

Химическая олимпиада имени Германа Гесса
Заключительный этап
Теоретический тур

(ФИО участника)

(населенный пункт, школа, класс)

Москва, 18 марта 2024

Заполняется проверяющими:

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

Задача 1. Инверсия химического кроссворда (автор задачи — Владимир Королёв)

И вновь нас ждет увлекательное решение кроссворда! Сегодня правила просты: ответы надо вписывать слева направо или сверху вниз, в каждой клеточке может быть только один знак (буква, цифра, знак препинания). Откуда в кроссворде цифры? Ответ прост: ответами к вопросам являются формулы химических соединений, зашифрованных в словесных уравнениях реакций. Поясним способ заполнения ячеек.

Пусть вам достался вопрос «фосфор + гидроксид бария = 1 + фосфин, 10 знаков». Конечно же, вы сразу понимаете, что перед вами лучший способ получить соль фосфорноватистой кислоты — диспропорционирование фосфора в щелочи! И уверенно записываете ответ $\text{Ba}(\text{H}_2\text{PO}_2)_2$:

B	A	(H	2	P	O	2)	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

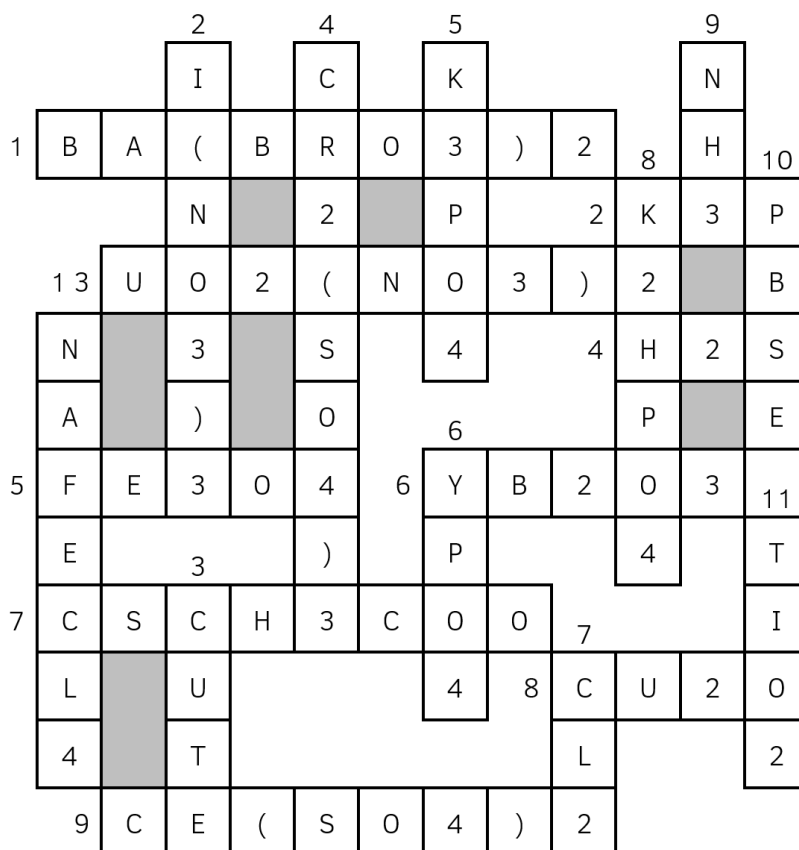
Традиционно кроссворд — простое задание, поэтому применяйте не только знания химии, но и интуицию, математику и так далее. А теперь расслабьтесь, сделайте глубокий вдох, зрительную гимнастику и этот кроссворд!

По горизонтали:

1. Бромат калия + хлорид бария = хлорид калия + 1
2. Калий + фосфор = 2
3. Оксид урана (VI) + азотная кислота = вода + 3
4. Гидросульфид магния = сульфид магния + 4
5. Сульфат железа (II) + сульфат железа (III) + калия гидроксид = сульфат калия + вода + 5
6. Оксалат иттербия = угарный газ + углекислый газ + 6
7. Гидроксид цезия + уксусная кислота = вода + 7
8. 8 + аммиак + вода = диаминмеди гидроксид
9. Оксид церия (IV) + серная кислота = вода + 9

По вертикали:

1. Хлорид натрия + безводный хлорид железа = 1
2. Трихлорид иода + азотная кислота = хлороводород + 2
3. Медь + теллур = 3
4. Бихромат калия + иодид калия + серная кислота = иод + сульфат калия + вода + 4
5. Поташ + фосфорная кислота = углекислый газ + вода + 5
6. Иттрия оксид + гидрофосфат аммония = аммиак + вода + 6
7. Отбеливатель + средство для удаления известкового налета = хлорид натрия + вода + 7
8. Фосфат калия + фосфорная кислота = 8
9. Сульфат аммония + гидроксид бария = барит + вода + 9
10. Селенистая кислота + нитрат свинца + гидразин = азот + азотная кислота + вода + 10
11. Тетрахлорид титана + вода = соляная кислота + 11



По горизонтали	По вертикали
1. Ba(BrO ₃) ₂	1. NaFeCl ₄ / NaFeCl ₃
2. K ₃ P	2. I(NO ₃) ₃
3. UO ₂ (NO ₃) ₂	3. CuTe
4. H ₂ S	4. Cr ₂ (SO ₄) ₃
5. Fe ₃ O ₄	5. K ₃ PO ₄
6. Yb ₂ O ₃	6. YPO ₄
7. CsCH ₃ COO	7. Cl ₂
8. Cu ₂ O	8. K ₂ HPO ₄
9. Ce(SO ₄) ₂	9. NH ₃
	10. PbSe
	11. TiO ₂

Разбалловка: 20 формул × 1 балл = 20 баллов суммарно.

Задача 2. ХЭКАХ! (авторы задачи — Матвей Черненко / Владимир Королёв / Александр Соболев / Евгений Анохин)

Два р-элемента — **X** и **Y** — находятся в одной группе таблицы Менделеева. Два образуемых ими простых вещества — **X** и **Y** — имеют практически идентичные кристаллические решетки (одинаковая упаковка атомов, достаточно близкие параметры решетки), практически одинаковые атомные радиусы, обладают схожими полупроводниковыми свойствами, нашедшими свое применение в микроэлектронике. При этом плотности простых веществ **X** и **Y** значительно различаются: $\rho(\text{X}) = 2,33 \text{ г/см}^3$, $\rho(\text{Y}) = 5,33 \text{ г/см}^3$.

1). В какой части таблицы Менделеева Вы ожидаете найти элементы, которые образуют полупроводники? Перечислите группы длиннопериодной таблицы.

Искать полупроводники разумнее всего на границе между проводниками и изоляторами – то есть на границе металлов и неметаллов. Скорее всего их можно обнаружить в 14, 15 и 16-ой группах, т.к. в 13-ой группе за полупроводник принять можно только один бор, а в 17-ой – только один иод.

2). Рассчитайте соотношение атомных масс элементов **X** и **Y** с учетом описанных особенностей их кристаллических структур.

Известно, что у **X** и **Y** практически идентичные по объему и идентичные по структуре решетки. Следовательно, в одинаковых объемах веществ **X** и **Y** содержится одинаковое количество атомов данных элементов. Тогда соотношение их плотностей примерно совпадет с соотношением их атомных масс:

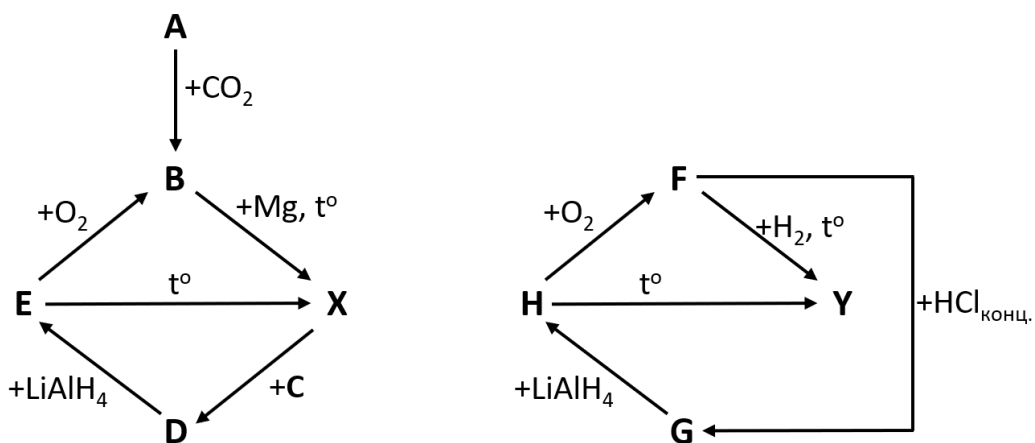
$M(\text{Y})/M(\text{X}) \approx 5.33/2.33 \approx 2.3$ или $M(\text{X})/M(\text{Y}) \approx 0.4$. Конечно, даже незначительно отличие в объемах приведет к погрешности этого отношения, однако уже ясно, что это не может быть пара, например, углерод-олово.

