Министерство образования и науки Республики Башкортостан
Ассоциация Наставников Олимпиадного Движения (АНОД)

Материалы заключительного этапа Республиканской олимпиады юниоров по химии 2021-2022 сезон

Уфа 2022

Республиканская олимпиада юниоров по химии

Заключительный этап

2021-2022

Дорогой друг!

Мы очень рады, что ты решил проявить себя в олимпиадном движении по химии. Это увлекательный путь к самосовершенствованию, развитию своего кругозора и лучшему пониманию мира, в котором мы живём.

Обратите внимание: решение каждой задачи оформляется на отдельном бланке ответов, так же не забудьте указать номер задачи в верхнем правом углу. Пишите разборчиво и будьте внимательны: учитывайте, что именно от вас требуется в вопросе; не забывайте о подтверждении расчетами, где это требуется. Будьте уверены, каждый из вас может решить какую-то часть задачи. При возникновении трудностей переходите к следующим заданиям – вернетесь в конце, если у вас останется время.

Желаем вам интересной олимпиады и плодотворного участия!

Задание 1. Кроссворд

Именная задача АО “ПОЛИЭФ”

ПАО “СИБУР Холдинг”

Сжигать нефть — всё равно,
что топить печку ассигнациями.

Д.И. Менделеев

До сих пор основным направлением использования нефти, газа и продуктов их переработки остается сжигание для получения энергии. Долгое время попутный нефтяной газ (ПНГ) буквально сжигали на месторождениях при выходе из недр! Однако давно было показано, что глубокая переработка нефти, газа является более рентабельной: не только удешевляет производство, но и уменьшает выбросы парниковых газов. Это и лежит в основе деятельности компании “СИБУР” — крупнейшей нефтехимической компании России.

Главные продукты переработки - полимеры, находящие применение в самых разных областях человеческой деятельности.

В этой задаче вам предстоит отгадать кроссворд, связанный с деятельностью АО «ПОЛИЭФ» — Благовещенской площадки ПАО «СИБУР Холдинг». Ответы перепишите на лист с Вашими решениями в формате «номер – слово».

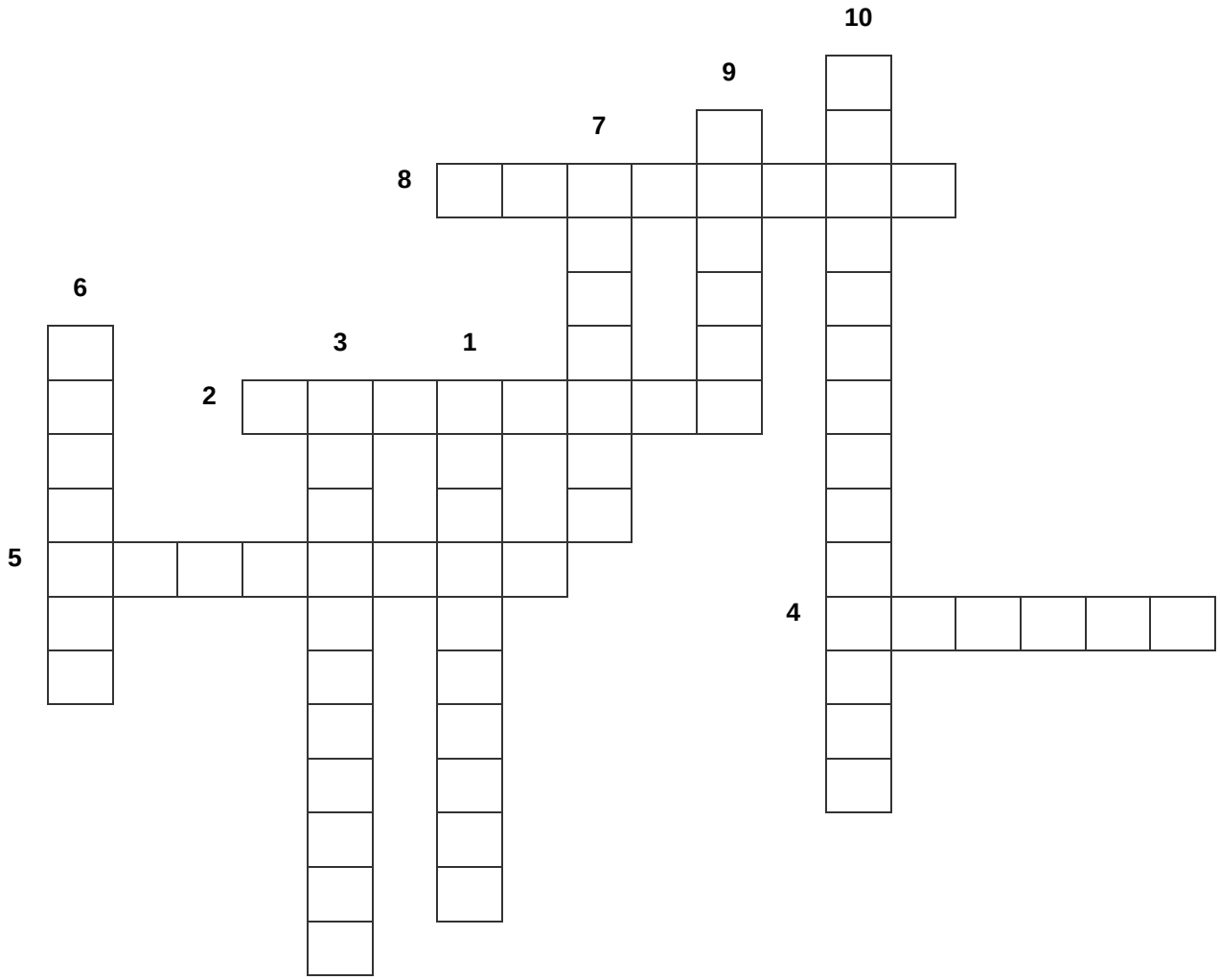
1. Доклад Международного энергетического агентства на конференции ООН по климату (ноябрь 2021 г.) неутешителен - из-за выбросов парниковых газов в будущем придется резко уменьшить энергозатраты: ограничить отопление жилых домов, снизить температуру горячей воды, отказаться от личных автомобилей и полетов на далекие расстояния. Между тем переработка ПНГ вместо его сжигания позволяет компании ежегодно предотвращать попадание в атмосферу более 70 млн тонн этого парникового газа.
2. Производственный процесс ПОЛИЭФ включает в себя окисление п-ксилола в терефталевую кислоту. Большой выход в процессе достигается за счет активного участия растворителя — этой кислоты (CH_3COOH), которую в разбавленном виде применяют как пищевой консервант.
3. В промышленных процессах часто используются эти специальные вещества, ускоряющие реакцию, но не расходующиеся в ней.
4. В проведении указанного выше процесса окисления пара-ксилола таким веществом выступает, например, соль $Co(CH_3COO)_2$. Укажите её название.
5. Для ускорения окисления добавляется и соль этого переходного металла. Он интересен тем, что образует множество разнообразно окрашенных соединений, а фиолетово-розовые растворы одного из них долгое время использовались в антисептических целях, но теперь это его соединение в аптеке уже не найти.
6. Главным продуктом АО “ПОЛИЭФ” является полиэтилентерефталат (ПЭТФ), составляющий основу одного из видов пластмассы, находящей применение при изготовлении бутылок, упаковки, пленок, волокон. ПЭТФ относится к этому классу веществ, представляющих собой последовательность повторяющихся звеньев.
7. В 2021 г. на ПОЛИЭФе завершена установка фотоэлектрических модулей новой солнечной электростанции, запуск которой позволит увеличить долю «зеленой» электроэнергии в энергобалансе компании и сократить углеродный след производства. В основе наиболее популярных моделей солнечных

