

Химическая олимпиада имени Германа Гесса
Заключительный этап
Теоретический тур

(ФИО участника)

(населенный пункт, школа, класс)

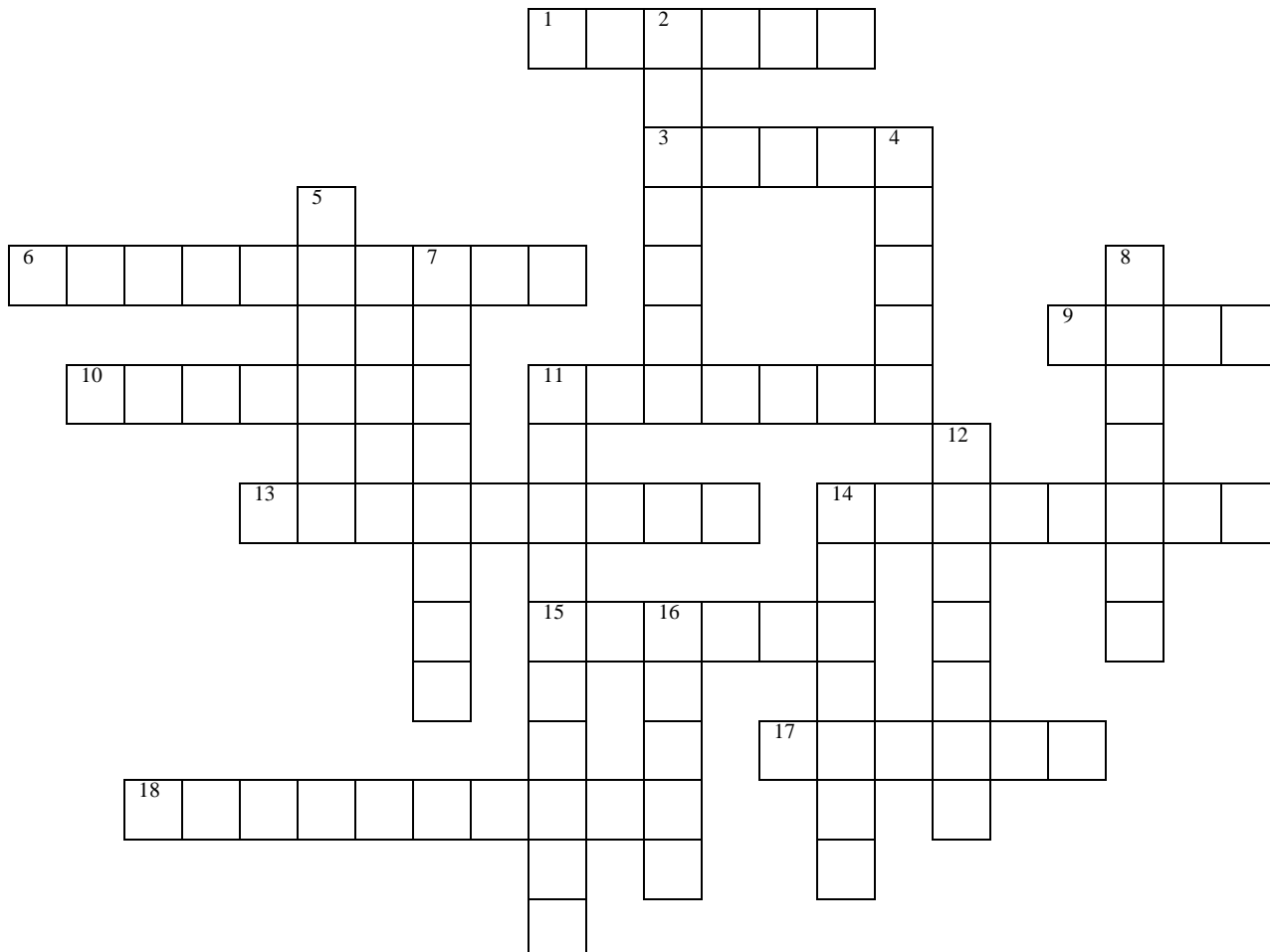
Москва, 19 мая 2019

Заполняется проверяющими:

Задача 1	Задача 2	Задача 3	Задача 4	Задача 5	Задача 6	Сумма

Задача 1. Окологимический кроссворд (20 баллов).

В данном кроссворде все загаданные слова напрямую связаны с различными химическими терминами и понятиями. Не забывайте, что в кроссворде слово начинается в той клетке, в которой указан номер вопроса, а количество букв в слове определяется количеством клеток. Кроме того, в местах пересечения слов буквы совпадают.



Вопросы:

По горизонтали:

1. Исторически ЕГО получали экстракцией по каплям из измельчённых в кашу лишайников, что отразилось в его современном названии. А сейчас ЕГО можно встретить в любой химической лаборатории.
3. Промышленные месторождения ЕГО известны на всех континентах, кроме Антарктиды.
6. Вследствие проявления ЭТОГО СВОЙСТВА погибла экспедиция Роберта Скотта.
9. ФАМИЛИЮ этого русского учёного вы наверняка уже хорошо знаете.
10. ☺ - назовите изображённый ЭЛЕМЕНТ.
11. При нагревании гексагидрата хлорида алюминия образуется несколько соединений, но только одна кислота. Назовите ЕЁ.
13. $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$. Это может показаться странным, но в органической химии данная реакция относится именно к ЭТОМУ ТИПУ.
14. Данный сосуд используется для проведения реакций в малом объёме, а также для отбора проб.
15. Переведите на греческий «равное место».
17. Обязательным атрибутом ЭТОГО является небольшой носик для сливания жидкости.
18. Термолиз, пиролиз, электролиз, радиолит, фотолит – это всё примеры ТАКИХ реакций.

