещения и приводит к образованию ацетофенона **6**. Образовавшийся ацетофенон восстанавливается тетрагидридоборатом натрия и получается 1-фенилэтанол **B**.

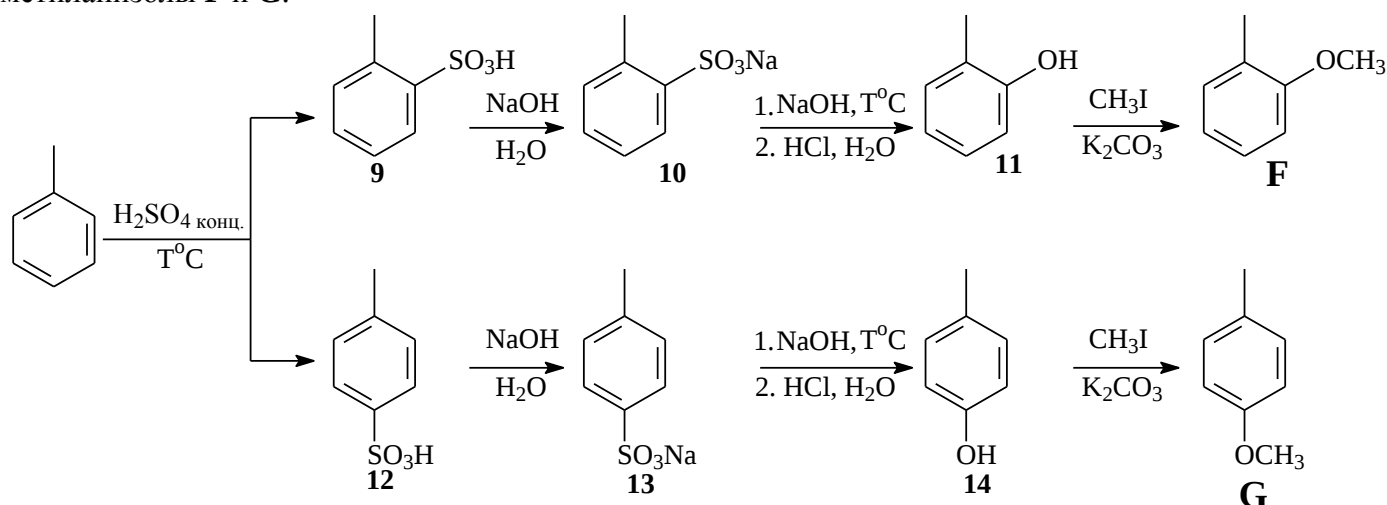


При алкилировании бензола изопропанолом в присутствии концентрированной серной кислоты получается кумол **7**. Окисление кумола кислородом воздуха и последующее расщепление образующегося гидропероксида кумола раствором серной кислоты является промышленным способом получения ароматического соединения **8** – фенола (и ацетона в качестве неароматического продукта). Алкилирование фенола бромистым этилом в присутствии основания (карбоната калия) является реакцией нуклеофильного замещения, при этом образуется фенетол **C**.

При алкилировании фенола этиленом в присутствии H_2SO_4 образуется смесь *o*- и *p*-этилфенолов (соединения **D** и **E**).



При сульфировании толуола образуется смесь *o*- и *p*-толуолсульфокислот **9** и **12**. Обработка этих кислот водным раствором щелочи приводит к образованию соответствующих натриевых солей **10** и **13**. Нагревание этих солей с твердой щелочью приводит к образованию метилфенолов **11** и **14**. В результате взаимодействия метилфенолов **11** и **14** с иодистым метилом получают метиланизолы **F** и **G**.



Система оценивания:

1. Структурная формула и название вещества **X** 1 б. $\times 2 = 2$ балла
 2. Структурные формулы соединений **1-5** 1 б. $\times 5 = 5$ баллов
 3. Структурные формулы соединений **A-G** и **6-14** 1 б. $\times 16 = 16$ баллов
- Всего** 23 балла

Задание 4. (автор Панов М.С.).