Растворимая в воде соль **A** ($\omega(\text{X}) = 0,1821$) может прореагировать с углекислым газом с образованием бинарного вещества **B** [реакция 1]. Для получения чистого аморфного **X** вещество **B** выделяют из раствора и прокалывают с порошком магния [реакция 2]. При помещении **X** в атмосферу желто-зеленого ядовитого простого газа **C** получается бесцветная жидкость **D** ($\omega(\text{X}) = 0,1652$) [реакция 3], которая реагируя с алюмогидридом лития (LiAlH_4) образует смесь хлоридов металлов, а также бинарное вещество **E** [реакция 4]. Вещество **E** легко сгорает в кислороде воздуха до вещества **B** [реакция 5]. Иногда для получения сверхчистого **X** с особой морфологией поверхности используют термическое разложение вещества **E** [реакция 6].

Соединение **F** содержит элемент **Y** и с точки зрения стехиометрии является аналогом вещества **B**. Однако в отличие от **B**, **F** можно растворить в концентрированной соляной кислоте с образованием вещества **G** [реакция 7]. **G** в реакции с алюмогидридом лития образует аналогичную смесь хлоридов и вещество **H** ($\omega(\text{Y}) = 0,9478$) [реакция 8]. **H** сгорает в кислороде воздуха до вещества **F** [реакция 9] и также способно термически разлагаться до простого вещества **Y** [реакция 10].

Дополнительно известно, что структуры **E** и **H** изоморфны (то есть обладают одинаковым строением), из вещества **F** получают **Y** путем взаимодействия с водородом [реакция 11].

Для вашего удобства все описанные в задаче превращения скомпонованы в следующую схему:



3). Определите элементы/простые вещества **X** и **Y**.

4). Определите вещества **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F**, **G**, **H**.

Вещество	Формула	Вещество	Формула
X	Si	D	SiCl ₄
Y	Ge	E	SiH ₄
A	K ₂ SiO ₃	F	GeO ₂
B	SiO ₂	G	GeCl ₄
C	Cl ₂	H	GeH ₄

Приведите необходимые расчеты и пояснения:

Проще всего зацепиться за реакцию 3 и 4. Мы знаем, что в реакции 3 из простого X и простого C получается D с известной массовой долей X. Далее сказано, что при реакции D с LiAlH₄ получается смесь хлоридов металлов. Единственный вариант, при котором это возможно – если C является хлором, что подтверждается описанием его цвета. Зная массовую долю хлора в соединении D ($\omega(\text{Cl}) = 1 - \omega(\text{X}) = 1 - 0,1652 = 0,8348$), можно устроить перебор для определения элемента X. Общая формула бинарного соединения D, по-видимому, XCl_n.

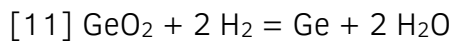
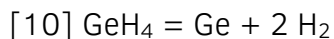
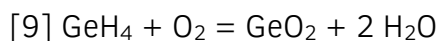
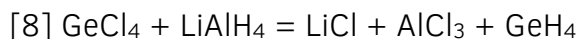
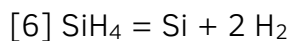
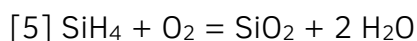
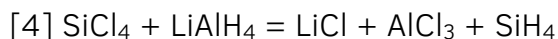
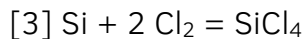
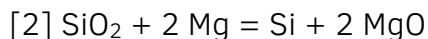
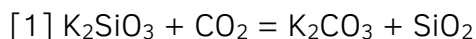
Количество хлора	Масса соединения D	Масса X	Элемент X и D
1	42,5	7,0	Li (LiCl)
2	85,1	14,1	N (NCl ₂)
3	127,6	21,1	-
4	170,1	28,1	Si (SiCl ₄)
5	212,6	35,1	-
6	255,2	42,2	-
7	297,7	49,2	-
8	340,2	56,2	-

NCl₂ и LiCl можно смело отметить, т.к. N₂ и Li не являются полупроводниками, также они не подойдут в предложенную цепочку превращений. Получается, вещество D — это SiCl₄, а элемент и простое вещество X — кремний. Далее по тексту легко устанавливается E – бинарное соединение, получаемое в реакции SiCl₄ и LiAlH₄. Т.к. хлор уходит на образование хлоридов металлов (лития и алюминия), единственное возможное вещество E: SiH₄. При его сгорании образуется бинарное B: SiO₂, из которого можно получить чистый кремний восстановлением магнием. Самое трудное вещество в левой части схемы – это соль A. Реакция с CO₂ вряд ли является окислительно-восстановительной, следовательно, скорее всего, соль A – это растворимый силикат, т.е. скорее всего силикат щелочного металла с формулой Me₂SiO₃. По массовой доле рассчитаем молярную массу вещества: $M(\text{Me}_2\text{SiO}_3) = 28,1/0,1821 = 154,3$ г/моль, на катионы остается $154,3 - 28,1 - 48 = 78,2$ – идеально подходит под два катиона калия. Соль A – это K₂SiO₃.

Для определения Y можно воспользоваться условием про плотности простых веществ. Известно, что у них схожие решетки, схожие объемы решеток, а значит, плотности веществ относятся так же, как атомные массы элементов, образующих вещества. Т.е. элемент Y примерно в $5.33/2.33 \approx 2.3$ раза тяжелее кремния, его молярная масса составит $28.1 \cdot 2.3 \approx 65$ г/моль. Из элементов этой же группы наилучшим кандидатом является германий, массы остальных элементов группы углероды слишком велики. Ниже мы подтвердим это утверждение.

F — стехиометрический аналог B, т.е. GeO₂. Действуя по аналогии с кремнием, получим, что G — это GeCl₄, H — GeH₄. Проверим численные значения, мы же знаем массовую долю Y в H. Массовая доля германия в GeH₄ составляет $72.6/76.6 = 0.9477$, идеально совпадает с условием.

5). Напишите уравнения упомянутых одиннадцати реакций.



Разбалловка:

1. Ответ про группы в которых стоит искать полупроводники	1 балл
2. Расчет соотношения молярных масс	1 балл
3. Определение X и Y – по 1,5 балла за каждый	3 балла
4. Определение веществ А-Н – по 0,5 баллов за каждое	4 балла
5. 11 верных и уравненных реакций – по 1 баллу за каждую	11 баллов
ИТОГО	20 баллов

Задача 3. (Не)качественная задача (автор задачи — Евгений Анохин)

Юный Колбочкин при подготовке к финалу олимпиады по химии захотел освежить свои знания по аналитической химии, а именно потренироваться в одной из кислотно-основных катионных схем. Учитель приготовил для него неокрашенный раствор, содержащий смесь нитратов двух катионов металлов (вещества **A** и **B**), и предложил исследовать его.

Для начала Колбочкин решил проверить, изменяет ли окраску пламени внесение в пламя исследуемого раствора. Оказалось, что пламя горелки никаким заметным образом при этом не изменялось. Затем юный химик попробовал прибавить к образцу смеси раствор соляной кислоты: при этом раствор мгновенно помутнел, в нем образовался разнородный белый осадок [блок реакций 1]. Колбочкин только удовлетворенно хмыкнул и решил проверить, оказывает ли какое-то влияние на полученный белый осадок раствор аммиака. При добавлении концентрированного раствора часть хлопьев белого осадка растворилась [блок реакций 2], сам раствор там и остался бесцветным.