По вертикали:

2. ЕГО содержание в пшенице составляет 64%, в кукурузе – 70%, в рисе – 75%.
4. Тугоплавкие и практически нерастворимые оксиды раньше называли именно ТАК.
5. Чтобы не нарушать правила техники безопасности при интенсивном перемешивании растворов в сосудах, вам придётся воспользоваться ЕЮ.
7. Сначала мы хотели показать вам изображение ворона, клюющего печень, но потом решили, что вы сможете отгадать ДАННЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ.
8. Переведите на латинский язык «повёрнутая назад», и назовите ХИМИЧЕСКИЙ ПРИБОР, который помог М.В. Ломоносову подтвердить закон сохранения массы.
11. $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{NH}_4\text{HCO}_3$. Данная реакция относится именно к ЭТОМУ ТИПУ.
12. Вполне вероятно, что ОНА у вас есть дома, на кухне. Но в химии ОНА используется для фильтрации, разделения жидкостей и т.д.
14. ОНА используется для отбора точных объёмов жидкостей или газов.
16. Гидролиз – это один из частных примеров реакций ЭТОГО ТИПА.

Бланк ответов на кроссворд:

По горизонтали	По вертикали
1 —	2 —
3 —	4 —
6 —	5 —
9 —	7 —
10 —	8 —
11 —	11 —
13 —	12 —
14 —	14 —
15 —	16 —
17 —	
18 —	

Задача 2. В начале было... (20 баллов)

Восстановите левые части реакций и уравняйте их. Каждое многоточие соответствует ровно одному веществу.

1. ... + ... \rightarrow $\text{CdCl}_2 + \text{FeCl}_2$
2. ... + ... \rightarrow $\text{Au} + \text{CO}_2\uparrow$
3. ... \rightarrow $\text{Fe} + \text{CO}\uparrow$
4. ... + ... \rightarrow $\text{SbOCl}\downarrow + \text{HCl}$
5. ... + ... \rightarrow $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2\uparrow$

Бланк ответов на задание

Номер реакции	Уравнение реакции
1	
2	
3	
4	
5	

Задача 3. Твёрдые бытовые отходы (20 баллов)

Бинарное соединение щелочного металла **A** с неметаллом черного цвета, использующееся во многих электронных устройствах (массовая доля металла — 8,86%), сожгли на воздухе (*реакция 1*). При сжигании экспериментаторы отметили, что пламя было красного цвета, в результате получили белый гигроскопичный порошок **B**, а образовавшийся газ **C** собрали и пропустили через склянку, заполненную пероксидом натрия (*реакция 2*), при этом объем газа после пропускания уменьшился в 2 раза. Оставшийся после всего этого газ поддерживал горение, и в нем сожгли металл **X** (*реакция 3*). Одним из продуктов горения стал черно-коричневый порошок оксида металла **X** (вещество **D**) крайне необычного состава ($\omega(O) = 14,97\%$), который вступает в реакцию с раствором соляной кислоты, в результате образуется нерастворимый оксид состава XO_2 и хлорид XCl_3 (*реакция 4*).

Определите все неизвестные вещества и напишите уравнения реакций. Ответ подтвердите подробным расчетом.

A —	C —
B —	D —

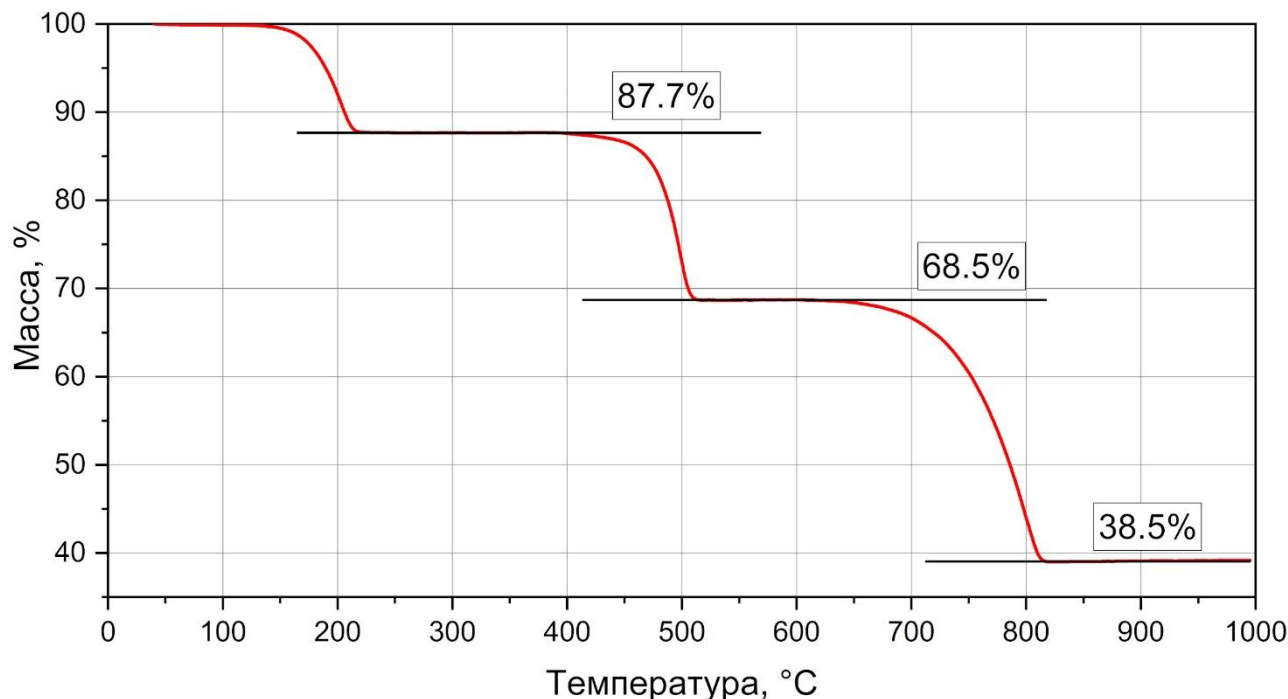
Уравнения реакций:

1)	
2)	
3)	
4)	

Расчеты:

Задача 4. Термогравиметрия неизвестного соединения (20 баллов).

Термогравиметрия (ТГ) — метод термического анализа, заключающийся в измерении изменения массы образца в зависимости от температуры при нагревании. Термоанализатор состоит из высокоточных весов с тиглями, которые размещаются в камере небольшой электропечи. В непосредственной близости от образца, например, под доньшком тигля, находится контрольная термopара, с высокой точностью измеряющая температуру. Изменение массы образца в процессе нагревания соответствует различным физико-химическим превращениям, происходящим с веществом; к примеру, если вещество при нагреве разлагается, на ТГ-кривой будет наблюдаться снижение массы при температуре разложения.

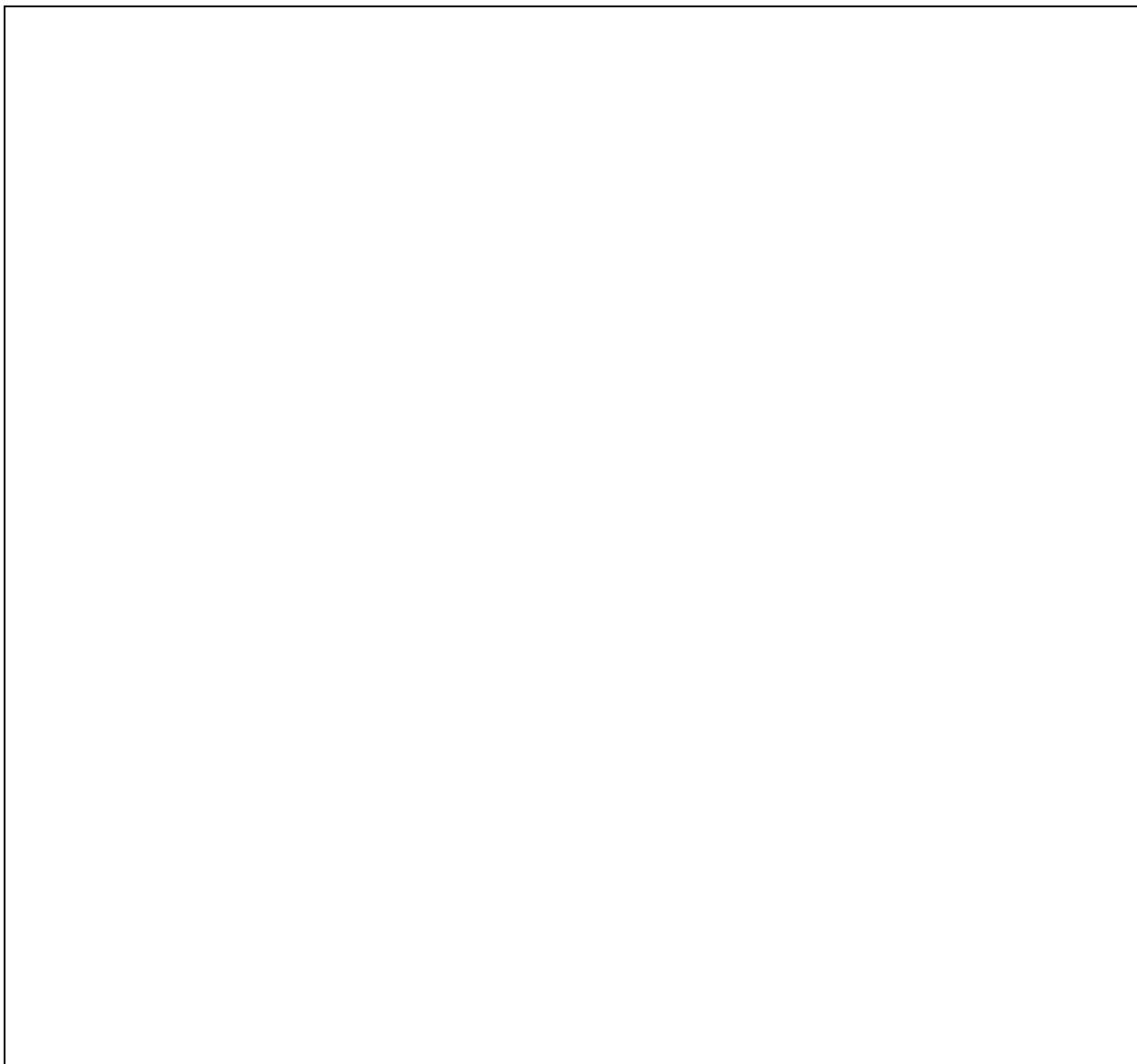


На графике представлены результаты термогравиметрии белого кристаллического вещества **A**. Известно, что для измерения была взята навеска вещества массой 100 мг. При постепенном нагревании данного вещества до 1000°C происходит его разложение до бинарного вещества **B** с последовательным выделением трёх бинарных веществ (соответственно **C**, **D** и **E**). Суммарное уравнение реакции без учёта коэффициентов выглядит следующим образом: $A \rightarrow B + C + D + E$.

Газовая смесь, полученная смешением газов **D** и **E** в соотношениях, в которых они выделяются в ходе разложения вещества **A**, обладает плотностью по воздуху 1,24 при нормальных условиях. Вещество **B** полностью растворяется в 30 мл воды, при этом образуется новое вещество **F**. При пропускании данной газовой смеси через полученный раствор вещества **F** образуется осадок вещества **G**, а объём газовой смеси уменьшается вдвое.

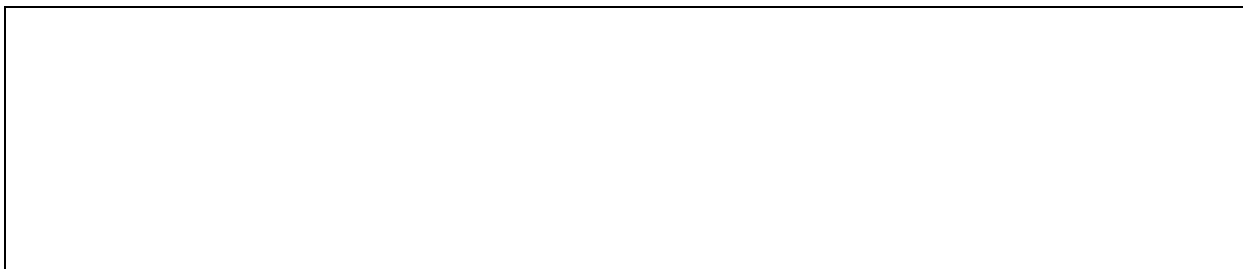
1. Пользуясь графиком, определите вещества **A-G**. Подтвердите ответы подробными расчётами.

