

8 класс

Задание 1.

Ваня и Антон решали задачу, в которой требовалось определить, до какой температуры нагреется вода массой 200 г с исходной температурой 20 °С после подведения к ней некоторого известного количества теплоты Q . Выйдя с занятия, ученики обсудили задачу и с радостью обнаружили, что получили одинаковый ответ. Однако на следующем занятии Антон узнал, что решал задачу неверно, потому что не учел, что при нагревании выше 100 °С вода становится газообразной. Решение же Вани было полностью верно.

Теплоёмкость жидкой воды 4.20 Дж/(г·°С), теплоёмкость газообразной воды 2.20 Дж/(г·°С), теплота испарения воды 2.30 кДж/г.

1. Какую температуру получили ученики в ответе?
2. Какое количество теплоты Q фигурировало в задаче?

Задание 2.

Про смесь, содержащую только магний и кальций, известно, что массовая доля кальция превышает массовую долю магния, а мольная доля магния превышает мольную долю кальция.

1. Каково максимально возможное мольное содержание магния в смеси?
2. Каково максимально возможное массовое содержание кальция в смеси?

Задание 3.

Допишите пропущенные формулы веществ в уравнениях реакций (если коэффициента перед пропущенной формулой нет, значит, он равен единице):

1. $3\text{SnI}_4 + 4\text{KNH}_2 + 8\text{___} = \text{Sn}_3\text{N}_4 + 4\text{___} + 8\text{NH}_4\text{I}$
2. $2\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{___} + 10\text{C} = \text{P}_4 + 6\text{CaSiO}_3 + 10\text{___}$
3. $2\text{___} + 5\text{H}_2\text{O}_2 + 3\text{___} = 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 5\text{O}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$
4. $2\text{NH}_3\text{OHCl} + 2\text{I}_2 + 6\text{___} = \text{N}_2\text{O} + 4\text{___} + 2\text{KCl} + 7\text{H}_2\text{O}$
5. $6\text{XeF}_4 + 12\text{___} = 2\text{XeO}_3 + 4\text{___} + 3\text{___} + 24\text{HF}$
6. $3\text{___} + 4\text{H}_2\text{S} = 3\text{PbS} + \text{SO}_2 + 4\text{___}$
7. $\text{O}_3 + 2\text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{___} + \text{___} + \text{___} + \text{H}_2\text{O}$
8. $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}] + 18\text{C} + 18\text{Cl}_2 = 3\text{___} + 2\text{___} + 6\text{SiCl}_4 + 18\text{___}$

Задание 4.

Толя сидел в лаборатории и листал старую книжку. Многие ее страницы оказались утеряны, другие были покрыты дырами и пятнами. Даже название

книги нельзя было прочесть целиком, оно выглядело как “СПРАВОЧНИК *Е*Н*ОТ*ИКА”. (Здесь и далее звездочки * обозначают дыры или пятна, которые могут закрывать одну или несколько букв или цифр). На одной из страниц Толя увидел такую таблицу:

Таблица 7. Плотность водных растворов *

Концентрация, моль/л	Массовая доля, %	Плотность, г/мл
1.087	10	*
1.685	*	*
2.324	*	1.1394
3.040	25	1.1919

Проведя некоторые расчеты, Толя понял, свойства растворов какого вещества описаны в таблице.

1. Установите это вещество.
2. Приведите значения, которые должны находиться в таблице вместо звездочек.
3. Попробуйте догадаться, как на самом деле называлась книга?



9 класс

Задание 1.

Толя сидел в лаборатории и листал старую книжку. Многие ее страницы оказались утеряны, другие были покрыты дырами и пятнами. Даже название книги нельзя было прочесть целиком, оно выглядело как “СПРАВОЧНИК *Е*Н*ОТ*ИКА”. (Здесь и далее звездочки * обозначают дыры или пятна, которые могут закрывать одну или несколько букв или цифр). На одной из страниц Толя увидел такую таблицу:

Таблица 7. Плотность водных растворов *

Концентрация, моль/л	Массовая доля, %	Плотность, г/мл
1.087	10	*
1.685	*	*
2.324	*	1.1394
3.040	25	1.1919

Проведя некоторые расчеты, Толя понял, свойства растворов какого вещества описаны в таблице.