В качестве последнего опыта Колбочкин добавил к исходной смеси одномолярный раствор щелочи [блок реакций 3]. Какого же было его удивление, когда в пробирке он обнаружил желтый осадок вещества **B**! Исходные вещества были бесцветные, а тут такая внезапность. Юный химик был настолько обескуражен, что попросил у учителя изучить растворы веществ **A** и **B** по отдельности. Он решил провести некоторый стандартный набор качественных реакций, которые могли бы помочь определить вещества.

В ходе исследования раствора **A** Колбочкин зафиксировал следующие наблюдения.

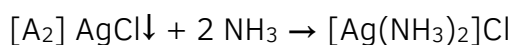
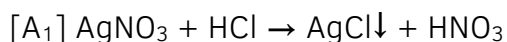
При добавлении к раствору **A** раствора соляной кислоты выпадает белый хлопьевидный осадок [реакция A_1]. Этот осадок без остатка растворяется как в избытке аммиака [реакция A_2], так и в насыщенном растворе поваренной соли [реакция A_3].

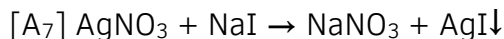
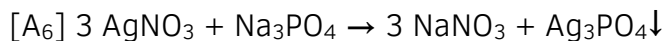
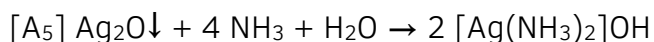
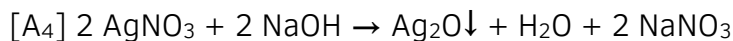
При добавлении к раствору **A** раствора щелочи образуется темно-коричневый осадок вещества **Г** [реакция A_4], который так же растворяется в избытке водного раствора аммиака [реакция A_5]. При этом темный осадок **Г** никак не изменяется при добавлении избытка щелочи.

С растворами фосфата и иодида натрия раствор **A** образует осадки желтых оттенков окраски [реакции A_6 и A_7]; с иодидом более бледный, чем с фосфатом.

1). Определите вещество **A**, напишите уравнения реакций A_1 – A_7 .

Вещество **A** — AgNO_3





Аналогичные эксперименты Колбочкин провел и с раствором вещества **Б**.

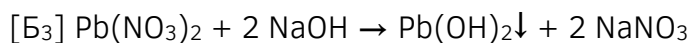
При добавлении соляной кислоты выпал белый осадок [реакция Б₁]; в отличие от предыдущего он не растворялся в избытке аммиака, но все так же растворялся в насыщенной поваренной соли [реакция Б₂].

При медленном добавлении раствора щелочи к раствору вещества **Б** сперва наблюдается образование белого аморфного осадка [реакция Б₃], который затем растворяется без следа с образованием прозрачного бесцветного раствора [реакция Б₄] при добавлении избытка щелочи.

Взаимодействие раствора вещества **Б** с раствором фосфата натрия приводит к выпадению белого осадка [реакция Б₅], а вот взаимодействие и иодидом натрия приводит к образованию осадка золотого цвета [реакция Б₆]. Золотой осадок легко растворяется при нагревании смеси, сам раствор при этом практически полностью обесцвечивается; осадок выпадает вновь в виде крупных золотых пластинчатых чешуек-снежинок при охлаждении.

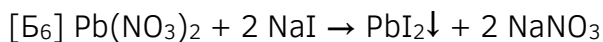
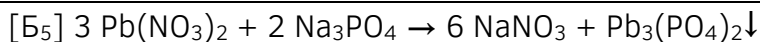
2). Определите вещество **Б**, напишите уравнения реакций Б₁–Б₆. Ответьте на дополнительный теоретический вопрос.

Вещество **Б** — $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$



Какое свойство проявляет катион металла вещества **Б** в реакциях Б₃–Б₄?

Pb^{2+} проявляет свои амфотерные свойства.



На основании проведенных реакций Колбочкин легко определил катионы металлов в веществах **A** и **B**. Состав осадка **B** легко можно было найти в литературе, но юный химик уже итак упростил себе задачу: изучив растворы **A** и **B** по отдельности, он понял суть химической реакции, происходящей в [блоке реакций 3]. Оставалось только аккуратно посчитать.

Для количественного определения химического состава осадка Колбочкин решил воспользоваться потенциометрическим титрованием, в ходе которого как раз образовывалось искомое вещество **B**. Первичный раствор для титрования был изготовлен следующим образом: к 25,00 мл 0,100 М раствора вещества **B** при перемешивании последовательно добавили 20,00 мл 1,00 М раствора натриевой щелочи и 5,00 мл 0,10 М раствора хлорида натрия. На титрование 10,00 мл аликвоты первичного раствора до достижения аналитического сигнала потребовалось 11,33 мл раствора вещества **A** с концентрацией титранта 15,000 г/л (усреднено по шести титрованиям). Гравиметрический анализ показал, что масса осадка, образующегося при титровании аликвоты, составляет 228 мг.

3). Вычислите состав соединения **B**, считая, что погрешность титрования составляет не более 0,3%. Приведите все необходимые расчеты. Напишите реакцию, соответствующую [блоку 3].

Вещество **B** — Ag_2PbO_2



$$n(\text{AgNO}_3) = \frac{11,33 \cdot 15}{1000 \cdot (107,9 + 14 + 3 \cdot 16)} = 1,000 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

$$n(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = \frac{25}{1000} \cdot 0,100 \cdot \frac{1}{5} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ моль} \quad [1/5 \text{ — это аликвота } 10 \text{ мл из } 50]$$

Получается, что в осадке соотношение свинца и серебра составляет 1 к 2, а в 228 мг осадка содержатся посчитанные выше количества вещества свинца и серебра. Посчитаем молярную массу соединения, как будто в осадке содержится один атом свинца.

$M = \frac{228}{0,5} = 456 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$; вычитаем из этой массы два атома серебра и один атом свинца, получаем массу остатка в 33 г/моль. С учетом погрешности титрования «не более 0,2%» получаем погрешность молярной массы $456 \cdot 0,003 \approx 1,37 \text{ г/моль}$. Отсюда масса остатка соответствует двум атомам кислорода, а формула вещества Ag_2PbO_2 .

Разбалловка:

13 реакций \times 1 балл = 13 баллов

Ответ на вопрос про амфотерность и вещества **A** и **B** по 1 баллу — 3 балла суммарно

Формула вещества **B** с расчетом — 3 балла, уравнение [блок 3] — 1 балл.

Суммарно 20 баллов.

Задача 4. Магическая парамагнитная жидкость (автор задачи — Владимир Королёв)

В одном известном эксперименте магнитные свойства солей переходных металлов демонстрируют следующим образом. Берут водный раствор хлорида марганца с плотностью, равной плотности несмешивающейся с ним жидкости, дихлорметана (1,33 г/мл). Помещают обе жидкости в одну пробирку и подносят к ней магнит. Следуя за магнитом, капля водного раствора хлорида марганца всплывает или тонет.

Наша задача будет посвящена этому эксперименту и некоторым выводам, которые можно из него сделать.

А. Ионная геометрия

1). Оцените среднее расстояние между молекулами воды в воде, постаравшись ошибиться не более чем в 2 раза. Примите плотность за 1 г/мл. Во всех трех случаях ниже приведите расчет.

Подсказка для расчета: мысленно остановите время (и движение молекул), и представьте себе, что объем воды разбит на маленькие одинаковые кубики. Внутри каждого кубика есть точка, собственно, ровно одна молекула воды. Кубики не пересекаются и плотно прилегают друг к другу, не оставляя свободного места.

Посчитаем объем кубика, приходящегося на 1 молекулу воды.

В 1 мл H_2O $\nu = \frac{m}{M} = \frac{1}{18}$ моль, или примерно $N = N_A \cdot \nu = 6 \cdot 10^{23} / 18 = 1/3 \cdot 10^{23}$ шт молекул воды.

На 1 молекулу приходится $V_1 = \frac{1}{N}$ мл = $3 \cdot 10^{-23}$ мл = $3 \cdot 10^{-23}$ см³ = $30 \cdot 10^{-24}$ см³. Это кубик со стороной примерно $3 \cdot 10^{-8}$ см, или 3 Å.

Среднее расстояние между молекулами воды отсюда — 3 Å. Засчитывается при разумном расчете 1.5-6 Å

2). Предположите, что при растворении хлорида марганца в воде, объем полученного раствора равен объему исходно взятой воды (это почти правда). Сравните массовую долю хлорида марганца в кристаллогидрате $MnCl_2 \cdot 6H_2O$ и растворе с плотностью 1,33 г/мл.