A —	E —
B —	F —
C —	G —
D —	

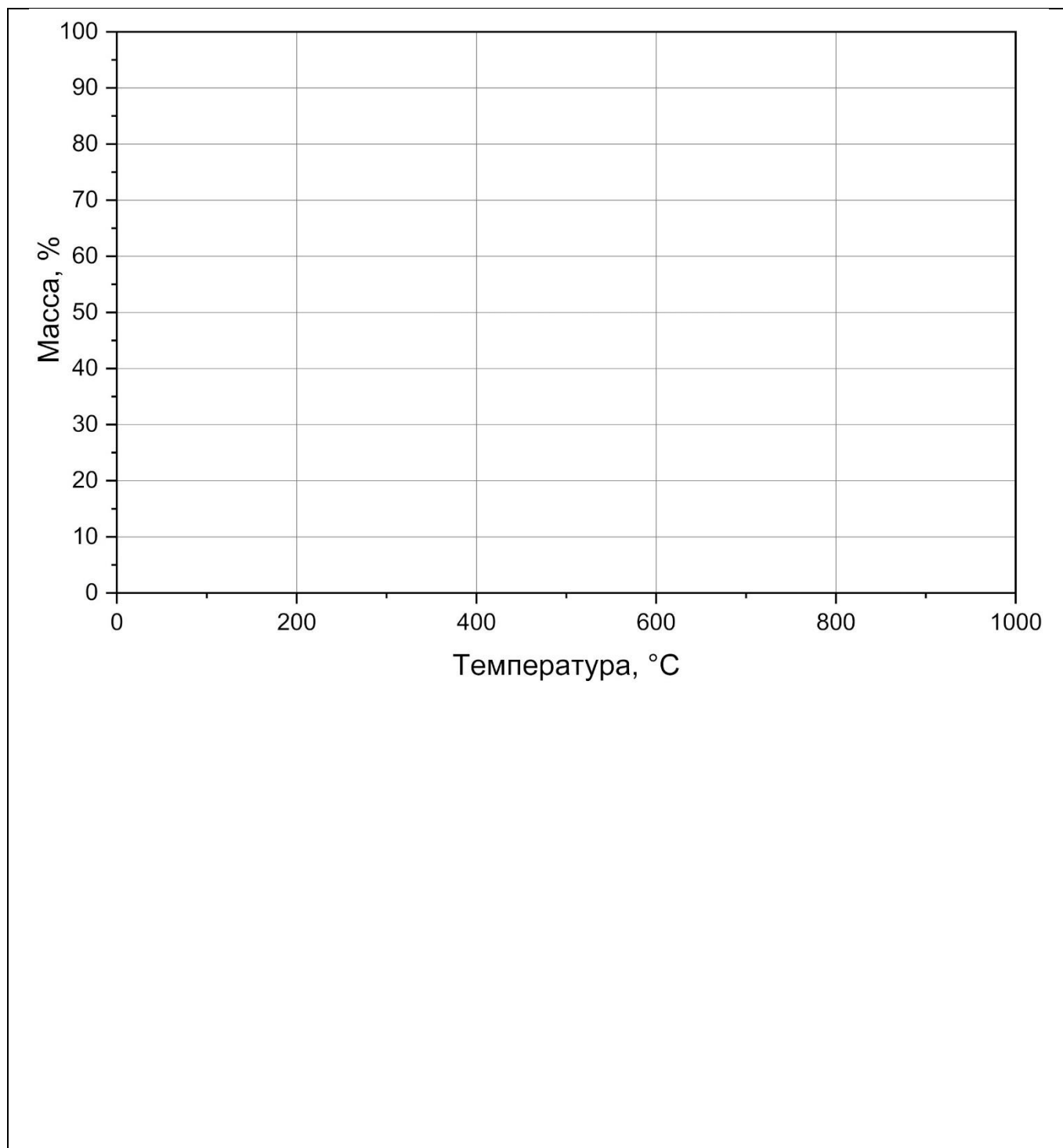


2. Напишите **постадийное** уравнение превращения вещества **A** в вещество **B**, а также уравнения получения веществ **F** и **G**.



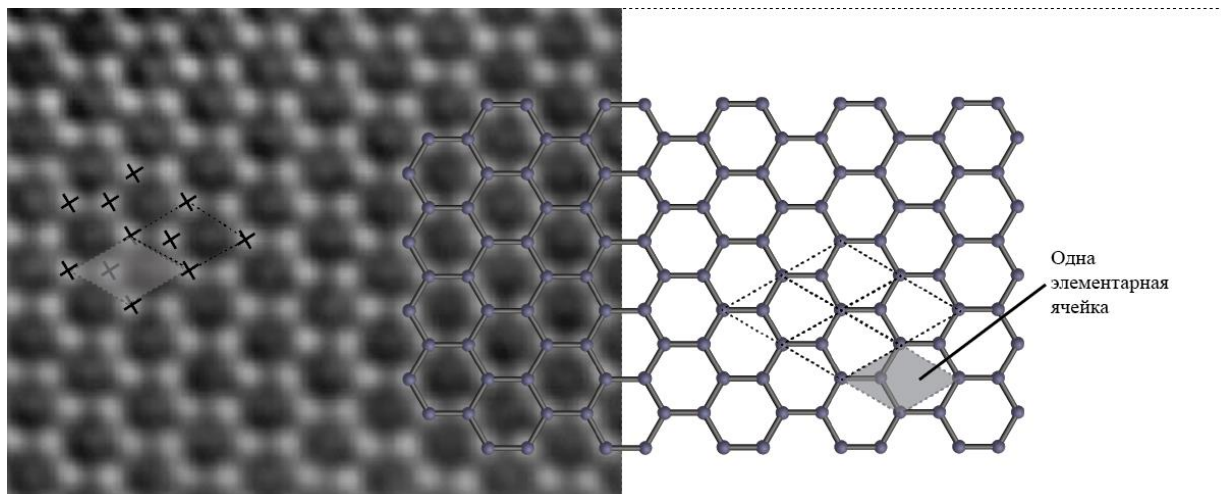


3. Нарисуйте качественно вид термогравиметрической кривой минерала несквегонита состава $\text{Mg}(\text{HCO}_3)(\text{OH}) \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ при нагревании до 1000°C . Подпишите, какие уравнения реакций соответствуют нарисованным переходам.



