

## 7-8 класс

### Задание 1.

Система единиц физических величин СИ стала общепризнанной относительно недавно. Например, в России все лекарственные рецепты вплоть до 1927 года писались с использованием нюрнбергской системы единиц.

Ниже приведен оригинал рецепта снадобий из кошачьей мяты:  
«Для наливки полагаютъ 1 драхму листьевъ травы, или цвѣтныхъ верхушекъ на 4 унциі бѣлаго спирта; въ порошкѣ даютъ траву съ цвѣтными верхушками по 20 гранъ; свѣжевыжатого сока даютъ по 2 унциі».

Известно, что:

1 аптекарский фунт = 12 унций = 358.3 г

1 унция = 8 драхм = 7 золотников

1 драхма = 3 скрупула

1 скрупула = 20 гранов

Действующим веществом кошачьей мяты является эфирное масло, которого содержится 1% в соке, 3% в листьях и 5% в цветках.

1. Сколько гранов содержится в 1 аптекарском фунте?
2. Чему равен один гран в граммах? Ответ приведите с точностью до тысячных.
3. Считая, что для получения порошка смешивают 40% листьев и 60% цветков, вычислите массу (в миллиграммах) эфирного масла в порции порошка, сока, наливки на основе травы и на основе цветов.

Медный купорос – один из минералов, издревле известных человеку, представляющий собой кристаллогидрат сульфата меди  $\text{CuSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , содержащий 25.5 % металла по массе.

4. Определите значение  $n$  в формуле медного купороса.

В 19 веке медный купорос использовался для приготовления лекарства, рецепт которого приведен ниже:

«Синяго купороса 3 грана, количествомъ съ 2 зерна льняного сѣмени. Молочного сахара  $\frac{1}{2}$  золотника, стереть вмѣстѣ и раздѣлить на 4 равные порошки».

Формула молочного сахара –  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ .

### 5. Рассчитайте:

- количество молекул молочного сахара в 1 порции порошка;
- массовую долю меди в порошке;
- массовую долю кислорода в порошке.

### Задание 2.

Понятия валентности и степени окисления часто кажутся взаимозаменяемыми. На самом же деле между ними есть существенная разница, и они могут численно отличаться для одного и того же атома в веществе.

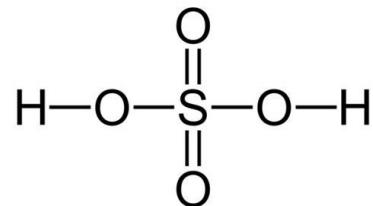
**Валентность** — число ковалентных связей, которыми атом одного химического элемента связан с другими атомами.

**Степень окисления** — условный заряд на атоме в молекуле или в кристалле, который вычислен из предположения, что все ковалентные полярные связи имеют ионный характер.

#### 1. Найдите степени окисления:

- серы в кислотах  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .
- хлора в солях  $\text{KClO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ,  $\text{NaClO}_4$ ,  $\text{Al}(\text{ClO}_2)_3$ .

Химическое строение молекулы можно выразить *структурной формулой*, в которой химические связи изображаются чёрточками. Например, из структурной формулы серной кислоты видно, что водород проявляет валентность 1, кислород — 2, сера — 6.



Кислоты бывают одноосновными ( $\text{HCl}$ ) и многоосновными ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  и др.). **Основность** кислоты определяется количеством атомов водорода, способных замещаться на атомы металлов.

Тиосерная кислота с формулой  $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , является двухосновной и представляет собой бесцветную вязкую жидкость, быстро разлагающуюся в растворах. Ее название содержит приставку «тио-», означающую, что атом кислорода заменен на атом серы.

#### 2. Изобразите структурную формулу $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , укажите валентности атомов серы.

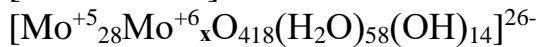
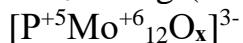
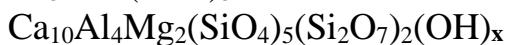
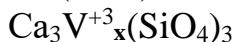
Валентность фосфора в его кислотах — 5.