панелей - этот элемент, занимающий второе место в земной коре по распространенности.

8. При помощи этих крошечных организмов на предприятии ПОЛИЭФ осуществляется очистка сточных вод от органических загрязнителей.

9. В лабораторных условиях терефталевую кислоту в чистом виде можно получать через её натриевую соль прибавляя к ней эту кислоту - сильную, широко используемую, ранее известную как “купоросное масло”.

10. На предприятии ПОЛИЭФ внедряется производство пластика с добавлением ПЭТ из использованной пищевой упаковки - "Зелёная гранула". Укажите название одной из стадий этого процесса, представляющей собой образование твердой фазы из жидкого расплава, полученного из вторичного и первичного пластика.



Задание II. Все дороги ведут в Нефтекамск

Именная задача УГНТУ

Расстояние на машине между городами Уфа – Нефтекамск составляет **214 км**. Расход бензина автомобиля LADA Granta равен 6 литров на 100 км. Плотность бензина **0,71 г/см^3**. Удельная теплота сгорания бензина **44 кДж/кг**.

1. Рассчитайте массу и объем бензина необходимого для поездки;
2. Сколько теплоты выделит двигатель, если его коэффициент полезного действия составляет **35%** (35% энергии, выделяемой при сгорании бензина, уходит на движение)?

В качестве присадки к бензину, улучшающей его октановое число и антидетонационные характеристики, долгое время добавлялся тетраэтилсвинец $\boldsymbol{Pb(C_2H_5)_4}$. Однако при его сгорании в двигателе выделяется ядовитый для человека оксид свинца с массовой долей кислорода **7,17%**, вследствие чего в настоящее время от его использования отказались. Максимально допустимое содержание присадки в расчете на свинец как химический элемент в бензине АИ-95: **5 мг/л** (ГОСТ 32513)

3. Установите формулу оксида свинца;
4. Напишите реакцию сгорания тетраэтилсвинца, если кроме оксида свинца образуется $\boldsymbol{CO_2}$ и $\boldsymbol{H_2O}$
5. Рассчитайте массу оксида свинца, который образуется в ходе поездки;

Нефть и, соответственно, нефтепродукты содержат серу, образовавшуюся в результате жизнедеятельности древних бактерий, а также при миграции нефти с природными водами. В процессе сгорания топлива сера образует оксид, содержащий в сумме 32 протона и нейтрона. Возникшее соединение серы реагирует с водяным паром, образуя кислоту, а это не лучшая среда для металлических деталей двигателя. Массовая доля серы в бензине АИ-95: **150 мг/кг** (ГОСТ 32513).

6. Напишите реакцию сгорания серы до оксида, образование кислоты и взаимодействие оксида серы с гидроксидом натрия.
7. Рассчитайте минимальный объем 10% раствора гидроксида натрия ($\rho = 1{,}09$ г/мл), который полностью поглотит полученный оксид серы.

Задание III. Отбеливатели

В состав соединений **A-D** входят три элемента: металл **X** и неметаллы **Y** и **Z.** Что интересно, вещества **A-D** между собой отличаются лишь количеством атомов **Z,** входящих в их состав. Так, в ряду **A-B-C-D** массовая доля элемента **Z** монотонно увеличивается. Вещество **A** является популярным отбеливателем, в промышленности его получают пропусканием жёлто-зелёного двухатомного газа **E**, образованного элементом **Y,** в раствор гидроксида металла **X (реакция 1).** В ходе такой реакции помимо соединения **A** и воды образуется и соль **F**, представляющая из себя бинарное (двухэлементное) соединение, образованное только элементами **X** и **Y**. В соли **F** массовая доля элемента **Y** в **1,5435** раз больше массовой доли металла **X**. Причём при пропускании **0,3006 л (н.у)** газа **E** в избыток гидроксида металла **X** в растворе образуются **0,7851 г.** вещества **F** и **1,000 г.** соединения **A**.

