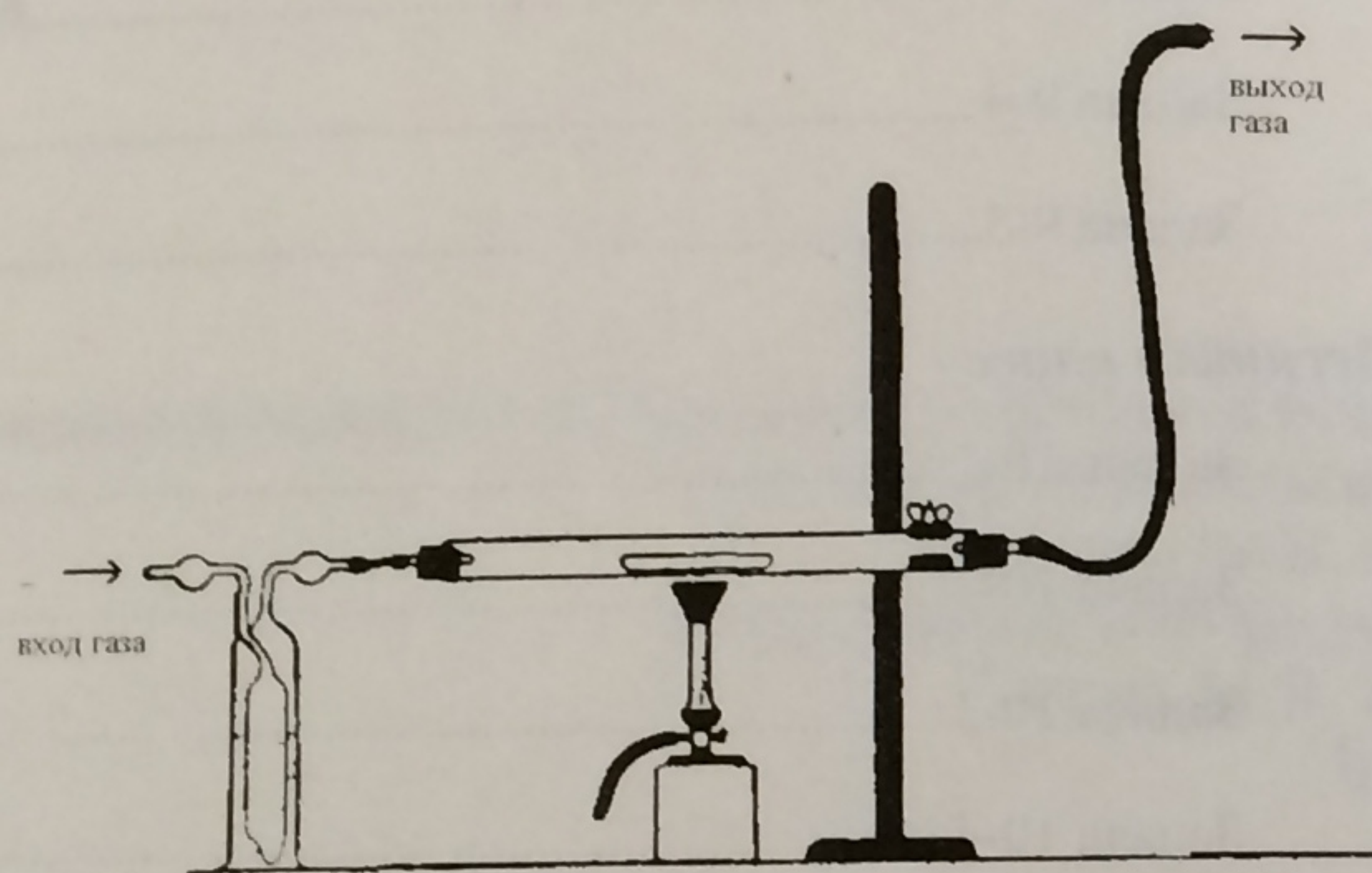


## Девятый класс

### Задача 9-1

Неизвестное вещество **X** представляет собой черный кристаллический порошок. Для изучения свойств этого вещества был собран прибор, изображенный на рисунке.