#### 3. Изобразите структурные формулы кислот $\text{H}_3\text{PO}_4$ , $\text{H}_3\text{PO}_3$ , $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ .

**4.** Для каждой кислоты из вопроса 3 приведите ее основность (в виде числа).

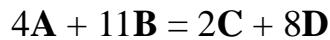
Минералы — твердые однородные составные части земной коры, образовавшиеся в результате геохимических процессов. Некоторые анионы в минералах имеют достаточно сложное строение.

**5.** Используя представления о степенях окисления элементов, допишите недостающие индексы ( $x$ ) в формулах минералов или входящих в их состав анионов:



### Задание 3.

При обработке сульфидных руд широко применяется реакция с участием твёрдых веществ **A** и **C** и газообразных веществ **B** и **D**:



Известно, что для обработки 1.000 тонны **A** требуется 513.4 м<sup>3</sup> **B** (н.у.), а в результате получают 665.4 кг **C** и 1067.0 кг **D**.

**1.** Определите массу **B** и объём **D** (н.у.) в описанном процессе.

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

Газ **D** используется в промышленности для получения ценного соединения **E**. Для этого газ **D** сперва вводят в реакцию с **B** в присутствии катализатора с образованием **F**, а затем смешивают **F** с широко доступным жидким веществом **G**.

**3.** Установите формулы **E**, **F** и **G** и запишите уравнения двух описанных реакций.

Для удешевления производства при проведении реакции используется не сам газ **B**, а его смесь с газом **H**.

**4.** Приведите формулу газа **H**. Как называется такая смесь? Какой объём этой смеси необходим для проведения реакции с 1.000 тонн **A**?

#### **Задание 4.**

Прочитав роман французского писателя «Пять недель на воздушном шаре», восьмиклассник Толя решил повторить в миниатюре запуск воздушного шара. Мальчик купил в магазине резиновый шарик массой 3 г, а в кабинете химии выпросил цинковые гранулы, разбавленную серную кислоту и аппарат Киппа. Это позволило ему наполнить шарик водородом.

**1.** Напишите уравнение реакции, которую Толя использовал для получения водорода.

**2.** Рассчитайте объём шарика диаметром 40 см, а также массу цинка и объём раствора 10 %-ной серной кислоты ( $\rho = 1.066$  г/мл), необходимые для заполнения такого шарика водородом при н.у. Объём шара радиуса  $R$  вычисляется по формуле:

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

К шарику Толя решил прикрепить небольшую корзину с фигурками путешественников.

**3.** Рассчитайте максимальную массу груза, которую может поднять описанный шарик. Средняя молярная масса воздуха равна 29 г/моль.

Если шарик отпустить, то он будет подниматься в слои атмосферы со всё более низким давлением, в результате чего шарик в определенный момент лопнет. Будем считать, что это произойдет, когда давление внутри шарика на 0.3 атм превысит внешнее, в то время как изначально это давление на 0.03 атм превышает внешнее, изменением объема шарика в ходе подъема можно пренебречь, а атмосферное давление на поверхности земли составляет 1 атм = 760 мм рт. ст. и уменьшается на 1 мм рт. ст. при увеличении высоты на каждые 11 м.

**4.** Рассчитайте, на какой высоте шарик лопнет.

## 9 класс

### Задание 1.

**X** – один из наиболее распространённых минералов натрия, а **Y** – калия, эти вещества содержат общий элемент. В природе также встречается минерал **Z**, представляющий собой механическую смесь **X** и **Y** переменного состава.

**1.** Приведите формулы и названия минералов **X**, **Y** и **Z**.

В минерале **Z** определенного состава (обозначим его **Z1**) массовая доля одного из элементов составляет 50.0 %.

**2.** Запишите состав **Z1** в виде мольных долей **X** и **Y**. Если таких составов возможно несколько, найдите их все.

Минерал **Z** другого состава – **Z2** – был изучен методом гравиметрического анализа. Образец **Z2** массой 0.50 г растворили в воде и добавили избыток раствора нитрата серебра. Выпавший осадок отфильтровали, высушили и взвесили; его масса составила 1.00 г.

**3.** Запишите состав **Z2** в виде мольных долей **X** и **Y**. Напишите уравнение реакции или реакций, протекающих в ходе анализа.