1. Установите это вещество.
2. Приведите значения, которые должны находиться в таблице вместо звездочек.
3. Попробуйте догадаться, как на самом деле называлась книга?



Задание 2.

При нагревании в растворе пищевая сода NaHCO_3 постепенно разлагается с выделением углекислого газа. В воде растворили 10.0 г пищевой соды и кратковременно нагрели до 80°C . После охлаждения раствора и добавления к нему избытка уксусной кислоты CH_3COOH выделилось 1.68 л газа (н.у.).

1. Запишите уравнения реакций, протекающих в описанном эксперименте.
2. Рассчитайте, какая доля (в процентах) соды разложилась при нагревании.

Твёрдая безводная кальцинированная сода Na_2CO_3 при хранении, напротив, поглощает из воздуха углекислый газ и воду с параллельным образованием гидратов различного состава и гидрокарбоната натрия. Навеску 10.0 г залежавшейся кальцинированной соды подвергли продолжительному прокаливанию при 200°C . Потеря массы составила 40.0%. Растворение навески такой же массы в воде с последующим добавлением избытка уксусной кислоты привело к выделению 1.40 л газа (н.у.).

3. Запишите уравнения реакций, протекающих при хранении карбоната натрия на воздухе.
4. Установите массовые доли (в процентах) безводного Na_2CO_3 , безводного NaHCO_3 и кристаллизационной воды в исследуемой навеске.
5. Почему соду называют кальцинированной? Выберите правильный вариант ответа:

- а) при ее получении используется карбонат кальция,
- б) к ней добавляют карбонат кальция для улучшения чистящих свойств,
- в) ее получают путем прокаливании,
- г) она была впервые получена алхимиком Кальцем,
- д) ее используют для уменьшения содержания кальция в воде (снижения жесткости).

Задание 3.

Добавление избытка раствора гидроксида калия к горячему водному раствору соли **A** ведёт к выделению бесцветного газа **B** с резким запахом (*реакция 1*). Этот же газ **B** выделяется при внесении гранул цинка в раствор, оставшийся после первого опыта, но процесс протекает значительно медленнее и требует нагревания (*реакция 2*). Продуктами окисления газа **B** кислородом в зависимости от условий являются либо **C** и **D**, либо **C** и **E** (*реакции 3-4*). Газ **E** может быть подвергнут дальнейшему окислению с образованием соединения **F** в качестве единственного продукта (*реакция 5*), пропускание которого при нагревании через жидкость **C** приводит к образованию раствора вещества **G** и газа **E** (*реакция 6*). Взаимодействие эквимольных количеств **G** и **B** позволяет получить исходную соль **A** (*реакция 7*).

1. Установите формулы соединений **A–G**.
2. Приведите уравнения *реакций 1-7*.

Элемент, соединениям которого посвящена задача, образует газообразное соединение **H**, которое может быть получено при нагревании одного из защифрованных выше веществ (*реакция 8*).

3. Приведите формулу **H** и запишите реакцию его получения.

Задание 4.

Реакция взаимодействия метана CH_4 с хлором может протекать по-разному. При недостатке хлора основными продуктами реакции являются соединения **A** и **B**. Известно, что молярная масса **B** в 1.38 раз превышает молярную массу **A**.

1. Установите формулы **A** и **B** и запишите уравнение реакции их образования (*реакция 1*).

Известны теплоты образования метана и соединений **A** и **B** в газовой фазе:

Вещество	CH_4	A	B
$Q_{\text{обр.}}$, кДж/моль	74.5	92.3	81.9

2. Рассчитайте тепловой эффект *реакции 1*.