В лодочку помещали навеску **X** и проводили нагревание в токе различных газов в течение нескольких часов. Изменение массы лодочки фиксировали. Результаты опытов приведены в таблице.

Номер опыта	Условия опыта	$\Delta(m)$ – потеря массы вещества в лодочке (% от $m(X)$ )	Наблюдения
1	Ar, 300°C	0	Никаких видимых изменений
2	O <sub>2</sub> , 300°C	82,45	Выделение фиолетовых паров, зеленый порошок в лодочке
3	H <sub>2</sub> , 300°C	29,33	Выделение фиолетовых паров, красно-коричневый порошок в лодочке
4	Cl <sub>2</sub> , 300°C	63,39	Выделение фиолетовых паров, фиолетовый порошок в лодочке
5	Cl <sub>2</sub> , 1150°C	100	Выделение фиолетовых паров, образование фиолетовых чешуйчатых кристаллов на стенках реактора
6	Ar, 500°C	29,33	Выделение фиолетовых паров, красно-коричневые кристаллы в лодочке
7	Ar, 1100°C	88,0	Выделение фиолетовых паров, мелкие блестящие кристаллы в лодочке

1. Определите вещество **X**, запишите уравнения реакций, подтвердив их расчетом потери массы ( $\Delta m$ ) вещества в лодочке (% от массы **X**).

2. Приведите уравнения реакций взаимодействия водного раствора **X** с водным раствором гидрокарбоната натрия (реакция 1), щелочным раствором гипохлорита натрия (реакция 2).

### Задача 9-2

*Да здравствует мыло душистое, и полотенце пушистое!*  
К. Чуковский, «Мойдодыр», 1921 г.

Установлено, что моющая способность мыла и других моющих средств зависит от жесткости используемой воды. Жесткостью воды называют суммарную концентрацию катионов, дающих нерастворимые осадки с солями высших жирных кислот (ВЖК), обладающих моющим действием.

1. Жесткость в основном обусловлена присутствием гидрокарбонатов магния и кальция (так называемая карбонатная или временная жесткость). Твердое мыло имеет состав C<sub>17</sub>H<sub>35</sub>COONa (стеарат натрия). Образование нерастворимых солей является причиной плохого моющего действия мыла в жесткой воде. Напишите уравнения происходящих при этом реакций (два уравнения).

2. Временную жесткость воды устраняют несколькими способами:

1) кипячением воды (накипь в чайнике образуется именно в результате разложения солей жесткости).

2) пропусканием воды через ионообменник (Na<sup>+</sup>Ion<sup>-</sup>) – твердый материал, способный участвовать в реакции обмена катиона, заменяющий ионы жесткости на эквивалентное количество Na<sup>+</sup>.

3) Обработкой точно отмеренным количеством кальцинированной соды Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

Приведите уравнения реакций, используемых для устранения жесткости по способам 1, 2 и 3 (всего 6 уравнений).

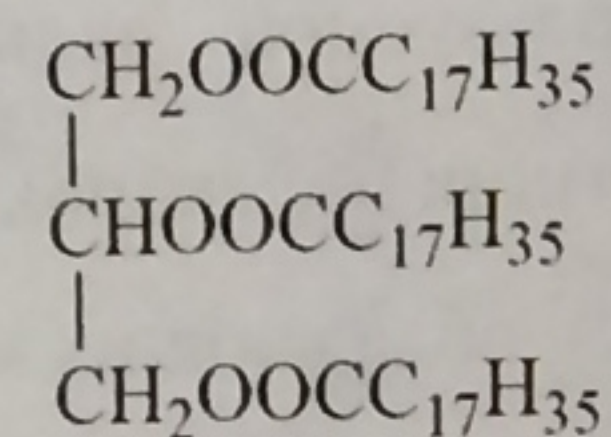
3. Для обеспечения моющего действия мыло должно иметь концентрацию

не менее 0.001 моль/л, вода из-под крана содержит по 0.0025 моль/л гидрокарбонатов магния и кальция.