Соли **X** и **Y** растворяются в воде с небольшим эндотермическим эффектом. Так, при растворении в 80.0 мл воды 2.00 г **Y** температура понизилась на 1.372 °C. Далее теплоёмкость всех растворов примите равной 4.2 Дж/(мл·°C), а плотность – равной плотности воды (1 г/мл).

**4.** Рассчитайте удельную (на 1 г) и мольную теплоту растворения **Y** в воде.

**5.** На сколько градусов понизится температура раствора при растворении 2.00 г **X** в 80.0 мл воды, если его теплота растворения составляет –5.1 кДж/моль?

При растворении навески минерала **Z** состава **Z3** массой 3.50 г в воде объёмом 90.0 мл температура раствора понизилась на 1.000 °C.

**6.** Запишите состав **Z3** в виде мольных долей **X** и **Y**.

### Задание 2.

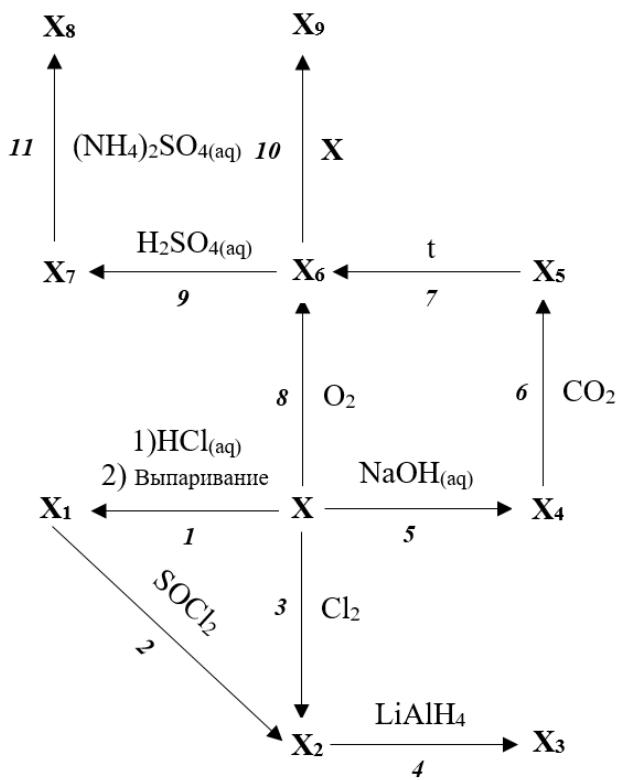
Название элемента **X** тесно связано с Францией. Интересно, что ещё до открытия его существование было предсказано Д.И. Менделеевым на основании периодического закона. При этом Дмитрий Иванович не только

предугадал существование «экаалюминия», но и достаточно точно предсказал его атомный вес, плотность и температуру плавления.

На схеме приведена цепочка химических превращений, включающая простое вещество, образованное элементом **X**, а также его соединения **X<sub>1</sub>-X<sub>9</sub>**.

Дополнительно известно следующее:

- Соединение **X<sub>1</sub>** является гексагидратом;
- Соединение **X<sub>8</sub>** относится к типу квасцов и содержит 14.11 % **X** по массе. Квасцы – двойные сульфаты с общей формулой  $M^I M^{III}(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ , где  $M^I$  и  $M^{III}$  – однозарядный и трёхзарядный катион, соответственно;
- Тионилхлорид ( $SOCl_2$ ) применяется как обезвоживающий агент;
- **X<sub>3</sub>** представляет собой газ, молекула которого содержит 8 атомов; он образуется при значительном охлаждении реакционной смеси и разлагается при небольшом нагревании.



1. Установите элемент **X** и формулы соединений **X<sub>1</sub>-X<sub>9</sub>**.

2. Запишите уравнения реакций превращений, приведённых на схеме (11 реакций).

### Задание 3.

Соль **X** – желтоватое, крайне нестабильное вещество, частично разлагающееся уже при комнатной температуре. При небольшом нагревании **X** полностью разлагается без образования твёрдого остатка. Если в охлажденный вакуумированный контейнер объёмом 1.00 л поместить 1.00 г соли **X** и нагреть до 150 °C, то давление в сосуде составит 1162 мм рт. ст.