Если объем раствора после растворения не меняется, то тогда в 1 мл раствора остается масса 1 мл чистой воды, а все остальное — $MnCl_2$. Значит масса $MnCl_2$ в 1 мл раствора = 0.33 г/мл. Отсюда массовая доля $\omega(MnCl_2) = \frac{0,33}{1,33} = 25\%$. Можно провести расчет иначе, и тогда

В $MnCl_2 \cdot 6H_2O$ $\omega(MnCl_2) = \frac{M(MnCl_2)}{M(MnCl_2 \cdot 6H_2O)} = \frac{125,9}{125,9+108} = 53,8\%$, всего лишь в два раза больше.

3). Оцените среднее расстояние между ионами марганца в растворе, описанном выше, постаравшись ошибиться не более чем в 2 раза.

Нам потребуется выяснить, какой объем раствора приходится на один ион марганца. Для этого нам пригодится молярная концентрация

$$C(MnCl_2) = \frac{\nu}{V} = \frac{0,33 \text{ г/мл}}{125,9 \text{ г/моль} \cdot 1 \text{ мл}} = 0,0026 \frac{\text{моль}}{\text{мл}} = 2,6 \text{ моль/л}$$

$$V_1 = \frac{1 \text{ мл}}{N} = \frac{1 \text{ мл}}{0,0026 \cdot 6 \cdot 10^{23}} = 640 \cdot 10^{-24} \text{ см}^3$$

Для такого кубика сторона примерно равна 8.6 Å. Засчитывается от 4.3 до 17.2 Å

Б. Магнитная физика

Все вещества взаимодействуют с магнитным полем, без исключения: какие-то отталкиваются от него, а какие-то притягиваются. К примеру, вода выталкивается из магнитного поля: благодаря этому можно заставить левитировать лягушку над очень сильным магнитом (за это даже дали Шнобелевскую премию Константину Новоселову). Подавляющее большинство магнитных явлений связаны с электронами в веществе.

Вещества, притягивающиеся к магниту, называются парамагнетиками. То, как сильно притягивается вещество, зависит от числа неспаренных электронов (НСЭ) в ионах, его составляющих: каждый из них представляет собой маленький магнитик сам по себе. Давайте потренируемся их определять. Электрон называется неспаренным, если он находится на орбитали в одиночестве.

4). Из каких ионов состоит $MnCl_2$? Определите их заряд, электронную конфигурацию и количество неспаренных электронов.

Ионы в $MnCl_2$	Заряд	Электронная конфигурация	Количество НСЭ
Ион 1 Mn^{2+}	+2	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^0 3d^5$	5
Ион 2 Cl^-	-1	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$	0

5). Исследуем еще четыре соли для той же цели. Каковы формальные заряды на атомах/ионах, из которых состоят вещества? Степени окисления тут можно рассматривать как эквивалент заряда.

$Cr(ClO_4)_3$	Заряд (СО)	Электронная конфигурация	Количество НСЭ
Ион 1 Cr^{3+}	3+	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^0 3d^3$	3
Ион 2 Cl^{+7}	+7	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^0 3p^0$	0
Ион 3 O^{-2}	-2	$1s^2 2s^2 2p^6$	0
$CuSO_4$	Заряд (СО)	Электронная конфигурация	Количество НСЭ
Ион 1 Cu^{2+}	2+	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^0 3d^9$	1
Ион 2 S^{+6}	+6	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^0 3p^0$	0
Ион 3 O^{-2}	-2	$1s^2 2s^2 2p^6$	0
$Zn(NO_3)_2$	Заряд (СО)	Электронная конфигурация	Количество НСЭ
Ион 1 Zn^{2+}	2+	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^0 3d^{10}$	0
Ион 2 N^{+5}	+5	$1s^2 2s^0 2p^0$	0
Ион 3 O^{-2}	-2	$1s^2 2s^2 2p^6$	0
$GdCl_3$	Заряд (СО)	Электронная конфигурация	Количество НСЭ
Ион 1 Gd^{3+}	+3	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^0 4f^7$	7
Ион 2 Cl^-	-1	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$	0

Сила притяжения парамагнетика к магниту определяется так:

$$F = \nu \cdot H \cdot \sqrt{n \cdot (n + 1)},$$

Где ν — количество магнитных ионов в образце (моль), n — количество НСЭ в одном ионе, H — параметр, показывающий силу магнита. Не думайте о параметре H слишком много — мы будем везде использовать одинаковый магнит. Примите его за 10 Н/моль.

6). Вернемся к эксперименту с хлоридом марганца. Пусть у нас есть капля раствора $MnCl_2$ объемом 0,03 мл с концентрацией 2 моль/л, которая притягивается к магниту. Какова должна быть концентрация $GdCl_3$ в такой же капле воды, чтобы сила ее притяжения к магниту была такой же? А если взять $Cr(ClO_4)_3$, $CuSO_4$, $Zn(NO_3)_2$? Достижимы ли такие концентрации?

Для справки. Растворимость на 100 г воды при комнатной температуре: $GdCl_3$ — 95 г, $Cr(ClO_4)_3$ — 136 г, $CuSO_4$ — 22,3 г, $Zn(NO_3)_2$ — 127 г.

Условие говорит нам, что $F(MnCl_2) = F(GdCl_3)$

$$\nu(MnCl_2) \cdot H \cdot \sqrt{n_1 \cdot (n_1 + 1)} = \nu(GdCl_3) \cdot H \cdot \sqrt{n_2 \cdot (n_2 + 1)}$$

В остальных – аналогично. Растворимости на 100 г воды пересчитываем на 1 л.

$$\begin{aligned} \nu(GdCl_3) &= \nu(MnCl_2) \cdot \sqrt{\frac{30}{56}} = 2 \cdot 0,732 \\ &= 1,46 \text{ моль/л} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m(GdCl_3)_{\text{на 1 л}} &= 263,8 \text{ г/моль} \cdot 1,46 \text{ М} \\ &= 385 \text{ г/л, растворимо} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \nu(Cr(ClO_4)_3) &= \nu(MnCl_2) \cdot \sqrt{\frac{30}{12}} = 2 \cdot 1,58 \\ &= 3,16 \text{ моль/л} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m(Cr(ClO_4)_3)_{\text{на 1 л}} &= 350,5 \text{ г/моль} \cdot 3,16 \text{ М} \\ &= 1107,6 \text{ г/л, растворимо} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \nu(Zn(NO_3)_2) &= \nu(MnCl_2) \cdot \sqrt{\frac{30}{0}} \\ &= \text{не существует} \end{aligned}$$

Вопрос о концентрации не имеет смысла

$$\begin{aligned} \nu(CuSO_4) &= \nu(MnCl_2) \cdot \sqrt{\frac{30}{2}} = 2 \cdot 3,87 \\ &= 7,74 \text{ моль/л} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m(CuSO_4)_{\text{на 1 л}} &= 263,8 \text{ г/моль} \cdot 7,74 \text{ М} \\ &= 1236 \text{ г/л, нерастворимо} \end{aligned}$$

7). Последний вопрос связан с возможностью исследовать электронное строение атомов в веществах, используя результаты магнитных измерений. Известно, что вещество состава AgO — диамагнетик, то есть не проявляет парамагнитных свойств. Выдвиньте гипотезу о том, почему это так? Какие электронные конфигурации можно приписать атомам?

В соединении AgO нечетное количество электронов, а значит оно обязано иметь неспаренные электроны. Единственный способ этого избежать — предположить, что на самом деле соединение имеет формулу Ag_2O_2 (например). Тогда можно выдвинуть такую гипотезу:

Ag_2O_2 – смешанный оксид (это правда так).

$\begin{matrix} +1 & +3 & -2 \\ \text{Ag} & \text{Ag} & \text{O}_2 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +1 \\ \text{Ag}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^0 4d^{10} \\ +3 \\ \text{Ag}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^0 4d^8, \\ \text{причем } 4d^8 = d_{xy}^2 d_{xz}^2 d_{yz}^2 d_{x^2-y^2}^2 d_{z^2}^0 \\ -2 \\ \text{O}: 1s^2 2s^2 2p^6 \end{matrix}$
--	--

Другие *разумные* гипотезы тоже засчитываются.