Пренебрегая изменением объема и массы раствора, определите объем, в котором кусок мыла массой 200 г способен обеспечить моющее действие:

1) воды из-под крана; 2) воды после кипячения, считая, что выход реакций разложения 80%.

4. В начале 20-го века мыло (стеарат натрия) получали при сплавлении NaOH с жирами животного происхождения. Составьте уравнение получения стеарата натрия при взаимодействии избытка NaOH со стеариновым жиром, имеющим структуру:



5. Определите массу осадка, образующегося в чайнике при кипячении воды из-под крана объемом 3 л, содержащей по 0.0025 моль/л гидрокарбонатов магния и кальция, если выход реакций разложения составляет 80%. Отношение Mg:Ca в растворе неизменно.

6.1. Предложите в форме уравнений химических реакций причину появления гидрокарбонатов кальция и магния в воде природных источников.

6.2. Гидрогеологические процессы, сопровождающие эти химические превращения, иногда приводят к «провалам» в земле. Как на частоту возникновения «провалов» в такой местности повлияют строительные работы, приводящие к увеличению давления на почву? Ответ поясните на основании принципа Ле-Шателье.

6.3. Объясните постепенное появление бурой мути в прозрачной воде из родника, содержащей гидрокарбонаты, при ее стоянии на воздухе. Предложите химическое объяснение этому явлению (уравнение реакции).

### Задача 9-3

Монохлорид йода - интергалогенид, который был первым получен среди всех прочих представителей этого класса веществ. Он представляет собой красную жидкость, которая при температуре кипения (около 97°C) переходит в газообразное состояние с частичным разложением.

В жидком состоянии хлорид йода обладает некоторой электропроводностью, возникающей вследствие равновесия автоионизации ICl. Существование равновесия автоионизации делает хлорид йода во многом похожим на воду: в нем идут аналогичные воде процессы сольватации, аналогичные «реакции нейтрализации». При автоионизации ICl образуются многоатомные ионы.

Известно, что хлориды калия и алюминия увеличивают электропроводность хлорида йода, при их диссоциации в растворе увеличивается концентрации различных ионов, образующихся при автоионизации хлорида йода, т.е. KCl и AlCl<sub>3</sub> являются аналогами кислоты и основания.

1. Запишите уравнение автоионизации хлорида йода, и уравнения реакций **в ионном виде**, протекающих при добавлении хлорида алюминия и хлорида калия. Какой из этих хлоридов является "кислотой".

Бесцветные хлориды **A**, **B** и **B** (массовые доли хлора: 54.4%, 85.1%, 60.7% по массе соответственно), взятые в равных количествах (по 0.001 моль), были растворены в равных порциях ICl (по 100 г). При этом, согласно результатам измерения электропроводностей каждой из проб, количество ионов в пробе с веществом **A** в 1.5 раза больше, чем в пробе с **B**.

2. Определите формулы хлоридов **A**, **B** и **B**. Запишите уравнения реакций **B** и **A** с хлоридом йода (также **в ионном виде**). Плотность паров **A** больше 9 г/л при н.у.

3. Для пробы с веществом **B** известно, что количество свободных ионов в ней равно таковому в пробе с веществом **B**. Однако в случае вещества **B** теоретически возможно два направления диссоциации в ICl. Запишите обе

реакции **Б** с  $ICl$  в *ионном виде*, а также нарисуйте структурные формулы (с учетом пространственного расположения атомов) ионов в возможных продуктах. Укажите геометрическую форму каждой частицы.

При постепенном добавлении к раствору **Б** раствора **А** электропроводность сначала уменьшалась, а затем вновь стала увеличиваться.

4. Исходя из этих данных, определите, какая из двух предложенных Вами реакций из п. 3 идет в действительности. Приведите сокращенное *ионное* уравнение реакции, объясняющее уменьшение электропроводности при сливании растворов **А** и **Б**.