1. Рассчитайте количество вещества, плотность и среднюю молярную массу продуктов разложения **X**.

2. Установите формулу соли **X** и напишите уравнение её разложения.

**Y** – один из продуктов неполного разложения **X**, соль, которая имеет одинаковый с **X** элементный состав и при нагревании также разлагается без образования твёрдого остатка.

**3.** Установите формулу **Y**.

**4.** До какой температуры необходимо нагреть вакуумированный сосуд, содержащий 1.00 г твёрдой соли **Y**, чтобы в нём установилось такое же давление, как в описанном выше опыте по разложению **X**?

**Справочная информация:**

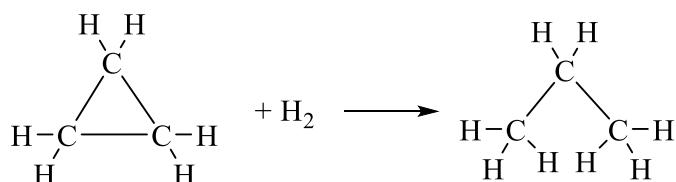
Уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$pV = nRT,$$

где  $p$  – давление,  $V$  – объём,  $n$  – количество вещества,  $R$  – универсальная газовая постоянная ( $8.314 \text{ Дж моль}^{-1} \text{ К}^{-1}$ ),  $T$  – абсолютная температура.

**Задание 4.**

Циклическое органическое соединение циклопропан присоединяет водород с образованием пропана:

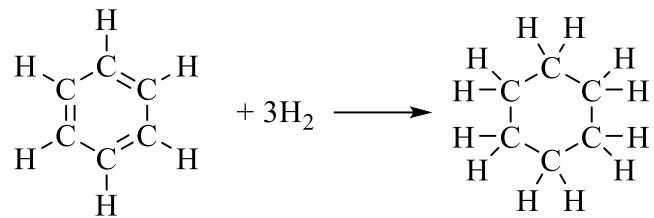


**1.** Рассчитайте теплоту этой реакции, используя: а) стандартные теплоты образования участников реакции ( $Q_{\text{обр}}(\text{C}_3\text{H}_6) = -53 \text{ кДж/моль}$ ,  $Q_{\text{обр}}(\text{C}_3\text{H}_8) = 105 \text{ кДж/моль}$ ); б) средние значения энергий связей для ациклических углеводородов.

Основная причина, по которой рассчитанные двумя разными способами теплоты реакции различаются, заключается в том, что С–С связи в молекуле циклопропана сильно искажены из-за образования цикла, поэтому их энергия заметно отличается от энергии обычной С–С связи.

**2.** Пользуясь расчётами из вопроса 1, рассчитайте энергию искажённой С–С связи в циклопропане.

Другое циклическое органическое соединение, бензол, присоединяет водород с образованием циклогексана:



- 3.** Рассчитайте теплоту этой реакции, используя: а) стандартные теплоты сгорания участников реакции ( $Q_{\text{сгор}}(\text{C}_6\text{H}_6) = 3300 \text{ кДж/моль}$ ;  $Q_{\text{сгор}}(\text{C}_6\text{H}_{12}) = 4200 \text{ кДж/моль}$ ;  $Q_{\text{сгор}}(\text{H}_2) = 286 \text{ кДж/моль}$ ); б) энергии связи.

Хотя в случае бензола и циклогексана не происходит искажения связей, как в случае циклопропана, результаты расчёта здесь тоже различаются. Это происходит из-за того, что объединённая в цикл система C–C и C=C связей стабильнее изолированных связей за счёт эффектов сопряжения и ароматичности. Этот энергетический выигрыш называют энергией стабилизации ароматического соединения.

- 4.** Пользуясь расчётами из вопроса 3, рассчитайте энергию стабилизации бензола.

- 5.** Оцените величины  $Q_{\text{обр}}(\text{C}_6\text{H}_{12})$  и  $Q_{\text{сгор}}(\text{C}_3\text{H}_6)$ .