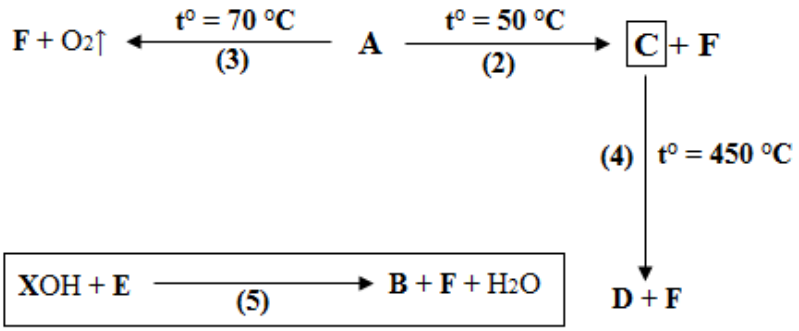
Некоторая информация по веществам **A – D** представлена в следующей таблице:

Вещество	Состав	Массовая доля **Z**, **%**
A	**XYZ**	**21,48**
B	**XYZ_2**	**???**
C	**XYZ_3**	**???**
D	**XYZ_4**	**???**
F	**XY**	**0**

<u>Вопросы и задания:</u>

1. Определите массовые доли (в **%**) элементов **X** и **Y** в соединении **F** и массовые доли элемента **Z** в веществах **B-D.**
2. Определите элементы **X, Y, Z** и формулы веществ **A-F.** Для этого приведите необходимые рассуждения и расчёты.
3. Определите степень окисления элемента **Y** в соединениях **A-F.**
4. Запищите формулы кислот, соответствующих солям **A-D,** назовите их и приведите их структурные формулы.

Далее представлена схема получений веществ **A-F,** с учётом того, что при определённых температурах и условиях при пропускании газа **E** в гидроксид металла **X,** в продуктах может оказаться соль **B** вместо соли **A**. Коэффициенты на схеме не указаны.



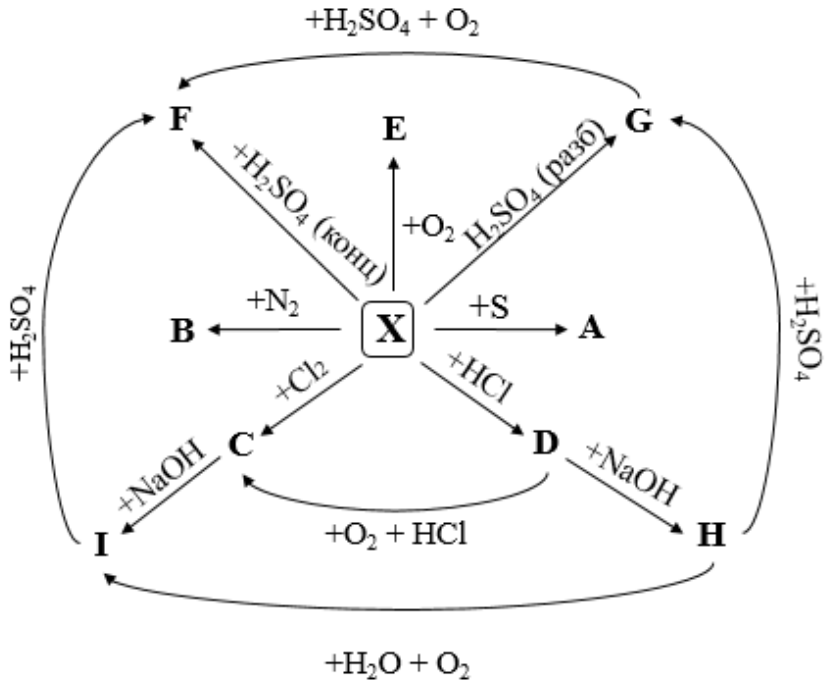
5. Запишите **уравнения реакций 1-5.**

Задание IV. Красочный металл

Название металла **X** происходит от греческого слова ***χρῶμα,*** означающее «цвет, краска» - именно из-за разнообразия цветов различных соединений этого металла не только в растворах, но и в твёрдом виде. Для **X** устойчивыми являются степени окисления +2, +3, +4 и +6. Изучите представленную в этой задаче информацию и постепенно ответьте на вопросы и выполните необходимые для решения задачи задания.

В ***схеме превращений*** все зашифрованные соединения содержат **A-I** содержат в своём составе металл **X**, причём в соединениях **A-I** он проявляет исключительно степени окисления +2 и +3.

Далее Вашему вниманию представлена схема превращений металла **X** и его соединений:



Также известно следующее:

• Вещество **E** – продукт сгорания металла **X** на воздухе, зелёный порошок. Массовая доля **X** в **E** составляет 68,42 %.

• При растворении **X** в соляной кислоте образуется голубой раствор вещества **D**, который переводится в зелено-желтоватый осадок **H**, растворимый в кислотах.

• Голубой раствор вещества **D** окисляется в зелёный раствор вещества **C** под действием соляной кислоты в присутствии кислорода.

• Вещества **A, B, C, D** и **E** – бинарные, то есть состоят только из двух элементов, а вещества **A** и **B** имеют одинаковый количественный состав – то есть одинаковое количество атомов в своих формулах. Массовая доля металла **X** в веществе **B** на 16,89 % больше, чем его массовая доля в веществе **A**.

1. Определите формулы веществ **A-I** и металла **X**. Для этого обязательно приведите необходимые расчёты и рассуждения.

2. Запишите уравнения реакций, изображённых на схеме превращений. (Всего 14 уравнений)

Если вещество **E** продолжать обрабатывать кислородом при высоком давлении образуются чёрные кристаллы бинарного вещества **J (реакция 15).** При нагревании вещества **J** до 100 градусов Цельсия образуются вещество **E** и красный порошок **K (реакция 16)**. Вещества **E, J** и **K** – состоят из одних и тех же двух атомов, но имеют разные формулы из-за разных степеней окисления металла **X**. Массовая доля **X** в **J** составляет 61,90 %, а в веществе **K** – 52,00 %.