При большом избытке хлора реакция может сопровождаться образованием соединений **C–E**, среди которых **C** имеет наименьшую молярную массу, **E** – наибольшую. Массовая доля хлора в **E** равна 92.2 %. Во всех этих реакциях также образуется **A**.

3. Установите формулы соединений **C–E**.

4. Оцените тепловой эффект реакции взаимодействия хлора с метаном с образованием вещества **C** в газовой фазе, полагая, что энергии одних и тех же связей в молекулах **B** и **C** одинаковы.

10 класс

Задание 1.

Промышленные процессы, использующие в качестве единственного сырья в виде водного раствора или расплава минерал галит **A**, также известный как поваренная соль, применяются для получения газа **B**, вещества **C** и металла **M** (*реакции 1–2*). Побочным продуктом одного из этих процессов является газ **D**, который, однако, куда дешевле получать другими способами.

Вещества, получающиеся в ходе этих процессов, вместе используются и в других производствах. В частности, взаимодействие **B** с холодным раствором **C** используется для получения соли **E**, являющейся компонентом многих отбеливателей (*реакция 3*). Если ту же реакцию проводить при нагревании (*реакция 4*), основным продуктом будет соль **F**, применяемая в пиротехнике и в системах аварийной подачи кислорода. Оба этих применения основаны на способности **F** отдавать кислород. Выделение газообразного кислорода происходит, например, при нагревании **F** в присутствии катализатора (*реакция 5*).

Прямым взаимодействием газов **B** и **D** получают вещество **G** (*реакция 6*). Этот прямой метод синтеза **G** вытеснил ранее использовавшийся сульфатный метод получения, основанный на реакции **A** с концентрированной серной кислотой (*реакция 7*).

1. Установите формулы веществ **A-G** и металла **M**.
2. Запишите уравнения *реакций 1–7*.

Задание 2.

Многие химические реакции сыграли для человечества особую роль, становились движущей силой научно-технического прогресса или вехами в истории развития химии. Описание ряда таких реакций приведено в таблице.

№	Описание
1	Протекание этой реакции при посадке дирижабля Гинденбург в 1937 г. в значительной мере обусловило отказ человечества от дальнейшего использования дирижаблей.
2	Открытие катализаторов этой реакции немецкими исследователями стало одним из важных этапов на пути к крупномасштабному производству неорганических удобрений, что во многом определило значительный рост численности человечества с начала XX века.
3	Открытие этой реакции положило конец теории витализма, господствовавшей в органической химии с начала её появления.
4	Это явление, определяющее важность солнечного света для жизни на нашей планете, было открыто на рубеже XVIII-XIX веков. Часто

	используемое для его описания уравнение реакции лишь приближённо отражает реально протекающие процессы.
5	Эта реакция соли иодистоводородной кислоты использовалась в дагеротипии, являвшейся предшественницей современной фотографии.
6	Открытие этой реакции знаменитым русским химиком из Казани сделало возможным экономически рентабельный синтез многих органических красителей и лекарственных препаратов.
7	Протекание этой реакции на протяжении уже более чем 50 лет обеспечивает электроэнергией легковые автомобили.
8	Изучение этой реакции привело как к открытию нового элемента, названного изначально «дефлогистированным воздухом», так и концу самой теории флогистона, когда-то господствовавшей в химии.

1. Приведите уравнения реакций 1–8.
2. Реакция 4 имеет собственное название. Приведите его.
3. Реакции 2, 3 и 6 были названы в честь открывших их учёных. Приведите их фамилии.

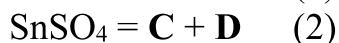
Задание 3.