**Справочная информация:**

Средние значения энергии некоторых связей (в кДж/моль).

C–C	C=C	C–H	H–H
350	610	410	436

## 10 класс

### Задание 1.

Элемент **X** получил своё название по причине разнообразной окраски своих соединений. Простое вещество **A** представляет собой металл, устойчивый к окислению на воздухе. Так как этот металл пассивируется при действии азотной кислоты, обычно его переводят в растворимую форму с помощью щелочного плавления. При плавлении смеси твёрдого **A**, KOH и KClO<sub>3</sub> образуется жёлтое соединение **B** (**реакция 1**). При подкислении раствора **B** серной кислотой образуется оранжевое соединение **V** (**реакция 2**), широко используемое как окислитель и являющееся первичным стандартом для окислительно-восстановительного титрования. В растворе, подкисленном серной кислотой, **V** может быть восстановлено сернистым газом до соединения **Г** зелёного цвета (**реакция 3**). Если восстановление **B** проводить в щелочной среде при помощи гидразина (N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>), можно получить растворимое в воде зелёное соединение **Д** (**реакция 4**).

При добавлении к **V** избытка концентрированной серной кислоты образуется красное соединение **E**, имеющее полимерное строение (**реакция 5**). Если добавить к смеси **V** с серной кислотой твёрдый KCl, можно получить красное летучее соединение **Ж** (**реакция 6**), молекула которого имеет форму искажённого тетраэдра.

Одной из наиболее интересных реакций соединения **V** является взаимодействие с пероксидом водорода. В присутствии серной кислоты и пиридина (C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>N) образуется ярко-синее соединение **З** с массовым содержанием элемента **X** 24.64% (**реакция 7**).

1. Определите элемент **X** и соединения **A-З**, учитывая, что все зашифрованные соединения содержат элемент **X**.
2. Что в переводе означает название элемента **X**?
3. Напишите уравнения реакций **1-7**.
4. Как называют смесь **V** с серной кислотой в лаборатории?
5. Изобразите структуру мономерного звена соединения **E**.

### Задание 2.

Газообразные вещества **A-F** в виде смесей различного состава применяются для синтеза ценных промышленных продуктов. Информация о составе стехиометрических смесей и продуктах синтезов приведена в таблице:

Смесь	Плотность смеси (н.у.), г/л	Основной продукт	Побочный продукт
<b>A + B</b>	0.380	<b>C</b>	–
<b>A + D</b>	0.476	<b>M</b>	– (примеси E, W)
<b>C + D</b>	1.005	<b>P</b>	<b>W</b>
<b>C + E</b>	0.737	<b>P</b>	<b>A</b>
<b>F + C</b>	1.161	<b>U</b>	<b>W</b>

Известно, что продукты синтеза **M**, **W** и **P** при н.у. представляют собой жидкости, **U** – кристаллическое вещество.

1. Установите формулы газов **A–F** и продуктов синтеза **M**, **W**, **P** и **U**.
2. Запишите уравнения пяти реакций, соответствующих образованию основных продуктов синтезов.
3. Чуть выше комнатной температуры **P** переходит в газообразное состояние, образуя пары плотностью несколько ниже плотности воздуха. Рассчитайте плотность этого вещества при 47 °C и давлении 740 мм рт.ст.

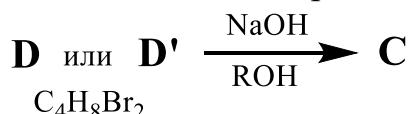
### Задание 3.

Несмотря на то, что реакцию превращения вещества **A** в **C** открыл ученик А.Е. Фаворского В.Н. Ипатьев, ныне она известна под другой фамилией. Процесс был усовершенствован и поставлен на промышленные рельсы, поскольку вещество **C** важно для производства резины. Для его получения необходимо соединение **A**, которое образуется в процессе ферментации целлюлозных материалов или сахара:



1. Приведите структурные формулы соединений **A–C**. Приведите ещё три одностадийных способа получения вещества **A**.
2. Напишите уравнение реакции превращения **A** в **C** и фамилию российского химика, в честь которого она названа.