3. Определите формулы веществ **J** и **K**. Запишите **уравнения реакций 15,16**;

Известно, что:

$$\boldsymbol{K} + H_2O \rightarrow \boldsymbol{L}$$

$$2\boldsymbol{K} + H_2O \rightarrow \boldsymbol{M}$$

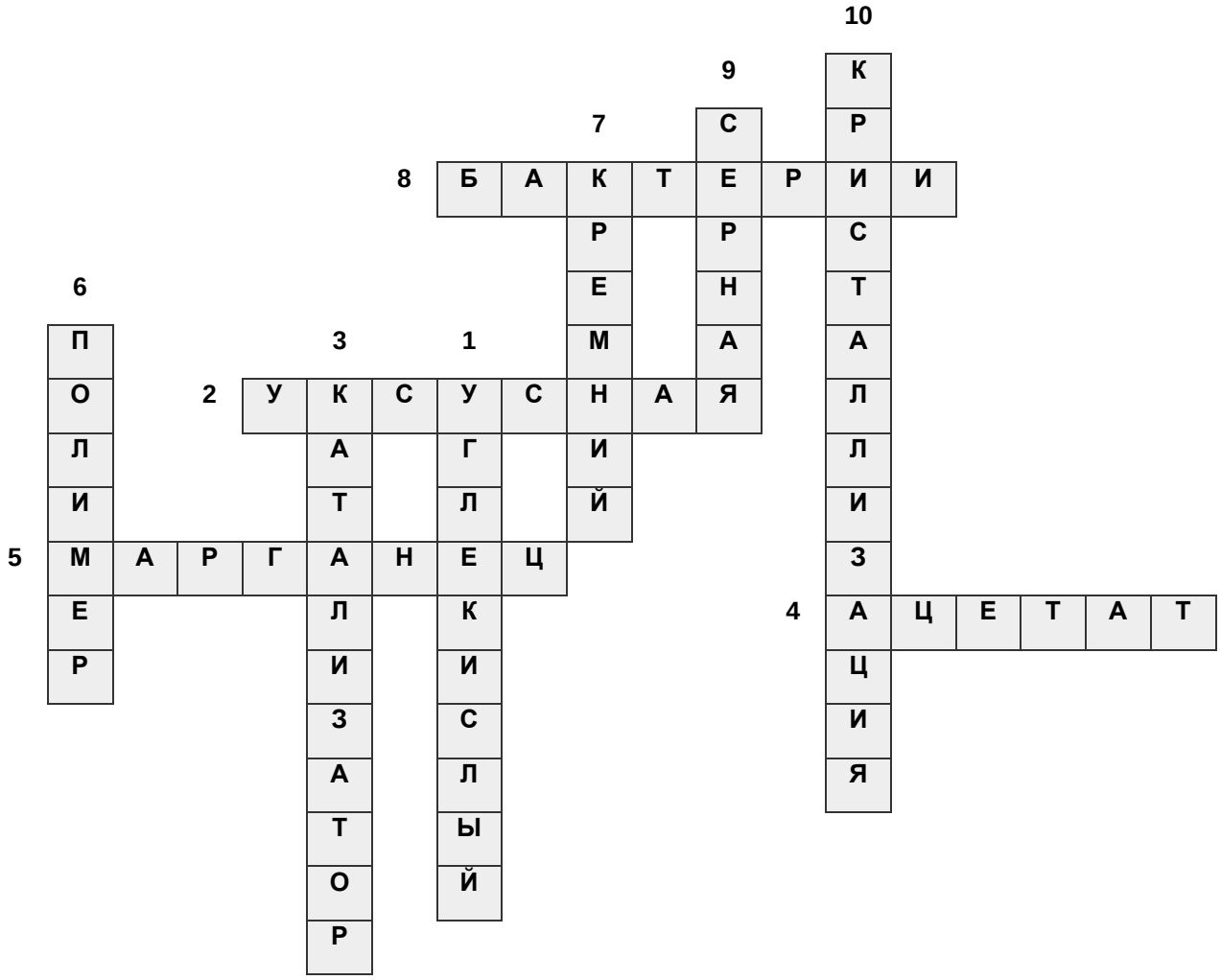
Металл **X** в кислотах **L** и **M** проявляет степень окисления +6.

4. Определите формулы кислот **L** и **M**. Как называются соли этих кислот?

РЕШЕНИЯ

Задание 1. Кроссворд

1 – углекислый; 2 – уксусная; 3 – катализатор; 4 – ацетат; 5 – марганец;
6 – полимер; 7 – кремний; 8 – бактерии; 9 – серная; 10 – кристаллизация.



Система оценивания:

1. *За каждое разгаданное слово по 1,5* *1,5*10=**15 б***

ИТОГО: ***15 баллов***

<u>Задание 2.</u> Все дороги ведут в Нефтекамск

1. Объем бензина на поездку: $V = \frac{214}{100} * 6 = \mathbf{12,84}$ л

Масса бензина: $m = V * \rho = 12{,}84 * 710 = 9116{,}4$ г $= \mathbf{9,116}$ кг

$$\rho = 0{,}71\ {}^{г}/_{см^3} = 710\ {}^{г}/_{дм^3} = 710\ {}^{г}/_{л}$$

2. Теплота сгорания бензина: $Q = 9{,}1164 * 44 = 401{,}12$ кДж

Процент энергии, выделяемый при сгорании бензина, который выделяется в виде тепла: $\eta = 100\% - 35\% = 65\%$

Количество энергии, которое выделится в виде тепла: $Q = 401{,}12 * \frac{65}{100} = \mathbf{260,73}$ кДж

3. Расчет оксида свинца по массовой доли:

<u>Способ 1:</u>

У свинца существует три оксида: $PbO; PbO_2;\ Pb_3O_4$, рассчитаем массовую долю кислорода в каждом оксиде:

$$PbO: \omega_m(O) = \frac{M(O)}{M(Pb) + M(O)} = \frac{16}{207{,}2 + 16} = 0{,}0717$$

$$PbO_2: \omega_m(O) = \frac{M(O) * 2}{M(Pb) + M(O) * 2} = \frac{16 * 2}{207{,}2 + 16 * 2} = 0{,}1338$$

$$Pb_3O_4: \omega_m(O) = \frac{M(O) * 4}{M(Pb) * 3 + M(O) * 4} = \frac{16 * 4}{207{,}2 * 3 + 16 * 4} = 0{,}0933$$

Из расчётов видно, что единственный подходящий оксид это $\boldsymbol{PbO}$.