Разбалловка:

- Пункты 1-3: 1 балл за пункт, итого 3 балла
 Пункты 4-5: 1 балл за каждую конфигурацию + НСЭ
 Пункт 6: 2*4=8 баллов
 Пункт 7: 4 балла (2 за Ag_2O_2 и 2 за электронные конфигурации)

Задача 5. Барбигеймер (авторы задачи — Данила Деянков / Евгений Анохин / Александр Соболев)

Самой насущной проблемой вселенной Барбигеймера является удовлетворение хотелок и тех, и других: одним подавай бомбы, другим — розовые платья. Как же хорошо, что в их вселенной есть такой же минерал, как и у нас — биберит (X_1). На первый взгляд этот красный камень не совсем подходит для платья Барби. Однако, местные ученые выяснили, что при нагревании вместе с потерей массы он постепенно меняет свой цвет на розовый, который уже можно использовать в качестве красителя для нарядов.

Получение розового пигмента — это достаточно трудоемкий технологический процесс, ведь при нагревании ненужные части уходят не сразу, а ступенчато с образованием промежуточных продуктов X_2 – X_6 . Разложение минерала скрупулезно изучили методом термогравиметрии (ТГА) с масс-спектрометрическим (МС) анализатором. При помощи ТГА химики смогли определить, при каких температурах происходит потеря массы, а также саму потерю массы, выраженную в процентах. Метод МС использовался для определения состава продуктов разложения. Вещества, попадающие в анализатор, ионизировались, а после посредством магнитного поля разделялись в зависимости от соотношения массы частицы к её заряду (m/z), полученные ионы поступали в детектор: чем больше частиц попадало на детектор, тем интенсивнее становился сигнал на диаграмме. Частота попаданий частиц на детектор зависела не только от силы ионизатора и входного потока, но и от изотопного состава молекул. Оказалось, что вплоть до 310 °С выделялось вещество **A**, а сами данные масс-спектрометрии приведены в таблице.

Соотношение m/z	Относительная интенсивность сигнала
18	100
17	21
16	1
19	<1
20	<1

1). Определите вещество **A**, приведите все необходимые рассуждения. С чем вы связываете наличие нескольких сигналов в масс-спектре?

Вещество **A**, отщепляемое при нагревании минералов с массой в районе 18 — с высокой вероятностью является водой. Наибольшая интенсивность в масс-спектре как раз соответствует ионизированной молекуле H_2O . Следующий по интенсивности пик с массовым числом 17 — логично связать с частицей OH , которая получается при разрыве молекулы воды под действием ионизатора. Менее интенсивный пик с массовым числом 16 — это одинокий атом кислорода, от которого оторвало оба атома водорода. Пики с числами 19 и 20 — это различная тяжелая вода, т.е. D_2O , HDO , $H_2^{17}O$. Т.к. эти изотопы почти не распространены в природе, интенсивность пиков соответствующих частиц крайне мала и почти не видна в реальном спектре. Таким образом при нагревании минерала постепенно (судя по таблице ниже) отщепляется кристаллогидратная вода.

В таблице ниже приведены данные термогравиметрии.

Температура, °С	Относительная масса образца, %	Изменение массы образца от m_0 , %	Вещество
25	100,00	0	X ₁
108	93,59	6,41	X ₂
140	74,38	25,62	X ₃
165	61,57	38,43	X ₄
310	55,16	44,84	X ₅
900	26,65	73,35	X ₆

«Но где же здесь Оппенгеймеры?» — спросите Вы. Оказалось, что при переработке вышедших из моды платьев удается получить прекурсор для создания термоядерного припаса. При нагреве свыше 900 °С платья теряют красивый розовый цвет, а из остатков можно выделить темно-зеленое (почти черное) вещество X₆. Его желательно очистить от примесей, это можно сделать растворением в соляной кислоте, а при помощи последующего электролиза расплава получившейся соли можно получить X — заветный элемент боеголовки. Физикам-ядерщикам очень сильно повезло, ведь Барби не знают, что при растворении основного элемента бомбы в купоросной водке можно обратно получить розовый краситель...

2). Используя данные ТГА и МС, определите различие в молярных массах между веществами X₁–X₆. Основываясь на этих различиях определите металл X, и вещества X₁–X₆, ответ подтвердите расчетами.

Вещество	Формула	Вещество	Формула
X	Co	X ₄	CoSO ₄ · H ₂ O
X ₁	CoSO ₄ · 7 H ₂ O	X ₅	CoSO ₄
X ₂	CoSO ₄ · 6 H ₂ O	X ₆	CoO
X ₃	CoSO ₄ · 3 H ₂ O		

Подтверждение расчетами

Фраза про восстановление исходного вещества с помощью купоросной водки (серной кислоты) наводит на мысль о том, что речь идет о сульфате какого-то металла. При сильном нагревании до 900°C остается черное вещество, вероятно, оксид, который затем растворяют в соляной кислоте с получением хлорида. Далее хлорид плавят, электролизуют и получают свободный металл X. Попробуем произвести расчеты в предположении, что X — металл, X₆ — оксид металла, а X₅ — безводный сульфат (т.к. это наиболее прогретый исходный минерал). Допустим, исходного вещества X₁ было взято 100 г, тогда X₅ останется 55,16 г, а X₆ — 26,65 г. Схема реакции из X₅ в X₆:

$\text{MeSO}_4 = \text{MeO} + \text{SO}_3$ (реакция для двухзарядного катиона, но писать можно схематично, а затем учесть с коэффициентом пропорциональности, если не сойдутся массы).

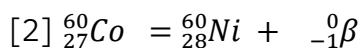
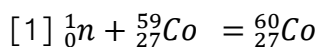
Изменение массы в последней реакции составляет 28,51 г, это полностью соответствует оксиду серы (VI), его количество тогда составляет 0,3564 моль. В таком случае молярная масса оксида составляет $26,65/0,3564 = 74,8$ г/моль. Масса Me составит $74,8 - 16 = 58,8$ г/моль. Подходит под кобальт или никель. По цвету веществ это скорее кобальт, соединения которого как раз известны разнообразной окраской. Все дальнейшие вычисления связаны с определением количеств отщепляемой воды. Так, по первой стадии отщепляется $6,41/18 = 0,356$ моль, совпадает с количеством соли, т.е. отщепилась 1 молекула воды. Запомним, что отщепление одной молекулы воды – это потеря 6,41 г от 100 г. На второй стадии отщепляется 19,21 г, что в три раза больше, чем по первой стадии, т.е. три молекулы воды. Далее идет потеря 12,81 г вещества, т.е. двух молекул воды. Наконец, на последней стадии отщепляется 6,41 г, еще одна, последняя, молекула воды. Итого от X₁ до X₅ отщепилось $1 + 3 + 2 + 1 = 7$ молекул воды. Получается, в задаче идет речь о $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{CoSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{CoSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{CoSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, CoSO_4 , CoO , Co .

Принцип действия боезаряда заключается в следующем: при активации оболочка облучается мощным нейтронным потоком. В результате захвата нейтрона (${}_0^1n$) стабильное ядро превращается в радиоактивный изотоп Y [реакция 1]. В результате испускания бета-частицы (${}_{-1}^0\beta$) данный нуклид образует другой изотоп Z в возбужденном состоянии [реакция 2], который затем переходит в основное состояние, испуская один гамма-квант.

Для справки. В ядерных реакциях слева сверху от названия частицы указывают ее массу (у нейтрона масса 1, например, а слева снизу — электрический заряд, у нейтрона он равен нулю). Например, альфа-частицы, являющиеся ядрами гелия, записывают так: ${}^4_2\text{He}$.

3). Запишите уравнения ядерных [реакций 1 и 2]. Определите Y, Z, в качестве ответа запишите атомы с указанием их атомных масс и зарядов.

Вещество Y — ^{60}Co Вещество Z — ^{60}Ni



Атомы Y обладают разрушающим радиологическим действием: 10 мкг этого вещества претерпевает $4,25 \cdot 10^8$ распадов в секунду, в то время как допустимая активность — это $2 \cdot 10^6$ распадов в секунду при нахождении около источника излучения до года. Количество актов распада в секунду прямо пропорционально массе радиоактивного изотопа.