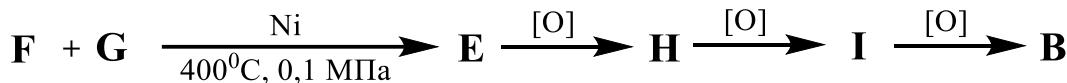
Получить **C** можно и другими способами, например, взяв в качестве исходного вещества один из изомерных дибромалканов **D** или **D'** с брутто-формулой  $\text{C}_4\text{H}_8\text{Br}_2$  и подействовав на них спиртовым раствором щелочи:



**3.** Приведите структурные формулы соединений **D** и **D'**.

**4.** Ещё один изомер с формулой  $C_4H_8Br_2$ , **D''**, образуется при присоединении брома к алкену и не является оптически активным (молекула имеет плоскость симметрии). При этом его использование для получения **C** нецелесообразно. Приведите структурные формулы **D''** и основного продукта, образующегося из него вместо **C** при действии спиртового раствора щелочи.

Одним из побочных продуктов реакции ферментации является гомолог **A**, ядовитое соединение **E**. Наиболее распространенным промышленным способом его получения служит взаимодействие двух неорганических веществ **F** и **G**, газов легче воздуха. Токсичное действие **E** объясняется тем, что продукты его окисления в организме повреждают зрительный нерв, угнетают ЦНС и могут привести к летальному исходу. Описанные процессы можно поэтапно описать в виде схемы:



**5.** Приведите структурные формулы веществ **F-I**.

#### Задание 4.

Твёрдые вещества с развитой поверхностью способны в значительном количестве поглощать газы. Такой процесс называется адсорбцией, а участвующие в нем твердые вещества – сорбентами. При постоянной температуре количество поглощённого газа  $n$  зависит от давления следующим образом:

$$n = n_{\max} \cdot \frac{K \cdot p}{1 + K \cdot p},$$

где  $n_{\max}$  – максимальное количество газа, которое может поглотить сорбент,  $K$  – константа равновесия адсорбции,  $p$  – равновесное давление газа.

Некоторый сорбент характеризуется константой адсорбции  $K = 5.0 \cdot 10^{-3} \text{ Па}^{-1}$ .

**1.** При каком равновесном давлении газа будет адсорбировано 90% от максимально возможного его количества?

При исследовании адсорбции азота на некотором пористом материале массой 0.434 г при 250 К получили следующую зависимость массы поглощённого вещества от давления азота:

$p / \text{Па}$	5000	8000	12000	18000	?
$m \text{ погл. } N_2 / \text{мг}$	131	?	224	269	300

**2.** Рассчитайте по этим данным величины  $K$  и  $n_{\max}$  (в моль) для данного образца.

**3.** Вычислите значения, которые должны располагаться в таблице на месте знаков вопроса.

Величина  $n_{\max}$  соответствует случаю, когда вся поверхность сорбента равномерно покрыта молекулами адсорбированного газа. Известно, что 1 молекула азота в среднем занимает на поверхности площадь  $16 \text{ \AA}^2$ .

**4.** Используя полученную вами величину  $n_{\max}$ , рассчитайте удельную площадь поверхности исследованного образца ( $\text{м}^2/\text{г}$ ).

Адсорбция в описанном опыте характеризуется изменением энталпии в  $?20.0 \text{ кДж/моль}$ .

**5.** Какой знак имеет величина энталпии адсорбции? Ответ объясните.

## 11 класс

### Задание 1.

Элемент **X**, речь о котором пойдёт в этой задаче, впервые получен в 1808 году французскими химиками, Луи Гей-Люссаком и Луи Тенаром. Через несколько месяцев **X** был получен Гемфри Дэви с помощью электролиза. В наше время этот элемент является очень важным: его соединения применяют в сельском хозяйстве, электронике, при изготовлении композитов, в органическом синтезе. При очень низкой температуре и повышенном давлении простое вещество, образованное элементом **X**, переходит в сверхпроводящее состояние.