1. В 100 г сплава будет содержаться 26,68 г Nd, 1 г В и $100 - 26,68 - 1 = 72,32$ г Fe. Количество элементов в молях составит $26,68/144,24 = 0,185$, $1/10,811 = 0,0925$, $72,32/55,847 = 1,295$. Мольное соотношение Nd : В : Fe = $0,185 : 0,0925 : 1,295 = 2 : 1 : 14$, т.е. состав сплава $\text{Nd}_2\text{BFe}_{14}$. При содержании неодима в сплаве $0,2668 = m/M$ масса этого сплава, необходимая для извлечения 1,00 кг = 1000 г неодима, составит $M = 1000/0,2668 = 3748$ г. Неодима в молях в этой массе сплава будет $1000/144,24 = 6,93$ моль, бора в 2 раза меньше, а железа в 7 раз больше (см. состав сплава). Общее количество атомов в этом сплаве будет равно $6,02 \cdot 10^{23} \cdot 6,93 \cdot (1 + \frac{1}{2} + 7) = 3,55 \cdot 10^{25}$ штук.

2. Общая формула оксида M_2O_x . Массовая доля кислорода $\omega = 16x/(2M+16x) = 0,381$. Отсюда $16x = 0,381 \cdot (2M+16x) = 0,762M + 6,096x$ или $0,762M = 16x - 6,096x$. Отсюда $M = 9,904x/0,762 = 13x$. Составим таблицу, перебирая степени окисления:

x	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8
M, г/моль	13(?)	26(?)	39(K?)	52(Cr)	65(Zn?)	78(Se?)	91(Zr?)	104(?)

Единственный подходящий вариант – Cr (металл **М**), формула оксида **A** – CrO_2 . К тому же выводу можно прийти, используя закон Дальтона для трех оксидов хрома **A**, **Б**, **В**.

По условию, в 22,4 л CrO_2 содержится ~1268 моль этого вещества, которые весят $(52+2 \cdot 16) \cdot 1268 = 106512$ г. Плотность CrO_2 найдем, разделив его массу на объем: $\rho = 106512/22,4 = 4755$ г/л или 4,755 г/см³. Объем магнитного слоя на ленте составляет $10 \cdot 10^{-6} \cdot 3,8 \cdot 10^{-3} \cdot 135 = 5,13 \cdot 10^{-6}$ м³ или 5,13 см³. Масса CrO_2 $m = 5,13 \cdot 4,755 = 24,4$ г. В 100 г оксида **A** содержится 38,1 г О и $100 - 38,1 = 61,9$ г Cr. Мольное соотношение $38,1/16 : 61,9/52 = 2,38 : 1,19 = 2 : 1$

3. Составы оксидов **Б** и **В** считаем, зная, что металл – хром. В 100 г **Б** содержится 52 г хрома и 48 г кислорода, следовательно, их мольное соотношение: $\text{Cr} : \text{O} = 52/52 : 48/16 = 1 : 3$, откуда **Б** – CrO_3 . Для **В**: $\text{Cr} : \text{O} = 68,4/52 : 31,6/16 = 1,32 : 1,975 = 1 : 1,5$ или $2 : 3$, откуда **В** – Cr_2O_3 . Уравнение реакции [1]: $\text{CrO}_3 + \text{Cr}_2\text{O}_3 = 3\text{CrO}_2$.

4. Даже если Вы не посчитали точные составы оксидов, то достаточно посмотреть на реакцию [2]: оксид с большим содержанием О превращается в другой оксид с меньшим содержанием О и выделяется какой-то газ. Отсюда следует, что газом Д является кислород. Желтовато-зеленый газ Е с резким запахом с плотностью 3,165 г/л при н.у имеет молярную массу $3,165 \cdot 22,4 = 70,9$ г/моль, что однозначно указывает на хлор. Отсюда следует, что соединение Г содержит в своем составе атомы хлора – это и есть третий элемент. Зная массовые доли всех элементов, рассчитаем состав Г: $\text{Cr} : \text{O} : \text{Cl} = 33,57/52 : 20,66/16 : (100-33,57-20,66)/35,45 = 0,646 : 1,291 : 1,291 = 1 : 2 : 2$, откуда Г – CrO_2Cl_2 . Уравнения реакций: $2\text{CrO}_3 = 2\text{CrO}_2 + \text{O}_2$ [2], $\text{CrO}_2\text{Cl}_2 = \text{CrO}_2 + \text{Cl}_2$ [3].

5. Уравнения реакций: $2\text{CrO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ [4]; $\text{CrO}_3 + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ [5]; $2\text{CrO}_3 + 12\text{HCl}_{(\text{к})} = 2\text{CrCl}_3 + 6\text{H}_2\text{O} + 3\text{Cl}_2 \uparrow$ [6], $4\text{CrO}_3 + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 2\text{Cr}_2\text{O}_3 + 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ [7]; $2\text{CrO}_2\text{Cl}_2 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 4\text{HCl}$ [8].