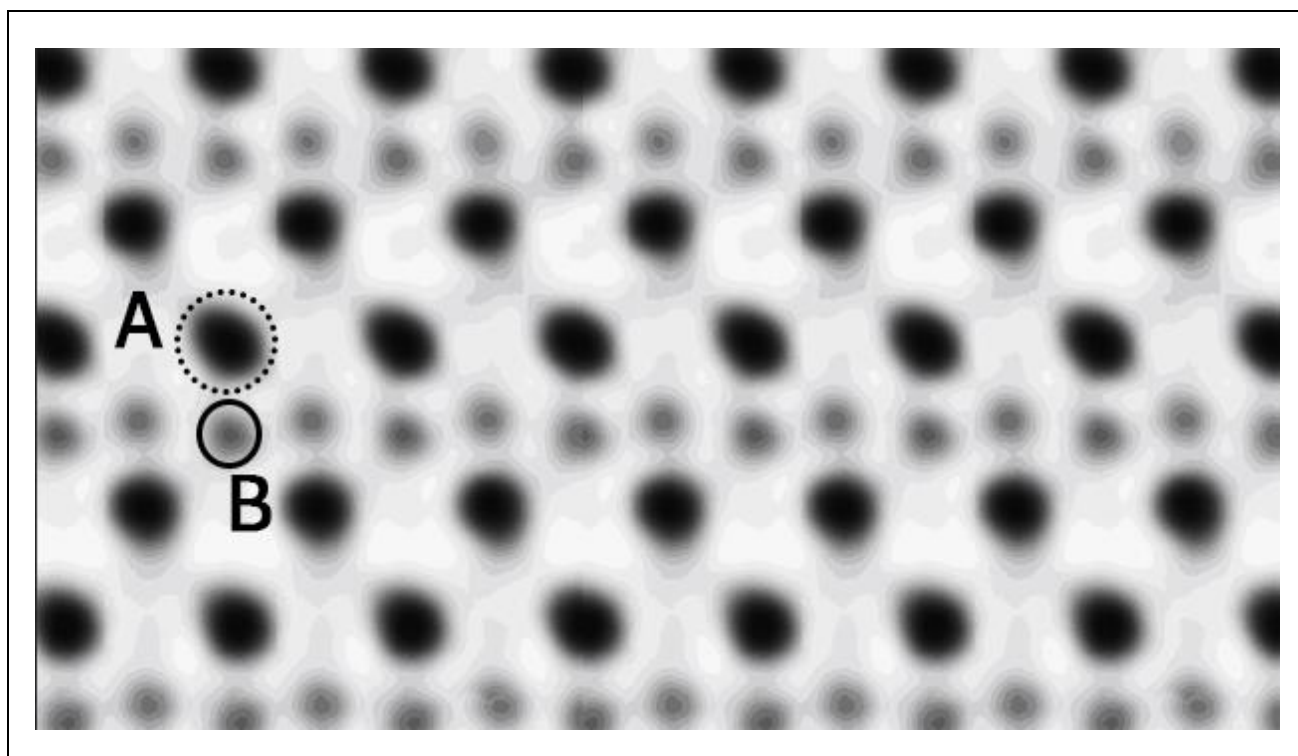
Задача 5. Атака клонов (20 баллов).

Кристалл вещества состоит из миллиардов миллиардов повторяющихся и абсолютно одинаковых ячеек, целиком заполняющих пространство. Элементарной ячейкой называется ячейка с самым маленьким возможным объемом, такая что путем сдвигов (но не поворотов!) ее в пространстве можно замостить весь кристалл, не оставляя пустот. В некоторых материалах легко выделить отдельные повторяющиеся слои. В таких слоях можно таким же способом выбрать уже плоские элементарные ячейки. Они также должны иметь минимально возможную площадь и сдвигами заполнять всю плоскость. Это легко показать на микрофотографии графита. Каждый светлый шарик на рисунке слева — атом углерода. На рисунке справа изображена структура графита, в ней атомы углерода — темные шарики.

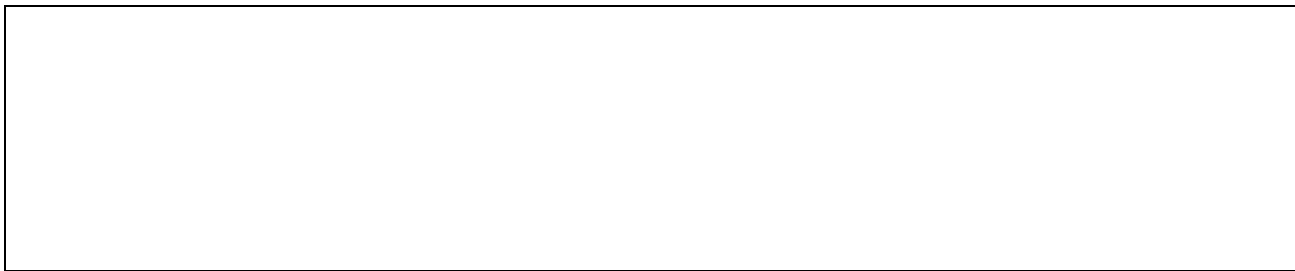


Перед вами микрофотография среза кристалла неизвестного соединения **X** — ее тоже можно представить себе как плоский слой в кристалле. Каждый темный шарик на ней — атом типа **A** (обведен пунктиром) или атом типа **B** (обведен черной окружностью).

1. Начертите на рисунке ниже плоскую элементарную ячейку.



2. Сосчитайте, сколько атомов каждого типа приходится на одну ячейку.