**X** фторируется вблизи комнатной температуры, уже при  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  (*p-ция 1*). Полученное вещество **A** при нормальных условиях представляет собой бесцветный удущивший газ, хорошо растворяющийся в воде и реагирующий с ней (*p-ция 2*). Также **A** является сильной кислотой Льюиса, применяющейся в органическом синтезе, при реакции с HF образующей сильную кислоту **B** с  $\text{pK}_a = -0.4$  (*p-ция 3*). Стехиометрия соединений **X** с металлами крайне разнообразна. Например, при реакции с торием (*p-ция 4*) получаются фиолетово-красные кристаллы **C** (мольная доля Th в **C** равна 14.29 %), применяющиеся в качестве материала катода в термоэмиссионных трубках.

При сгорании 0.1000 г **X** в токе кислорода с быстрым последующим охлаждением образуется аморфный оксид **D** (*p-ция 5*). Методом гравиметрии было определено, что прирост массы по сравнению с исходной навеской составил 222 %. Вещество **E** используется в качестве удобрения и переходит обратно в **D** посредством нагревания (*p-ция 6*), однако при этом образуется множество продуктов поликонденсации, один из которых – **F** (*p-ция 7*), потеря массы твердого вещества при образовании которого из **E** составляет 36.41 %.

Также при помощи вещества **D** в две стадии синтезируют одно из широко применяемых в органической химии соединений, **H**. Сначала проводят восстановительное хлорирование **D** в присутствии углерода, а получившийся продукт **G** вводят в реакцию с NaH (*p-ции 8 и 9*). Известно, что вещество **H** гидролизуется парами воды при нагревании до продукта **I**, содержащего 16.41% **X** по массе (*p-ция 10*).

1. Приведите формулы элемента **X** и его соединений **A-I**.

2. Напишите уравнения реакций 1-10.

## **Задание 2.**

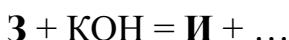
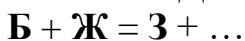
Сильную неорганическую кислоту **X** (не содержащую в своём составе углерода) в промышленности получают реакцией между веществом **A** и безводной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (реакция 1). Её также можно получить реакцией двух бинарных неорганических веществ **B** и **V** (реакция 2). В растворе кислота **X** существует в виде цвиттер-иона.

При кипячении в растворе щёлочи вещество **A** выделяет газ **B**, а при кипячении в растворе кислоты – газ **G**. Массовая доля азота в веществе **A** равна 46.65 %.

**1.** Определите вещества **X**, **A**, **B**, **V** и **G** и изобразите структурную формулу цвиттер-иона **X**.

**2.** Напишите уравнения реакций 1 и 2.

Само вещество **A** впервые было синтезировано известным немецким химиком в первой половине XIX века из неорганической соли **D**. Соль **E**, способ получения которой приведен на схеме ниже, содержит тот же анион, что и соль **D**:



Дополнительно известно, что:

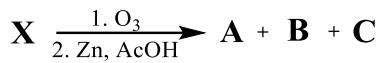
- **Ж** – горючий газ, молекула которого имеет тетраэдрическую геометрию;
- реакция получения **З** протекает при 1200–1300 °C;
- во всех трёх реакциях на схеме не указаны коэффициенты перед веществами.