Пиролиз (сильное нагревание без доступа воздуха) метана приводит к образованию только **смеси трех газов 1** с плотностью по водороду 4.60. Пропускание полученной смеси над платиновым катализатором приводит к образованию **смеси пяти газов 2**, которая имеет плотность по водороду 7.27. Сжигание **смеси 2** в избытке кислорода приводит к образованию **смеси 3**, плотность которой по водороду после конденсации водяного пара составляет 17.33.

1. Определите качественный состав каждой смеси. Напишите уравнения реакций, протекающих в ходе описанных опытов.
2. Определите выход реакции пиролиза метана.
3. Во сколько раз больше кислорода, чем необходимо для полного сгорания **смеси 2**, было взято?

Задание 4.

Сульфат олова SnSO_4 способен разлагаться по двум различным путям, в каждом случае образуются два продукта в эквимольном соотношении:



B и **D** – газы при температуре разложения, причём плотность **D** в 1.25 раз больше плотности **B**.

1. Установите формулы соединений **A-D**.

Известны некоторые термодинамические характеристики этих соединений:

Вещество	SnSO ₄	A	B	C	D
ΔH° , кДж/моль	-984	-581	-297	-286	-396
S° , Дж/моль/К	132	52	248	57	257

2. Рассчитайте температуру, при которой разложение SnSO₄ становится самопроизвольным. **Указание:** критерием самопроизвольности процесса является отрицательное значение стандартной энергии Гиббса реакции $\Delta_r G^\circ$, которая связана с изменениями энтальпии $\Delta_r H^\circ$ и энтропии $\Delta_r S^\circ$ в результате реакции соотношением $\Delta_r G^\circ = \Delta_r H^\circ - T\Delta_r S^\circ$.

3. По какому из путей будет протекать разложение при этой температуре?

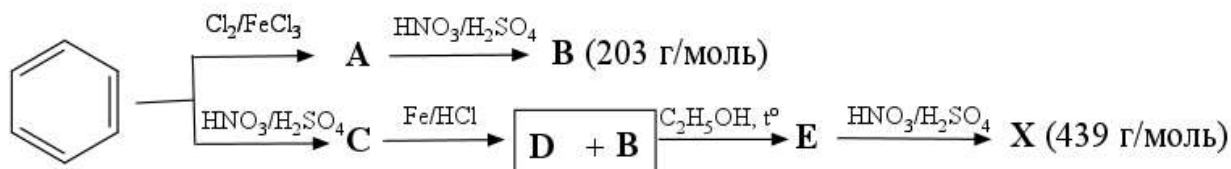
При охлаждении продуктов разложения SnSO₄ в замкнутом сосуде могут образоваться другие соединения олова, в частности, соли **X** и **Y**. Продуктами термического разложения **X** являются вещества **A** и **D**, а соли **Y** – **A**, **C** и **D**.

4. Приведите формулы солей **X** и **Y**.

11 класс

Задание 1.

Взрывчатое вещество **X** было впервые синтезировано в 19 веке и широко использовалось немцами и японцами в бомбах. Его синтезировали по следующей схеме:



Пояснение: В реакции C с Fe/HCl получается только D. E получается в реакции D и B в этанольном растворе.

1. Установите структуры веществ **A-E, X**.
2. Вещество **X** иногда использовалось для качественного и количественного определения ионов калия. Приведите формулу соединения оранжевого цвета, образующегося при этом.

Задание 2.

При растворении 4,165 г пентахлорида фосфора в избытке жидкого **A** можно получить 1,086 г кристаллов бинарного соединения **B**. Другим продуктом реакции является соль **C** массой 5,349 г, при нагревании обратимо разлагающаяся на два газообразных вещества.

1. Установите формулы соединений **A-C**. Приведите уравнения описанных реакций.

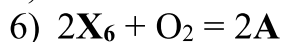
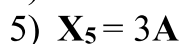
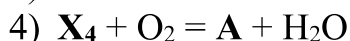
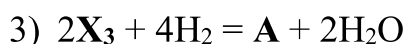
Термическое разложение **B** при температурах 700-800 °С позволяет получать нестехиометрические соединения, состав которых можно выразить формулой XY_n (**Y** – более электроотрицательный элемент), где n принимает дробные значения, близкие к единице. При получении одного из таких соединений потеря массы образца вещества **B** составила 23,00 %.