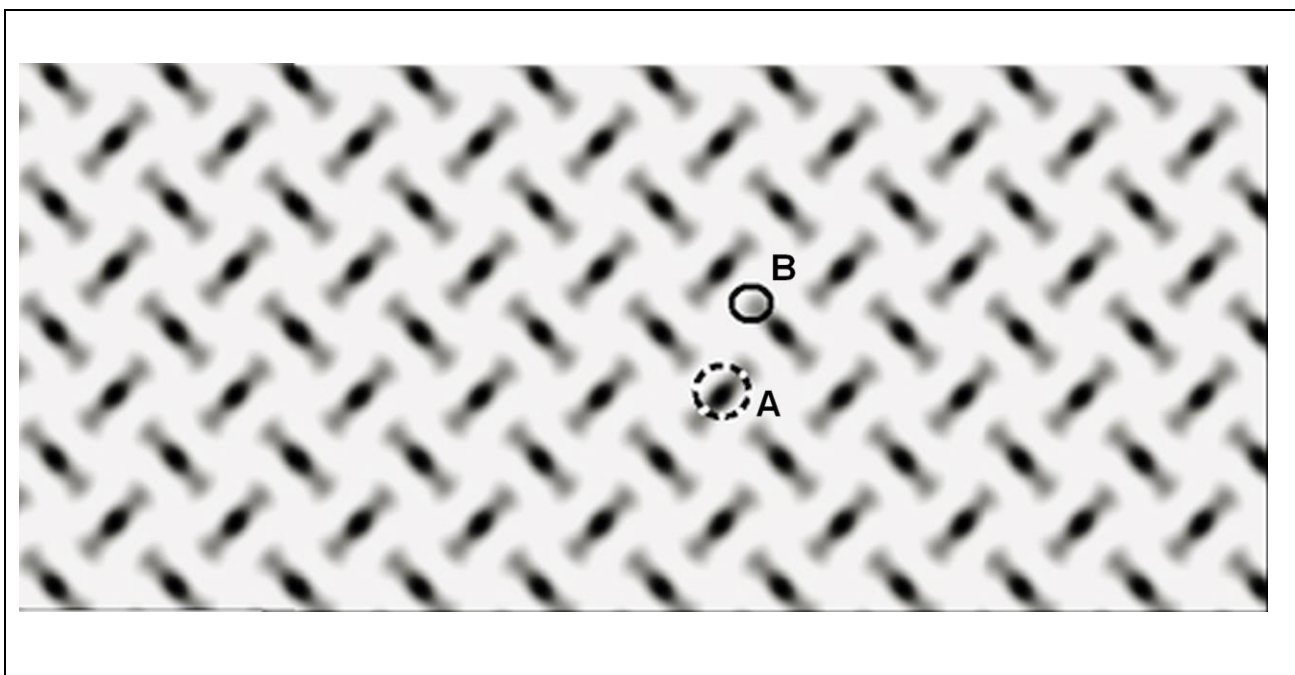


3. Один из типов атомов — атомы железа. Массовая доля железа в соединении 30,4%. Определите, какой второй элемент входит в состав вещества и запишите простейшую брутто-формулу соединения. Ответ сопроводите вычислениями.

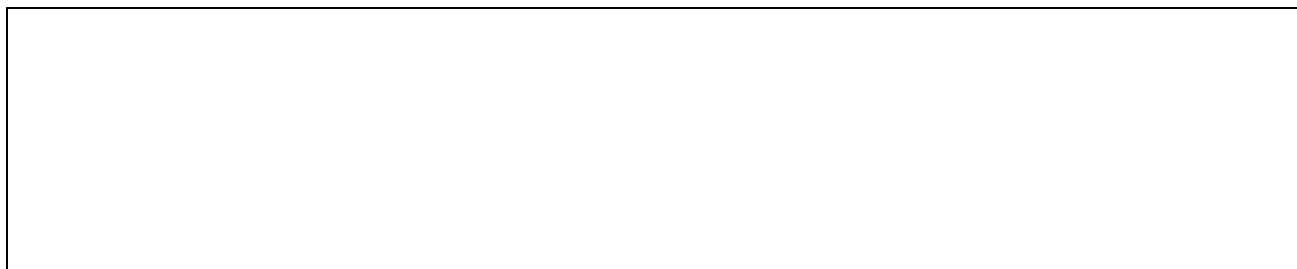


На рисунке ниже микрофотография среза кристалла неизвестного оксида **Y** — также плоский слой в кристалле. Каждый темный шарик на ней — атом типа **A** (обведен пунктиром) или атом типа **B** (обведен черной окружностью; типа атомов не обязательно совпадают с типами из первого примера). Некоторые шарики выглядят «слипшимися».

1. Начертите на рисунке плоскую элементарную ячейку



2. Сосчитайте, сколько атомов каждого типа приходится на одну ячейку.