<u>Способ 2:</u>

Молярная масса оксида на один атом кислорода и n атомов свинца:

$$M(Pb_nO_1) = \frac{M(O)}{\omega_m(O)} = \frac{16}{0{,}0717} = 223{,}15$$

$$223{,}15 = 207{,}2 * n + 16$$

$$n = 1$$

что соответствует формуле оксида $\boldsymbol{PbO}$.

4. $2Pb(C_2H_5)_4 + 27O_2 \rightarrow 2PbO + 16CO_2 + 20H_2O$

5. Масса свинца, который сгорит по дороге: $m(Pb) = 5 * 12{,}84 = 64{,}2$ мг $= 0{,}0642$ г

Количество моль свинца: $n(Pb) = \frac{0{,}0642}{207{,}2} = 0{,}00031$ моль

Так как при сгорании 1 моль свинца получается 1 моль PbO, тогда $n(PbO) = 0{,}00031$ моль

Масса оксида свинца: $m(PbO) = 0{,}00031 * (207{,}2 + 16) = \mathbf{0,06919}$ г $= \mathbf{69,19}$ мг

6. $S + O_2 \rightarrow SO_2$

$SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3$

$SO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_3 + H_2O$

7. Из 1 моля серы получается 1 моль оксида серы, на полную нейтрализую оксида серы затрачивается 2 моль гидроксида натрия.

То есть: $n(S) = n(SO_2) = 0{,}5 * n(NaOH)$

Масса серы, сгоревшей в дороге: $m(S) = 150 * 9{,}116 = 1367{,}4$ мг $= 1{,}367$ г

Количество моль серы: $n(S) = \frac{1{,}367}{32} = 0{,}0427$ моль

$n(NaOH) = 2n(SO_2) = 2 * 0{,}0427$ моль $= 0{,}0854$ моль

$$m(NaOH) = 0{,}0854 * (23 + 16 + 1) = 3{,}42 \text{ г}$$
$$m_{\text{р-ра}}(NaOH) = \frac{m(NaOH)}{w(NaOH)} = \frac{3{,}42}{0{,}1} = 34{,}2 \text{ г}$$
$$V(NaOH) = \frac{m(NaOH)}{\rho(NaOH)} = \frac{34{,}2}{1{,}09} = \mathbf{31{,}38} \text{ мл}$$

Система оценивания:

1. *За расчет массы и объема бензина по 1 баллу*	*1+1=**2 б***
2. *Расчет теплоты*	***3 б***
3. *Расчет оксида свинца*	***3 б***
4. *Реакция сжигания тетраэтилсвинца*	***4 б***
5. *Расчет массы свинца*	***4 б***
6. *Реакция сгорания, образования кислоты и поглощения оксида щелочью по 1 баллу*	*1+1+1=**3 б***
7. *Расчет объема раствора гидроксида натрия*	***6 б***
ИТОГО:	***25 баллов***

<u>Задание 3.</u> Отбеливатели

Для выполнения первого пункта задачи нет какой-либо необходимости в конкретной расшифровке элементов **X-Z,** веществ **A-F**, или же их молярных масс. Достаточно воспользоваться несложной математикой и определением массовой доли атома в веществе.

Рассмотрим такой вариант решения:
Вычислим массовые доли элементов **X** и **Y** в соединении **F**. Исходя из таблицы, **F** представляет из себя соединение вида **XY**, то есть мольное отношение атомов в нём 1:1. Составим обычное уравнение и решим его:
ω(**X**) + ω(**Y**) = 1
ω(**X**) + 1.5432 * ω(**X**) = 1
2.5432 * ω(**X**) = 1
ω(**X**) = $\frac{1}{2.5432}$ = **0.3932.** В процентах: **0.3932** * 100 % **= 39.32 %.**
Отсюда, ω(**Y**) = **1 – 0.3932 = 0.6068.** В процентах : **0.6068** * 100 % = **60.68 %.**
Для определения массовой доли элемента **Z** в соединениях **B-D** воспользуемся известной нам массовой долей элемента **Z** в веществе **A**. Исходя из известного нам:
$\frac{M(\mathbf{Z})}{M(\mathbf{Z})+M(\mathbf{X})+M(\mathbf{Y})}$ = **0.2148.** Можно воспользоваться тем, что вещества **A-D** отличаются между собой лишь тем, что в них входят различное количество атомов **Z**. Во всех указанных веществах на 1 моль каждого из них приходится 1 моль атомов **X** и **Y**. То есть, в каждой из этих веществ будет присутствовать одна и та же сумма: M(**X**) + M(**Y**). Обозначим эту сумму какой-нибудь одной буквой, например M(**X**) + M(**Y**) = **α.**

Теперь, выразим M(**Z**) через **α,** с помощью известной массовой доли **Z** в **A**:

$\frac{M(\mathbf{Z})}{M(\mathbf{Z})+\boldsymbol{\alpha}}$ = **0.2148.** Отсюда и Mr(**Z**) = 0.2148 * Mr(**Z**) + 0.2148 * **α.**

0.7852 * M(**Z**) = 0.2148 * **α.** Делим обе части уравнения на 0.7852 и получаем:

Mr(**Z**) = 0.27356 * **α**. Воспользуемся полученным равенством и вычислим массовую долю **Z** в **B**:

$$\omega(\mathbf{Z}) = \frac{2*M(Z)}{2*M(Z)+\boldsymbol{\alpha}} = \frac{2*0.27356*\boldsymbol{\alpha}}{2*0.27356*\boldsymbol{\alpha}+\boldsymbol{\alpha}} = \frac{0.54712*\boldsymbol{\alpha}}{1.54712*\boldsymbol{\alpha}} = \frac{0.54712}{1.54712} = \mathbf{0.3536.}$$

В процентах: **0.3536** * 100 % = **35.36 %.**

Аналогичный приём применим для соединений **C** и **D**. Для **C**:

$$\omega(\mathbf{Z}) = \frac{3*M(Z)}{3*M(Z)+\boldsymbol{\alpha}} = \frac{3*0.27356*\boldsymbol{\alpha}}{3*0.27356*\boldsymbol{\alpha}+\boldsymbol{\alpha}} = \frac{0.82068*\boldsymbol{\alpha}}{1.82068*\boldsymbol{\alpha}} = \frac{0.82068}{1.82068} = \mathbf{0.45075.}$$

В процентах: **0.45075** * 100 % = **45.075 %.**

Для **D**:

$$\omega(\mathbf{Z}) = \frac{4*M(Z)}{4*M(Z)+\boldsymbol{\alpha}} = \frac{4*0.27356*\boldsymbol{\alpha}}{4*0.27356*\boldsymbol{\alpha}+\boldsymbol{\alpha}} = \frac{1.09424*\boldsymbol{\alpha}}{2.09424*\boldsymbol{\alpha}} = \frac{1.09424}{2.09424} = \mathbf{0.5225.}$$

В процентах: **0.5225** * 100 % = **52.25 %.**

2. Для расшифровки элементов **X-Z** и веществ **A-F** воспользуемся тем, что мы можем восстановить массовые доли элементов **X** и **Y** в соединениях **A-D.** Сделать мы это можем исходя из известных нам массовых долей **X** и **Y** в соединении **F**. Это очень удобно, так как в веществах **A-D** и в **F** их мольное отношение 1:1. Массовую долю **Z** в **A-D** мы знаем из предыдущего пункта. Соответственно, мы можем определить, какая доля приходится на атомы **X** и **Y** в каждом из веществ. Воспользуемся тем, что в **F** ω(**X**) = **39.32 %** и ω(**Y**) = **60.68 %.** Снова отметим, что исходя из отношения этих атомов 1:1 как в **F**, так и в **A**, справедливо будет то, что в остатке (то есть за вычетом массовой доли **Z**) атомы **X** и **Y** будут занимать всё те же доли. Тогда, определим массовые доли **X** и **Y** в **A**:

ω(**X**) + ω(**Y**) = 1 – ω(**Z**) = 1 – 0.2148 = 0.7852.

ω(**X**) **=** 0.7852 * 0.3932 = **0.3087** = **30.87 %**

ω(**Y**) **=** 0.7852 * 0.6068 = **0.4765** = **47.65 %**

Теперь, перейдём к расчётам, исходя их тех данных, что были представлены для **реакции 1.** Вычислим количество газа **E**:

ν(E) = $\frac{0.3006}{22.4}$ = 0.01342 моль. Здесь можно просто исходя их предположения в том, что **F** и **A** образуется столько же, сколько вступает газа **E** в данную реакцию, или же просто подбирая возможные значения молярных масс **A** и **F**, перебирая отношения количество газа **E** к веществам **A** и **F** в пределах разумного, вывести молярную массу **A** и **F.** Можно действовать, пытаясь восстановить **реакцию 1.** Мы знаем, что **A – XYZ** и **F – XY** (по условию задачи). Можно даже понять, что гидроксид металла **X** имеет формулу **X**OH исходя из схемы, приведённой ниже, то есть то, что **X** – одновалентный. Кстати, также сказано, что газ **E –** двухатомный, образованный элементом **Y**. То есть, **E – Y₂** . Так, можно дойти и до схемы:

$\boldsymbol{Y_2} + \boldsymbol{2XOH} \rightarrow \boldsymbol{XYZ} + \boldsymbol{XY} + H_2O$. Причём интересно, что если додумать до такой схемы, то можно догадаться, что элемент **Z** – это либо кислород, либо водород, так как в левой части уравнения реакции не фигурирует шифр **Z**, в то время как в правой – он присутствует. Далее же можно логически додумать, попытаться посчитать и вывести молярные массы веществ и понять, что водород не подходит по смыслу задачи.

Тем не менее, отсюда можем понять, что вероятно небольшие соотношения количества газа **E** к продуктам реакций. В предположении 1 : 1 получаем, что **ν(A)** = 0.01342 моль и $M(\boldsymbol{A}) = \frac{1.000}{0.01342}$ = 74.5 г/моль. Тогда, зная массовые доли элементов **X, Y** и **Z** в этом соединении можем проверить, находятся ли они разумным способом в таком случае:

M(**X**) = 0.3087 * 74.5 = 23 г/моль – **Na;**

M(**Y**) = 0.4765 * 74.5 = 35.5 г/моль – **Cl;**

M(**Z**) = 0.2148 * 74.5 = 16 г/моль – **O.**

Такой набор элементов подходит по смыслу задачи в дальнейшем нигде не противоречит ей, а значит, он верный. Проверим для **XY(**то есть **F):**

M(**F**) = $\frac{0.7851}{0.01342}$ = 58.5 г/моль, что действительно соответствует **NaCl.** Таким образом,

X – Na – натрий;

Y – Cl – хлор;

Z – O – кислород.