Система оценивания:

1. Расчеты соотношения, массы сплава, количества атомов по 2 б	3*2б = 6 б;
2. Выход на металл 2 б, формула оксида 1 б, масса вещества 2 б, его плотность 2 б	1б+3*2б = 7 б;
3. Формулы оксидов по 1 б, уравнение реакции 1 б	2*1б+1б = 3 б;
4. Формулы газов и вещества Г по 1 б, уравнения реакций по 1 б	3*1б+2*1б = 5 б;
5. Уравнения реакций по 1 б	5*1б = 5 б;
Всего	26 баллов

Задание 5. (автор Сапарбаев Э.С.).

1. В условии задачи описан процесс открытия фосфора (элемент Х) и свойства белого фосфора Р₄ (вещество А). Уравнения реакций (для простоты формулу А будем записывать как Р):

А→В: $4\text{P} + 5\text{O}_2 = 2\text{P}_2\text{O}_5$; **А→С:** $\text{P} + 5\text{HNO}_3 = \text{H}_3\text{PO}_4 + 5\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$; **В→С:** $\text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_3\text{PO}_4$;

В→Г: $\text{P}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HPO}_3$; **С→Д:** $2\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{H}_2\text{O}$;

Д→С: $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{HNO}_3 = 2\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; **Д→Е:** $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 8\text{C} = 8\text{CO} + \text{Ca}_3\text{P}_2$;

Д→А: $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 3\text{SiO}_2 + 5\text{C} = \text{CaSiO}_3 + 2\text{P} + 5\text{CO}$; **А→Л:** $2\text{P} + 5\text{Cl}_2 = 2\text{PCl}_5$;

Л→С: $\text{PCl}_5 + 4\text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{PO}_4 + 5\text{HCl}$; **Г→С:** $\text{PH}_3 + 8\text{HNO}_3 = \text{H}_3\text{PO}_4 + 8\text{NO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$;

Е→Г: $\text{Ca}_3\text{P}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 3\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{PH}_3$; **Е→Г:** $\text{Ca}_3\text{P}_2 + 6\text{HCl} = 3\text{CaCl}_2 + 2\text{PH}_3$;

Г→Н: $\text{HPO}_3 + \text{NaOH} = \text{NaPO}_3 + \text{H}_2\text{O}$; **С→Г:** $\text{H}_3\text{PO}_4 + 1\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = (\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$;

Г→И: $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4 = \text{NH}_4\text{PO}_3 + \text{H}_2\text{O}$; **И→Н:** $\text{NH}_4\text{PO}_3 + \text{NaOH} = \text{NaPO}_3 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$;

Г→С: $\text{HPO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{PO}_4$.

2. **В** – P_2O_5 (оксид фосфора (V)); **С** – H_3PO_4 (ортофосфорная кислота);

Д – $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (ортофосфат кальция); **Е** – Ca_3P_2 (фосфид кальция); **Г** – PH_3 (фосфин);

Г – HPO_3 (метафосфорная кислота); **Н** – NaPO_3 (метафосфат натрия);

Г – NH_4PO_4 (метафосфат аммония); **И** – $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$ (дигидроортофосфат аммония);

Л – PCl_5 (пентахлорид фосфора).

3. Уравнение реакции: $8\text{P} + 3\text{Ba}(\text{OH})_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{PH}_3 \uparrow + 3\text{Ba}(\text{H}_2\text{PO}_2)_2$ (**К** - гипофосфит бария).

4. Молярная масса PCl_5 составляет 208,5 г/моль, следовательно, для растворения взяли $4,17/208,5 = 0,02$ моля пентахлорида фосфора. По уравнению реакции **Л→С** образуется 0,1 моль HCl и 0,02 моля H_3PO_4 . Концентрация HCl 1 моль/л, концентрация H_3PO_4 0,2 моль/л. Диссоциация фосфорной кислоты в этих условиях идет менее, чем на 0,7 %, т.к. $7 \cdot 10^{-3} = 1 \cdot [\text{H}_2\text{PO}_4^-]/[\text{H}_3\text{PO}_4]$, поэтому ее вкладом в рН можно пренебречь. Следовательно, в полученном растворе $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] \approx -\lg 1 = 0$.

Система оценивания:

1. Элемент Х, вещество А (белый фосфор, если просто фосфор, то 0 б) по 1 б	2*1б = 2 б;
Уравнения реакций по 0,5 б	18*0,5б = 9 б;
2. Названия веществ В-Л по 0,5 б	10*0,5б = 5 б;
3. Название соли 1 б, уравнение реакции 1 б	2*1б = 2 б;
4. Оценка рН 3 б	3 б
Всего	21 балл