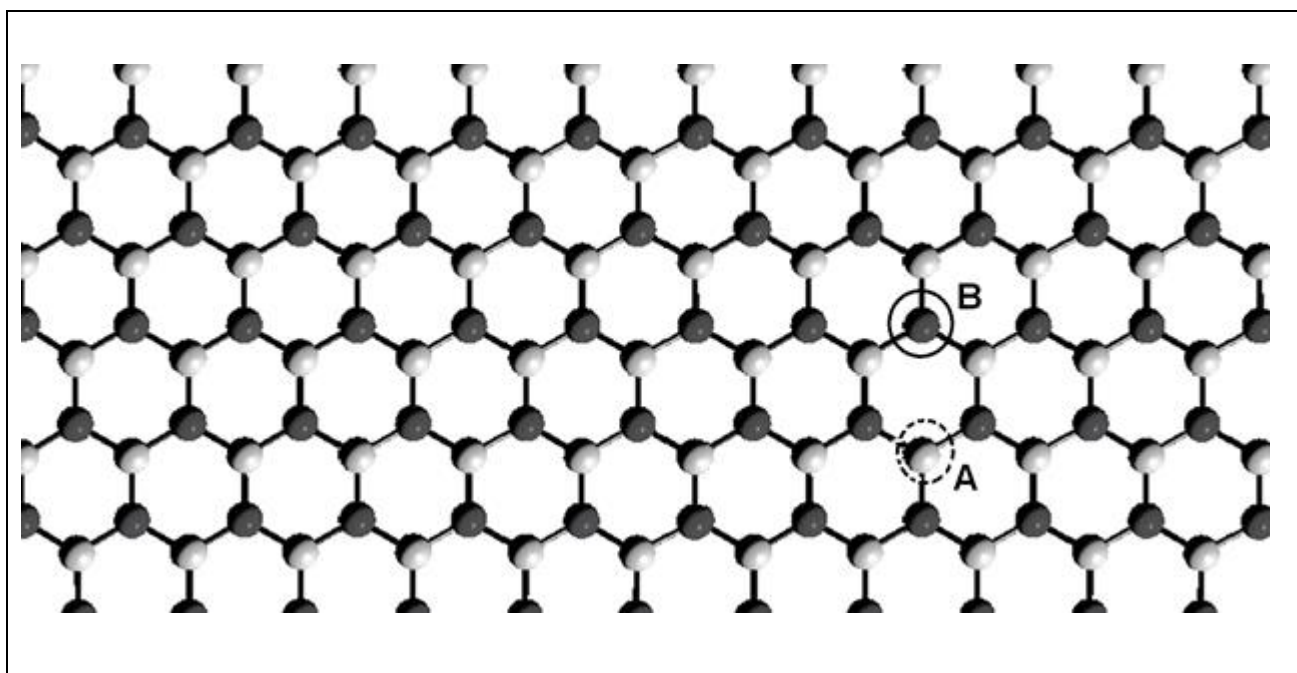


3. Один из типов атомов — атом металла. Массовая доля этого металла в соединении равна 60%. Определите, какой второй элемент входит в состав вещества и запишите простейшую брутто-формулу соединения. Ответ сопроводите вычислениями.



Перед вами схема плоского слоя неизвестного соединения **Z**. Каждый темный шарик на ней — атом типа А (обведен пунктиром) или атом типа В (обведен черной окружностью).

1. Начертите на рисунке плоскую элементарную ячейку

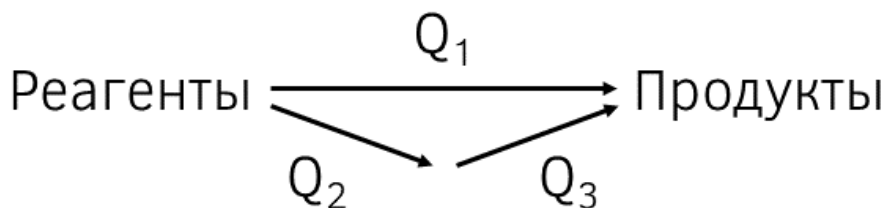


2. Сосчитайте, сколько атомов каждого типа приходится на одну ячейку.

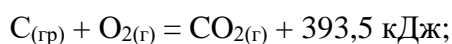
3. Один из атомов — азот. Его массовая доля в соединении равна 56%. Определите, какой второй элемент входит в состав вещества и запишите простейшую брутто-формулу соединения.

Задача 6. Guess what (20 баллов).

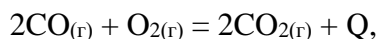
Герман Гесс сформулировал известный закон термохимии в 1840 году. Из него следует то, что тепловой эффект процесса зависит только от начальных и конечных веществ и не зависит от того, во сколько стадий этот процесс протекает. Таким образом термохимические уравнения, то есть обычные химические уравнения с указанием величины теплового эффекта, можно складывать и умножать на коэффициенты, как и обычные математические уравнения.



Применяя закон Гесса, можно находить тепловые эффекты отдельных стадий сложных процессов. Рассмотрим простой пример – окисление углерода в различных условиях. В случае свободного доступа кислорода происходит полное сгорание до углекислого газа, но в реальности помимо него также образуется значительное количество угарного газа. Термохимические уравнения, соответствующие данным реакциям приведены ниже:

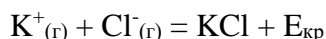


Составьте схему аналогичную приведенной в начале задачи для данной системы и **рассчитайте** тепловой эффект Q реакции окисления угарного газа до углекислого:



используя термодинамические данные для двух типов сгорания углерода.

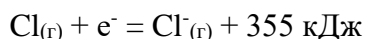
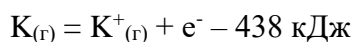
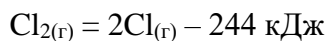
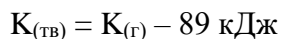
На следствиях из закона Гесса основан один из теоретических методов определения энергии кристаллической решетки. Энергией кристаллической решетки $E_{кр}$ можно назвать тепловой эффект реакции образования вещества из ионов, находящихся в газовой фазе. Например, для KCl эта реакция записывается следующим образом:



Значение энергии, выделяющейся при образовании одного моль хлорида калия из ионов отличается от энергии, которая получается при его образовании из простых веществ (438 кДж/моль).

Запишите термохимическое уравнение реакции образования одного моль хлорида калия из простых веществ с указанием агрегатных состояний всех веществ.

Для вычисления энергии кристаллической решетки необходимо знать также тепловые эффекты некоторых химических и физических процессов:



Составьте схему, аналогичную схеме из первого вопроса и **рассчитайте** $E_{кр}$ для KCl .

Для галогенидов щелочных металлов расхождение теоретического и экспериментально определенного значения энергии кристаллической решетки невелико. Но для некоторых соединений, например, для пирита FeS_2 , отличие достигает 15%.

Напишите, с чем связано значительное отличие теоретически рассчитанной и экспериментально измеренной энергий кристаллической решетки пирита?