2. Установите значение n для продукта разложения этого образца.

Задание 3.

Ниже даны уравнения реакций, приводящих к образованию вещества **A** с коэффициентами:

- 1) $2\text{C}_4\text{H}_{10} + 5\text{X}_1 = 4\text{A} + 2\text{H}_2\text{O}$
- 2) $\text{X}_2 + \text{CO} = \text{A}$



1. Запишите брутто-формулу вещества А. Нарисуйте его структурную формулу и напишите его название.
2. Запишите структурные формулы веществ X₁-X₆. Указание: одно из них представляет собой распространенный углевод, образующийся при гидролизе сахарозы и участвующий во множестве биохимических процессов. Запишите его формулу в открытой (ациклической) форме.

Задание 4.

Лаборанту Гере поручили определить массовые доли двух минералов – родохрозита и азурита – в навеске массой 1,000 г. Он помнил, что оба минерала являются карбонатами, и догадывался по окраске, что в состав каждого из них входит какой-то переходный металл, причем эти металлы разные. Взвесив 0,500 г образца чистого родохрозита, Гера растворил его в избытке 1 М соляной кислоты, в результате чего выделилось 106 мл газа (24 °С, 1 атм) (*реакция 1*). При этом по данным обратного титрования на растворение ушло 8,7 мл раствора HCl.

1. Определите формулу родохрозита, напишите уравнение реакции 1.

«AAA», – сказал Гера, после чего принялся за определение формулы азурита. Взвесив 0,500 г чистого азурита, он точно так же растворил его в 1 М соляной кислоте. В этот раз на растворение снова ушло 8,7 мл раствора HCl, но объем выделившегося газа составил 71 мл (24 °С, 1 атм) (*реакция 2*).

«ЭЭЭ», – задумчиво произнес Гера.

2. Установите формулу азурита, напишите уравнения реакции 2.

Наконец Гера растворил в избытке соляной кислоты выданную ему навеску, содержащую родохрозит и азурит. При растворении выделилось 164 мл газа (25 °С, 1 атм). «ООО», – заключил Гера.

3. Определите массовые доли родохрозита и азурита в навеске.

Задание 5.

Ядовитый газ X, очень похожий по своим физико-химическим характеристикам на воду, обычно получают при разложении плавикового шпата серной кислотой (*реакция 1*). Сухой газ обладает относительно невысокой химической активностью, однако в присутствии влаги он легко

растворяет многие оксиды, в том числе диоксид кремния (*реакция 2*) и любое стекло, что требует тщательного выбора посуды при работе с **X**. В неорганической химии **X** используется главным образом в виде водных растворов. Их важным практическим применением является реакция с гидроксидом алюминия и содой (*реакция 3*) с образованием соединения, применяющегося в качестве растворителя при получении алюминия (*реакция 4*).

1. Установите формулу **X**.
2. Запишите уравнения *реакций 1-4*.

В газовой фазе **X** заметно ассоциирован за счёт водородных связей. При низких температурах в газовой фазе присутствуют главным образом мономеры, димеры и гексамеры **X**. Так, при температуре 60 °С и общем давлении 200 кПа пары **X** содержат около 88 % мономерной формы, 7 % димера и 5 % гексамера.

3. Рассчитайте среднюю молярную массу и плотность газообразного **X** при этих условиях.
4. Рассчитайте значения констант равновесия K процессов димеризации $2X = X_2$ и гексамеризации $6X = X_6$, выразив давления всех форм **X** в барах (10^5 Па). Вычислите значения стандартных энергий Гиббса $\Delta G^\circ = -RT \ln K$ для этих процессов.