**3.** Определите все неизвестные вещества **D** – **I**.

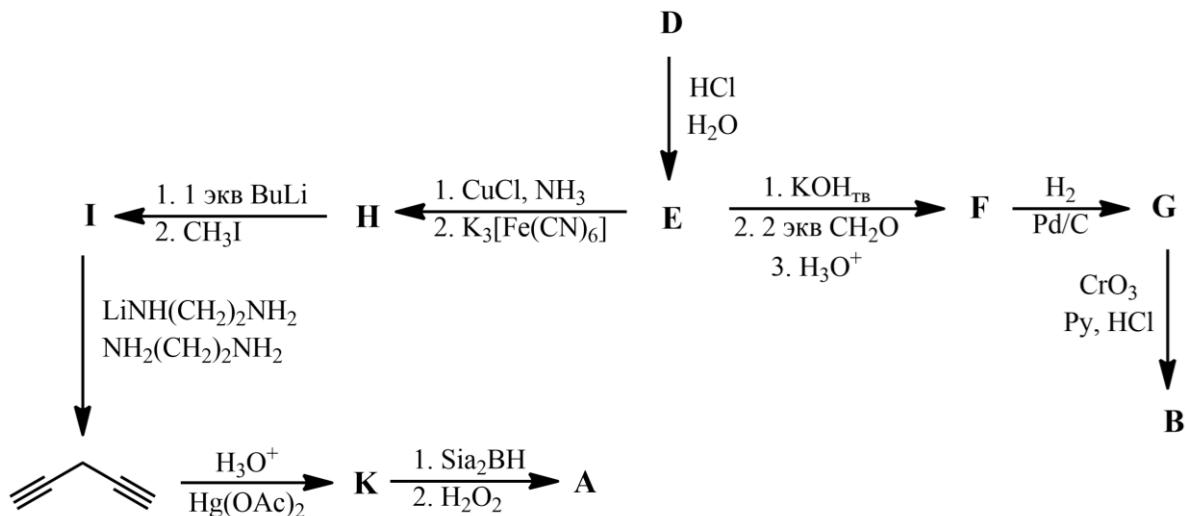
**4.** Назовите фамилию химика, впервые осуществившего синтез вещества **A** из соли **D**.

## **Задание 3.**

Вещество **X** широко распространено в природе и является промежуточным соединением в биохимических процессах. Для определения структуры вещества **X** его подвергли озонолизу с последующим восстановлением в системе  $\text{Zn}/\text{CH}_3\text{COOH}$ , в результате чего получили смесь соединений **A**, **B** и **C** в мольном соотношении 4:1:2, соответственно.



Вещества **A** и **B** можно получить по нижеследующей схеме:



**1.** Установите структуры веществ **A-K**, если известно, что:

- Соединение **C** является одним из продуктов кумольного синтеза и содержит 62.0 % углерода по массе;
- Вещество **E** может быть получено гидролизом из вещества **D**, содержащего 37.5% углерода по массе;
- A** представляет собой продукт присоединения воды к **K** против правила Марковникова.

Вещество **X** имеет симметричный углеродный скелет, не содержит тройных связей и при каждой двойной связи содержит метильный заместитель.

**2.** Определите число двойных связей в соединении **X**.

**3.** Установите строение соединения **X** (без учета цис-транс-конфигурации двойных связей).

#### Задание 4.

$H_2X$  и  $H_2Y$  – изомерные двухосновные кислоты. В таблице приведены константы диссоциации этих кислот:

Кислота	$K_{a1}$	$K_{a2}$
$H_2X$	$1.26 \cdot 10^{-2}$	?
$H_2Y$	$9.33 \cdot 10^{-4}$	$3.63 \cdot 10^{-5}$

**1.** Рассчитайте величину  $\text{pH}$   $10^{-2}$  М раствора  $\text{H}_2\text{X}$  (*раствор 1*). Диссоциацией по второй ступени при расчёте можно пренебречь.

Раствор  $\text{Na}_2\text{X}$  концентрацией  $8.50 \cdot 10^{-3}$  М (*раствор 2*) имеет  $\text{pH} = 9.00$ .

**2.** Рассчитайте величину  $K_{a2}$  для  $\text{H}_2\text{X}$ .

**3.** В каком объёмном соотношении нужно смешать растворы 1 и 2 для получения нейтрального значения  $\text{pH}$ ?

**4.** Рассчитайте молярные концентрации форм  $\text{H}_2\text{Y}$ ,  $\text{HY}^-$  и  $\text{Y}^{2-}$  в 0.050 М растворе  $\text{H}_2\text{Y}$ , подщелоченного  $\text{NaOH}$  до  $\text{pH} = 3.50$ .

При полном сгорании 1.16 г смеси твёрдых  $\text{H}_2\text{X}$  и  $\text{H}_2\text{Y}$  было получено 896 мл углекислого газа (н.у.) и 0.36 мл  $\text{H}_2\text{O}$ .

**5.** Установите брутто-формулы  $\text{H}_2\text{X}$  и  $\text{H}_2\text{Y}$  и приведите их структурные формулы, если дополнительно известно, что превращения  $\text{H}_2\text{X}$  в  $\text{H}_2\text{Y}$  и обратно можно осуществить при помощи облучения светом.