Вещество, шифр	Состав	Расшифровка, формула	Массовая доля **Z**, **%**
A	**XYZ**	**NaClO**	**21.48**
B	**XYZ_2**	**$NaClO_2$**	**35.36**
C	**XYZ_3**	**$NaClO_3$**	**45.075**
D	**XYZ_4**	**$NaClO_4$**	**52.25**
F	**XY**	**NaCl**	**0**

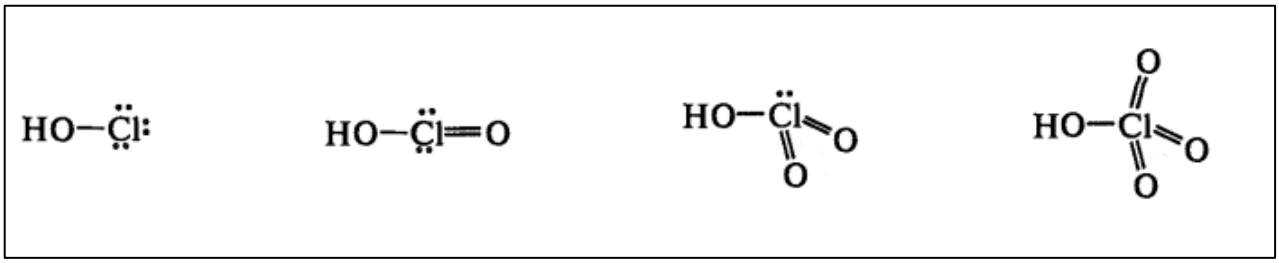
3. Степень окисления хлора во всех этих соединениях определяется нетрудно, зная самые стандартные степени окисления натрия и кислорода:

$NaCl^{1+}O$; $NaCl^{3+}O_2$; $NaCl^{5+}O_3$; $NaCl^{7+}O_4$; Cl_2^0; $NaCl^{1-}$.

4. Формулы и названия соответствующих кислот:

1. HClO – хлорноватистая кислота;
2. $HClO_2$ – хлористая кислота;
3. $HClO_3$ – хлорноватая кислота;
4. $HClO_4$ – хлорная кислота.

Структурные формулы:



5. Уравнения реакций:

1. $Cl_2 + 2NaOH \rightarrow NaCl + NaClO + H_2O$;
2. $3NaClO \rightarrow NaClO_3 + 2NaCl$;
3. $2NaClO \rightarrow 2NaCl + O_2$;
4. $4NaClO_3 \rightarrow NaCl + 3NaClO_4$;
5. $2Cl_2 + 4NaOH \rightarrow NaClO_2 + 3NaCl + 2H_2O$.

Система оценивания:

1. *Определение массовых долей элементов **X** и **Y** в соединении **F** – по 0.5 баллов каждое; определение массовых долей элемента **Z** в соединениях **B-D** – 2 балла за каждое значение (с арифметической ошибкой – 1 за каждое значение).*	*0,5*2+2*3=**7 б***
2. *Определение элементов **X, Y** и **Z** – 2 балла за каждый элемент. Формула веществ **A-E** по 0,5 баллов*	*2*3+0.5 *6=**9 б***
3. *Определение степеней окисления хлора: по 0.5 баллов за каждое вещество.*	*0,5*6=**3 б***
4. *Верная запись формулы, названия и структурной формулы кислот – по 0,5 за каждый пункт. <u>При зарисовке структурных формул кислот необязательно отображать в структурах электронные пары атома хлора.</u>*	*0,5*4*3=**6 б***
5. *За каждое уравнение реакции по 1 баллу.*	*1*5=**5 б***
ИТОГО:	***30 баллов***

<u>Задание 4.</u> Красочный металл

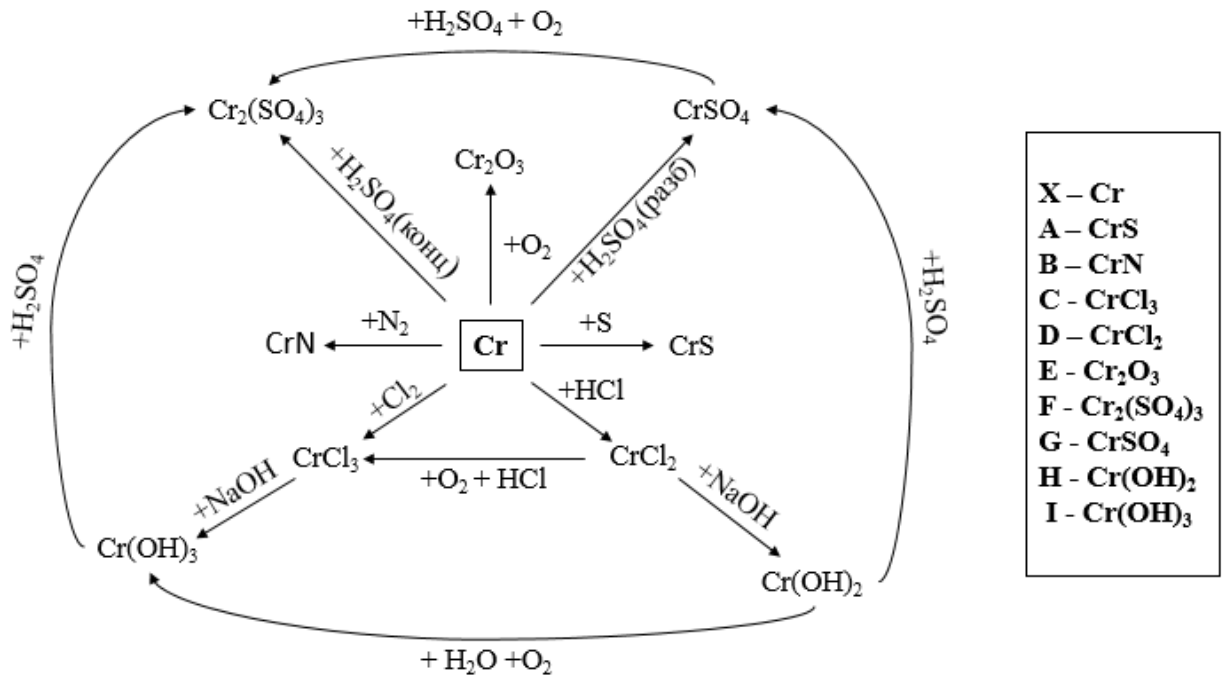
1. Решение задачи начать можно было с простого рассуждения об описанных физических свойствах металла **X**. Учитывая, что для него устойчивы степени окисления +2, +3, +4 и +6, то можно было предполагать, что +6 – степень окисления максимальная для него, так как итак уже высока для элемента-металла. Это сразу наталкивает на мысль о том, что элемент находится в VI b группе таблицы Менделеева (или же просто в шестой группе по длинной версии таблицы). Тогда вариантов вовсе остаётся немного: радиоактивный сиборгий тут точно не рассматриваем. Далее **X** можно было отгадать и по цветам соединений. Однако, давайте же это наконец сделаем простым расчётом оксида: из приведённой схемы превращений совершенно очевидно, что **E** – это оксид металла **X,** причём в нём металл **X** проявляет либо степень окисления +2, либо +3 – это также сказано в условии задачи. Тогда, **E** – это либо **X**O, либо $\mathbf{X}_2O_3$. Выведем же молярную массу **X**:

1) Если **E** – это **X**O, то. $M(X) = \frac{16}{1-0.6842} - 16 = 34{,}66$ г/моль

По таблице Менделеева смотрим и понимаем, что нет ни одного подходящего под эту молярную массу элемента.

2) Значит **E** - **X**$_2O_3$. Тогда, $M(X) = \left(\left(\frac{16*3}{1-0.6842}\right) - 16*3\right)\frac{1}{2} = 52$ г/моль

Так мы и вывели, что **X – это хром – Cr.** Остальные неизвестные вещества в схеме превращений на основе вывода металла расшифровываются нетрудно исходя из простой логики о продуктах реакций и знаний об окисления хрома до степеней окисления +2 или +3 в зависимости от действующего на него и его соединений реагентов. Вот расшифровка схемы:



2. Уравнения реакций, соответствующих схеме:

1. $2Cr + N_2 \rightarrow 2CrN$
2. $Cr + S \rightarrow CrS$
3. $2Cr + 3Cl_2 \rightarrow 2CrCl_3$
4. $Cr + 2HCl \rightarrow CrCl_2 + H_2$
5. $CrCl_3 + 3NaOH \rightarrow Cr(OH)_3 + 3NaCl$
6. $CrCl_2 + 2NaOH \rightarrow Cr(OH)_2 + 2NaCl$
7. $4Cr + 3O_2 \rightarrow 2Cr_2O_3$
8. $4CrCl_2 + O_2 + 4HCl \rightarrow 4CrCl_3 + 2H_2O$
9. $4Cr(OH)_2 + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4Cr(OH)_3$
10. $Cr + H_2SO_{4(\text{разб})} \rightarrow CrSO_4 + H_2$
11. $2Cr + 6H_2SO_{4(\text{конц})} \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + 3SO_2 + 6H_2O$
12. $Cr(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow CrSO_4 + 2H_2O$
13. $2Cr(OH)_2 + 3H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + 6H_2O$
14. $4CrSO_4 + 2H_2SO_4 + O_2 \rightarrow 2Cr_2(SO_4)_3 + 2H_2O$

3. Вещество **J** получилось при дальнейшем взаимодействии Cr_2O_3 – это означает, что **J** также один из оксидов хрома. Выведем отношение количества атомов хрома в нём к количеству атомов кислорода по массовой доли хрома: если его массовая доля 61.90 %, то в 100 граммах такого оксида содержится 61.90 г. хрома, то есть 61.90/52 = 1.19 молей его атомов. Остальная масса – кислород. Это составляет 38.1 г. Это 38.1/16 = 2.38 молей атомов кислорода. Видим,

что 2.38/1.19 = 2:1. То есть, количество атомов кислорода в два раза больше, чем атомов хрома. Этому соответствует формула **J** – CrO_2.

Так как вещество **K** также образовалось наряду с Cr_2O_3 при нагревании CrO_2 – то логично, что и **K** оксид хрома, по условию в котором массовая доля хрома составляет 52 %. Аналогично, как мы это сделали с **J** можем вывести его формулу:

В 100 граммах такого оксида будет 52 грамма атомов кислорода и 48 грамм атомов кислорода. Нетрудно понять, что атомов хрома: 52/52 = 1 моль, кислорода: 48/16 = 3 молей. То есть, в таком оксиде количество атомов кислорода к количеству атомов хрома составляет 3:1. Этому соответствует формула CrO_3 – это и есть вещество **K**. Уравнения реакций:

15. $2Cr_2O_3 + O_2 \rightarrow 4CrO_2$
16. $3CrO_2 \rightarrow Cr_2O_3 + CrO_3$

4. После определения вещества **K** расшифровать кислоты не так уж и сложно, ведь мы понимаем, что **K** – оксид кислотный, прореагирует с водой с образованием кислоты, причём в зависимости от отношения количества оксида к воде будет образовываться либо **L**, либо **M**. При отношении 1:1:
$CrO_3 + H_2O \rightarrow H_2CrO_4$ – кислота **L**
При отношении оксида к воде 2:1:
$2CrO_3 + H_2O \rightarrow H_2Cr_2O_7$ – кислота **M**
Соли хромовой кислоты H_2CrO_4 называются <u>хроматами</u>, а соли дихромовой (или же бихромовой) кислоты называются <u>дихроматами</u> (допускается также <u>бихроматы</u>).

Система оценивания:

1. *Определение формул веществ **A-I**, а также металла **X** – 1 балл каждое вещество.* *1*10=**10 б***
2. *Верная запись уравнений реакций **1-14** – 1 балл каждое уравнение реакции.* *1*14=**14 б***
3. *Определение веществ **J** и **K** и уравнения реакций **15** и **16** – по 1 баллу за каждое вещество и реакцию.* *1*2+1*2=**4 б***
4. *Формулы кислот – по 0.5 баллов за каждую формулу. За название солей – по 0.5 баллов за каждое название.* *0,5*2+0,5*2=**2 б***

ИТОГО: ***30 баллов***