4). Оцените, через какое время можно будет безопасно находиться на территории, загрязненной 10 мкг Y, если период полураспада Y составляет 5,27 лет. Период полураспада — время, за которое распадается половина от имеющегося вещества. За первый период полураспада распадется половина вещества, за второй период полураспада — половина от оставшейся половины (одна четверть) и так далее.

Необходимо, чтобы масса уменьшилась так, чтобы активность кобальта уменьшилась с $4,25 \cdot 10^8$ р/с до $2 \cdot 10^6$ р/с, т.е. в 212.5 раз.

Из текста про полураспад становится ясно, что за 5,27 лет активность уменьшится в 2 раза, за $5,27 \cdot 2$ лет в $2 \cdot 2$ раза и т.д. Вспоминая степени двойки заметим, что число 212.5 лежит между $128 = 2^7$ и $256 = 2^8$, находясь чуть ближе к 256. Таким образом, оценочно можно сказать, что должно пройти 8 периодов полураспада, т.к. $5,27 \cdot 8 = 42,16$ лет. Через такое время можно хоть как-то находиться около такого кобальта.

Разбалловка всей задачи:

А — это вода	1 балл
Объяснение про различные массовые числа	1 балл
Определение X	2 балла
Определение X1-X6 по 1 баллу за каждый	6 баллов
Частица Y	1 балл
Частица Z	1 балл
Ядерная реакция с Y	2 балла
Ядерная реакция с Z	2 балла
Расчет коэффициента падения активности	1 балл
Расчет времени падения активности	3 балла
Итого	20 баллов

Задача 6. Последняя задача (Германа) Гесса (автор задачи — Александр Соболев)

Примерно год назад юный химик Герман совершил ошибку с машиной времени и попал в параллельную реальность, где ему пришлось устанавливать вещества с необычными названиями с помощью местного ученого Ненделеева. Если вы вдруг забыли, то Герман узнал такие названия для обычных веществ: Дух Соли, Муриевая кислота (HCl); Адский Камень (AgNO₃); Щелочной Воздух, Нюхательный Спирт (NH₃); Философская Ртуть (Pb); Дефлогистированный Воздух (O₂); Аквафортис (HNO₃); Трескучая Соль (NaCl); Купоросное Масло (H₂SO₄); Огненная Вода (C₂H₅OH); Этиловая Жидкость (Pb(C₂H₅)₄); Царская Водка (HNO₃ + HCl). Ненделеев помог Герману починить машину времени и вернуться в нашу реальность, где уже не такой юный (один год в параллельной реальности продлился семь в нашей), наш герой решил сочинить задачу на тему тривиальных названий веществ для своего подрастающего младшего брата Джуниора, увлекающегося химией. Прочитаем вместе с Джуниором текст задачи:

«Дорогой Джуниор, тебе предстоит отгадать по описанию, что представляют из себя следующие вещества или смеси веществ (бинарные подчеркнуты одной чертой): Инфузорная Земля, Сладкий Купорос, Ярь-Медянка, Кислый Спирт, Медный Спирт, Хлебный Спирт, Норвежская Селитра, Синий Камень, Фагеденическая Вода, Гидрофилит, Алкаль, Сухой Лед, Огненный Воздух, Бримстоун, Арагонит, Рудный Газ, Кераргирит. Об их некоторых взаимных превращениях известно следующее:

1) Сухой Лед нельзя окислить кислородом, хоть он и сухой. При погружении Сухого Льда в воду образуется большое количество газа X с плотностью по гелию $D_{\text{He}} = 11$. Также газ X образуется при действии Кислым Спиртом на Арагонит.

2) Бримстоун является простым желтым веществом — основным сырьем для получения Кислого Спирта в больших масштабах, также для этого процесса нужно много воды и Огненного Воздуха (тоже, кстати, простое вещество). Массовая доля кислорода в Кислом Спирте составляет 0,6531.

3) Гидрофилит, Арагонит и Норвежская Селитра содержат как минимум одним общим элементом В. Массовая доля В в этих веществах составляет 0,3609; 0,4006; 0,2444 соответственно. Эти три вещества связаны следующей цепочкой превращений (коэффициенты расставлены):

3а) Гидрофилит + 2 Алкаль + X = Арагонит↓ + 2 Трескучая соль + H₂O

3б) Гидрофилит + 2 Адский камень = Норвежская Селитра + 2 Кераргирит↓

4) Кислый, Хлебный и Медный Спирты называются втроем Спиртами и состоят каждый из атомов трех элементов, однако только двое из них относятся к одному классу веществ. Молярная масса ни одного из Спиртов, кроме Кислого, не превышает 80 г/моль. В формуле Хлебного Спирта на один атом кислорода меньше, зато на два атома водорода больше, чем в формуле Медного Спирта. При воздействии на Хлебный Спирт Кислым Спиртом можно получить [реакция 1] Сладкий Купорос ($D_{\text{He}} = 18,5$). Медный Спирт же можно получить так:

Ярь-Медянка + Кислый Спирт = Y + 2 Медный Спирт

Соль **Y** также можно получить при растворении **Синего Камня** в воде, при этом образуется сине-голубой раствор. **Ярь-Медянка**, **Y** и **Синий Камень** содержат как минимум один общий элемент **D**. Массовая доля **D** составляет 0,3499; 0,3981; 0,2545 соответственно.

5) **Фагеденическая Вода** представляет из себя фармацевтическую смесь воды, **Гидрофилита** и бинарного вещества **Z**. Разложение вещества **Z** при нагревании протекает с образованием уникального простого вещества **A** и **Огненного Воздуха**. Сама реакция обладает важным историческим значением, однако ее демонстрация в школе в современности не практикуется. Массовая доля **A** в **Z** составляет 0,9261.

6) При взаимодействии **Сладкого Купороса**, **Медного Спирта**, **Хлебного Спирта** и **Рудного Газа** (кстати молярная масса **Рудного Газа** не превышает 20 г/моль) с избытком **Огненного Воздуха** образуется только два вещества — вода и газ **X**. При измерении количеств выделяющихся воды и **X** в ходе этих реакций получены следующие данные:

Реагент и его масса	Масса X	Масса воды
Сладкий Купорос , 74 г	176 г	90 г
Медный Спирт , 60 г	88 г	36 г
Хлебный Спирт , 46 г	88 г	54 г
Рудный Газ , 16 г	44 г	36 г

7) **Инфузорная Земля** при обычных условиях не прореагирует с большинством указанных веществ. Именно поэтому ее используют как сырье для производства устойчивой к большинству химических воздействий посуды. Пожалуй, среди приведенного списка веществ, **Инфузорная Земля** может прореагировать только с большим количеством **Алкаля** при нагревании [реакция 2].

8) **Гидрофилит**, **Арагонит**, **Норвежская Селитра**, **Кислый Спирт**, **Алкаль**, **Кераргирит**, вещество **Y** и **Ярь-Медянка** являются веществами, которые можно найти в таблице растворимости.

Дорогой Джуниор, я уверен, имея эти подсказки, ты точно сможешь ответить на такие вопросы моей задачи:

Вопрос 1. Установи формулы всех веществ, зашифрованных тривиальными названиями.

Вопрос 2. Также установи формулы веществ **X**, **Y**, **Z**.

Вопрос 3. Напиши уравнения [реакции 1] и [реакции 2].

Вопрос 4. В чем роль **Кислого Спирта** в [реакции 1]?

Вопрос 5. Нарисуй структурную формулу **Сладкого Купороса**, если известно, что она весьма симметричная, а все элементы проявляют типичные валентности.

Вопрос 6. Что является более энергетически эффективным топливом при условии одинаковости взятого объема: **Бримстоун**, **Рудный Газ** или **Хлебный Спирт**? Рассчитайте теплоты сгорания одного кубометра каждого из веществ, если известно, что их плотности составляют 2070 кг/м³; 0,668 кг/м³; 789 кг/м³ соответственно. Мольные теплоты сгорания веществ составляют 297 кДж/моль; 891 кДж/моль; 1367 кДж/моль соответственно.

Удачи, с уважением, Герман!

P.S. Вещества могут совпадать с теми, что я встретил у Менделеева {перечислены в начале задачи}, а могут и не совпадать! »

Итак, мы ознакомились с текстом задачи и пятью заданиями, которые Герман придумал для Джуниора. В нашей же задаче на олимпиаде Гесса будет всего одно задание:

1). Дайте ответы на вопросы в задаче Германа, подкрепив их решением. Необязательно определять каждое вещество с помощью расчета, численные данные можно использовать для подтверждения своих догадок на основе качественного описания. Однако у каждого вещества должно быть свое логическое обоснование — или качественное, или количественное.

Для внесения формул веществ используйте следующую таблицу:

Реактив	Формула	Реактив	Формула
Сухой Лед	CO ₂ (0,5 балла)	Рудный Газ	CH ₄ (0,5 балла)
Огненный Воздух	O ₂ (0,5 балла)	Синий Камень	CuSO ₄ ·5H ₂ O (0,5 балла)
Бримстоун	S или S ₈ (0,5 балла)	Хлебный Спирт	C ₂ H ₅ OH или C ₂ H ₆ O (1 балл)
Кислый Спирт	H ₂ SO ₄ (0,5 балла)	Медный Спирт	CH ₃ COOH или C ₂ H ₄ O ₂ (1 балл)
Алкаль	NaOH (0,5 балла)	Ярь-Медянка	Cu(CH ₃ COO) ₂ (1 балл)
Фагеденическая Вода	Смесь HgO и CaCl ₂ (0,5 балла)	Сладкий Купорос	C ₄ H ₁₀ O (1 балл)
Гидрофилит	CaCl ₂ (0,5 балла)	Инфузорная земля	SiO ₂ (0,5 балла)
Кераргирит	AgCl (0,5 балла)	X	CO ₂ (0,5 балла)
Арагонит	CaCO ₃ (0,5 балла)	Y	CuSO ₄ (0,5 балла)
Норвежская Селитра	Ca(NO ₃) ₂ (0,5 балла)	Z	HgO (0,5 балла)

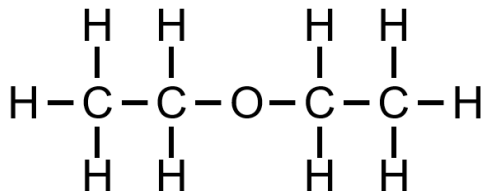
Уравнение [реакции 1]:	
2 C ₂ H ₅ OH = H ₂ O + C ₄ H ₁₀ O	1 балл
Уравнение [реакции 2]:	
SiO ₂ + 2 NaOH = Na ₂ SiO ₃ + H ₂ O	1 балл

Роль **Кислого Спирта** в [реакции 1]

Серная кислота хоть и не участвует в реакции напрямую, отщепляет воду у молекул спирта, в результате чего они сшиваются, т.е. она дегидратирует.
Принимаются ответы про «катализатор».

1 балл

Структурная формула **Сладкого Купороса**:



1 балл

	Бримстоун	Рудный Газ	Хлебный Спирт
Теплота сгорания, кДж/м ³	19.2 ГДж (1 балл)	0.037 ГДж (1 балл)	23.4 ГДж (1 балл)
Кто выгоднее? Хлебный спирт	(1 балл)		

Поля ниже предназначены для обоснований, расчетов и вычислений. Они обязательны.

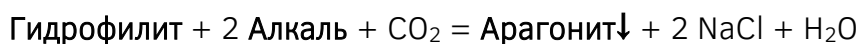
Приведенное ниже решение является весьма подробным и в основном опирается на расчеты, однако часть веществ можно установить и просто зная их тривиальные названия или характерные описанные качественные свойства, подтверждая верные ответы числами.

Решение можно начинать с разных сторон. Из первого абзаца можно сделать вывод, что газ **X** обладает молярной массой 44 г/моль, из обычных веществ таких газов три: CO₂, N₂O, C₃H₈. Судя по тому, что газ **X** в дальнейшем будет фигурировать в различных реакциях, в том числе в реакциях разных **Спиртов** с **Огненным Воздухом**, разумнее всего предположить, что это углекислый газ, который может выделяться из различных веществ, а так же часто образуется в ходе реакций. CO₂ выделяется при контакте **Сухого Льда** с водой, но это не может быть ни углерод, ни CO, т.к. вещество бинарное, а еще его нельзя окислить кислородом, значит, это сам углекислый газ в твердой форме. Тогда **Арагонит** — это скорее всего какой-нибудь нерастворимый карбонат, а **Кислый Спирт** — сильная кислота. Вычислить эту кислоту можно, комбинируя информацию из разных абзацев: в Кислом Спирте есть три элемента, один из них точно водород, т.к. это вероятнее всего кислота и для ее синтеза была использована вода, то еще один элемент — кислород, а третий — кислотообразующий элемент, взятый из **Бримстоуна**: H_mЭO_n. Нам известна массовая доля кислорода, она составляет 0,6531.

Тогда масса самой кислоты M = 24,5n. Перебором n можно прийти к тому, что при n = 4 на водород и Э остается массовый остаток 34, что соответствует сере и двум водородам. Также про это можно было догадаться по тому, что **Бримстоун** — простое желтое вещество, т.е.

скорее всего или сера, или золото (но из золота сложно сделать кислоту). В общем, **Кислый Спирт** — H_2SO_4 . Также можно сделать вывод, что **Огненный Воздух**, необходимый для синтеза и участвующий в реакциях в дальнейшем — кислород O_2 . **Бримстоун** — сера S (допускается запись S_8).

Проанализируем третий абзац: если вставить известные уже вещества, то в реакциях 3а и 3б получим такие схемы:



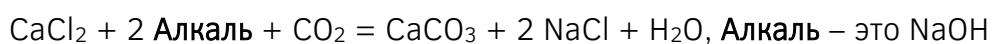
Гидрофилит — бинарный, **Алкаль** — нет, **Арагонит** — нерастворимый карбонат. Т.к. **Гидрофилит**, **Арагонит** и **Норвежская Селитра** содержат одинаковый элемент **В** (скорее всего — металл из катиона), то **Кераргирит** — нерастворимая соль серебра, **Алкаль** — какое-то соединение с натрием. Наконец, глядя на реакцию 3а, логичнее всего предположить, что **Гидрофилит** — BCl_2 , т.к. это бинарное соединение, которое может дать анионы хлора и для реакции 3а и осадить серебро в реакции 3б. Тогда **Арагонит** — это BCO_3 , а **Норвежская Селитра** — $B(NO_3)_2$. Далее можно воспользоваться любым веществом для установления **В** с помощью массовой доли:

$$\text{Считаем по хлориду: } M = 71 / (1 - 0,3609) = 111,1; M(B) = 111,1 - 71 = 40,1$$

$$\text{Считаем по карбонату: } M = 60 / (1 - 0,4006) = 100,1; M(B) = 100,1 - 60 = 40,1$$

$$\text{Считаем по нитрату: } M = 124 / (1 - 0,244) = 164,1; M(B) = 164,1 - 124 = 40,1$$

По какой соли ни считай, выходит все одно: **В** — это кальций, соответственно, **Гидрофилит** = $CaCl_2$, **Арагонит** = $CaCO_3$, **Норвежская Селитра** = $Ca(NO_3)_2$. **Алкаль** и **Кераргирит** вычисляются из реакций:



Расшифровку абзаца про **спирты** оставим на потом, а пока добьем **Фагеденическую Воду**. Судя по тексту это смесь $CaCl_2$ и бинарного вещества **Z**. При разложении **Z** выделяется кислород и простое вещество **A**. Значит, **Z** — это оксид с общей формулой A_2O_x , где x — натуральное число от 1 до 8. Перебором можно установить массу **A**, используя знание массовой доли **A**. Массовая доля **A** 0,9261, значит, массовая доля кислорода составляет $1 - 0,9261 = 0,0739$.

x	$M(A_2O_x)$	$M(A)$	Элемент
1	216,5	100,25	Нет
2	433	200,5	Ртуть (Оксид HgO)
3	649,5	300,75	Нет
4	Уже можно не считать	Уже можно не считать	Нет

Вещество **Z** — оксид ртути (II) HgO . Его разложение — исторически один из первых методов получения чистого кислорода (Дж. Пристли), при этом образуется ртуть — единственный жидкий при н.у. металл, пары которого сильнотоксичны, поэтому сейчас такие опыты показывать нельзя. Фагеденическая вода — смесь CaCl_2 и HgO (суспензия) в воде.

Для анализа абзацев про **Спирты** и что-то медное, можно догадаться о соединениях по цветам и схемам реакций. Но для общих целей приведем решение, основанное на расчетах. Составы некоторых соединений можно установить по таблице с массами CO_2 и H_2O в ходе сгорания веществ в O_2 . Например, можно определить простейшие формулы всех соединений. Начнем с **Рудного Газа** — это бинарное соединение, при сгорании которого в кислороде образуется углекислый газ и вода. Очевидно, что **Рудный Газ** состоит из углерода и водорода. Другие три вещества не являются бинарными, значит, они в своем составе также содержат кислород. Метод расчета покажем на примере Рудного Газа: при его сгорании образуется 44 г CO_2 (1 моль) и 36 г H_2O (2 моль). Значит, соотношение углерода к водороду в соединении составляет $1:2 \cdot 2 = 1:4$ (в молекуле воды содержится 2 атома водорода). Простейшая формула **Рудного Газа**: CH_4 . Из условия на ограничение молярной массы это единственный подходящий вариант. Далее рассчитаем **Хлебный Спирт**: по массе CO_2 выходит на 2 моль, а воды на 3 моль. Это значит, что соотношение $\text{C}:\text{H} = 2:6 = 1:3$. Также в веществе есть кислород, т.к. по условию **Хлебный Спирт** состоит из трех элементов, а кислород — единственный, который может быть в смеси продуктов $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Тогда простейшая формула: CH_3O_x . Реакция сгорания выглядит так (помним, что CO_2 должно получиться 2 моль, а воды 3 моль):

$2 \text{CH}_3\text{O}_x + (3.5-x)\text{O}_2 = 2 \text{CO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$, откуда молярная масса CH_3O_x составит $46/2 = 23$ г/моль; на кислород останется $23 - 12 - 3 = 8$ г/моль, т.е. $x = 0,5$. Получается, формула **Хлебного Спирта**: $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$. Судя по названию (хлебный) это самый обычный спирт, т.е. этанол, его формулу можно записать как $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$. Аналогично можно рассчитать **Медный Спирт** или просто прочитать четвертый абзац, прибавить один кислород и вычесть два водорода. Но мы не ищем легких путей, поэтому посчитаем через массы. 88 г CO_2 и 36 г H_2O приводят к соотношению $\text{C}:\text{H} = 2:4 = 1:2$. Простейшая формула: CH_2O_y . Реакция сгорания:

$2 \text{CH}_2\text{O}_y + (3-y)\text{O}_2 = 2 \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$, откуда молярная масса составит $60/2 = 30$ г/моль; на кислород останется $30 - 12 - 2 = 16$ г/моль, т.е. простейшая формула CH_2O . Вспоминая, однако, условие про связь формул **Спиртов**, получаем как правильный ответ вариант $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$. Теперь обратим внимание на реакции с **Ярь-Медянкой**:



Очевидно, что этот сложный кусочек взят из **Ярь-Медянки**, однако, по условию его можно найти в таблице растворимости. Единственный подходящий вариант — это ацетат-анион CH_3COO^- , получается, на самом деле, **Медный Спирт** — это просто уксусная кислота CH_3COOH , а приведенная реакция — ее вытеснение сильной серной кислотой. **Ярь-Медянку** и **Y** можно определить по названию и свойствам, но, на всякий случай, рассчитаем, используя информацию о массовой доле. Содержание **D** в **Ярь-Медянке** (по-видимому, катион) составляет 0,3499; значит, на два ацетат-аниона (получается две молекулы кислоты, значит, катион двухзарядный) приходится 0,6501.

$M = 118/0,6501 = 181,5$ г/моль; $M(D) = 181,5 - 118 = 63,5$ г/моль. Дамы и господа, медь.

Ярь-Медянка — это ацетат меди (II) $Cu(CH_3COO)_2$. По схеме получается, что $Y = CuSO_4$, проверим с помощью массовой доли: $M = 63,5/0,3981 = 159,5 = 63,5 + 96$, совпало. Остался **Синий Камень** — вещество, которое при растворении в воде также дает сульфат меди, однако массовая доля меди в нем меньше, чем в $CuSO_4$. Такое возможно если **Синий Камень** — кристаллогидрат сульфата меди, т.е. обладает формулой $CuSO_4 \cdot nH_2O$. По массовой доле получаем $M = 63,5/0,2545 = 249,5$ г/моль. На воду остается $249 - 63,5 - 96 = 90$ г/моль, что соответствует пяти молекулам воды. Таким образом **Синий Камень** — это медный купорос или пентагидрат сульфата меди (II) $CuSO_4 \cdot 5H_2O$.

Для определения **Сладкого Купороса** снова вспомним табличку со сгоранием. Выходит, что **Сладкий Купорос** состоит только из элементов C-H-O, при этом его молярная масса исходя из условия про плотность по гелию составляет $18,5 \cdot 4 = 74$ г/моль, т.е. для сгорания взяли ровно 1 моль вещества. При этом получается $176/44 = 4$ моль CO_2 и $90/18 = 5$ моль H_2O , т.е. в веществе точно есть 4 атома углерода и 10 атомов водорода. Такая комбинация весит 58, до 74 не хватает 16, получается, формула **Сладкого Купороса** $C_4H_{10}O$.

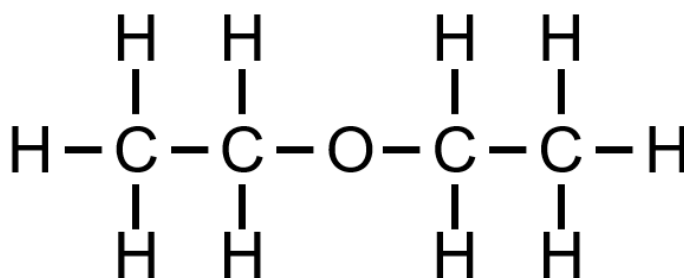
Инфузорная Земля — бинарное инертное вещество, применяемое для изготовления посуды. Большинство химической посуды делается из стекла. Основной компонент стекла — оксид кремния (IV) SiO_2 .

Реакция 1: $2 C_2H_5OH = H_2O + C_4H_{10}O$ 1 балл

Реакция 2: $SiO_2 + 2 NaOH = Na_2SiO_3 + H_2O$ 1 балл

Серная кислота не расходуется в реакции 1, однако она играет важную роль — отщепление молекулы воды от молекул спирта. Другой допустимый ответ — катализатор. 1 балл

Чтобы молекула $C_4H_{10}O$ вышла наиболее симметричной, логичнее всего поместить в центр атом кислорода, а от него симметрично пустить все остальные атомы: 1 балл



Один кубометр серы (S или S_8), метана (CH_4) и спирта (C_2H_5OH) составляют, соответственно, 2070 кг; 0,668 кг; 789 кг. В количествах веществ это составит:

$2070/0.032 = 64687.5$ моль серы; 0,5 балла

(8086 моль, если брать S_8)

$0.668/0.016 = 41.75$ моль газа; 0,5 балла

789/0.046 = 17152 моль спирта.	0,5 балла
Получатся следующие теплоты сгорания:	
$Q(S) = 297 \cdot 64687.5 \approx 19.2$ МДж	0,5 балла
<i>(2.4 МДж, если брать S_8)</i>	
$Q(CH_4) = 891 \cdot 41.75 \approx 37.2$ КДж ≈ 0.037 МДж	0,5 балла
$Q(C_2H_5OH) = 1367 \cdot 17152 \approx 23.4$ МДж	0,5 балла
Наиболее эффективное по объему горючее по расчетам — спирт!	1 балл
P.S. В жизни люди обычно используют газ, однако его берут под большим давлением или сжижают, из-за чего его плотность значительно повышается и он становится гораздо эффективнее своих оппонентов.	
Краткая сводка по разбалловке:	
1. Именные вещества: 13 веществ по 0.5 баллов + 4 вещества по 1 баллу	10,5 баллов
2. Вещества X, Y, Z — по 0,5 баллов	1,5 балла
3. Уравнения двух реакций — по 1 баллу	2 балла
4. Роль Кислого Спирта	1 балл
5. Структурная формула Сладкого Купороса	1 балл
6. Расчет количеств трех веществ — по 0,5 балла	4 балла
Расчет теплот трех веществ — по 0,5 балла	
Вывод о наиболее эффективном топливе — 1 балл	
ИТОГО	20 баллов