5. Какой объем раствора **А** необходимо добавить к раствору **Б** для достижения минимума электропроводности? Рассчитайте концентрацию (в моль/л) катиона, присутствующего в растворе в заметных количествах при достижении минимальной электропроводности. Плотность каждого из растворов равна 3.24 г/мл.

#### Задача 9-4

На уроке зельеварения профессор Северус Снег показал первокурсникам несколько волшебных опытов. На столе у него стояло три колбы, на первый взгляд, с одинаковыми, бесцветными жидкостями. Профессор осторожно взял в руки пипетку и капнул поочередно в каждую колбочку небольшое количество жидкости голубого цвета (раствора вещества **А**). В первой колбе жидкость помутнела, потом дно покрылось толстым слоем зеленого осадка (**реакция 1**). Чудеса! Во второй колбе все зашипело, забурлило, и из горлышка повалила пена (**реакция 2**). Раствор в третьей колбе остался прозрачным, но цвет стал ядовито-травяного оттенка (**реакция 3**). Вот это да! - вскрикнули удивленно Рон и Гарри. Никто не понимал, что же было в колбах, кроме, конечно, Гермионы.

После урока друзья решили узнать у Гермионы, что же такое добавлял профессор, и, что находилось в колбах. Гермиона хотела, чтобы ее друзья лучше узнали химию, и поэтому начала говорить загадками.

- Голубой раствор вещества **А** можно получить растворением в воде природного минерала синего цвета, содержащего катион металла **Х**. Металл **Х** имеет желто-красный цвет. При прокаливании минерала цвет его бледнеет и получается вещество белого цвета (**У**) (**реакция 4а**). Потеря массы составляет 36.1%. При прокаливании вещества **У** при более высокой температуре образуется черное твердое вещество (**Z<sub>1</sub>**) и выделяются два газа: резкопахнувший **Z<sub>2</sub>** и газ **Z<sub>3</sub>**, составляющий 21% в воздухе (**реакция 4б**)

- Содержимое первой колбы можно получить, пропуская газ **В** с плотностью 1,964 г/л (н.у.) через избыток раствора гидроксида натрия (**реакция 5**).

- Содержимое второй колбы в лаборатории можно получить действием серной кислоты на бинарное вещество **Д** (**реакция 6**), которое содержит 18,93% кислорода. Туда же необходимо добавить секретный ингредиент, обладающий сильным запахом, который окрашивает растворы солей **Х** в фиолетовый цвет, иначе опыт не получится.

- В третьей колбе находится насыщенный раствор вещества **С**. Вещество **С** можно получить действием концентрированной  $H_2SO_4$  («купоросного масла») на твердый хлорид натрия (**реакция 7**).

Друзья обрадовались, когда узнали, что то, что показывал профессор, вовсе не магия, а химия, и придумали своё «маленькое чудо». Для этого в аптеке они купили фиолетово-черный порошок **Е** (сегодня его уже не купишь), при растворении которого в воде получили фиолетовый раствор **Е**.

- В первую пробирку они поместили то же самое вещество, что было у профессора во второй колбе. При добавлении небольшого количества раствора **Е** в пробирку все зашипело (**реакция 8**), и потом забурлило и вспенилось (**реакция 9**).

- Во вторую пробирку поместили продукт пропускания сернистого ангидрида через раствор, содержащий большой избыток гидроксида калия (**реакция 10**). При добавлении раствора **Е** раствор во второй пробирке стал ядовито зеленым (**реакция 11**).

- Затем они капнули раствор **Е** в третью пробирку, в которой находилась жидкость, полученная при пропускании эквимолярной смеси оксидов азота (плотность по воздуху 1,310) через раствор гидроксида калия до нейтральной среды (**реакция 12**). В пробирке вдруг появилась «почва» (**реакция 13**).

1. Определите формулу вещества **А** и содержимое каждой из трех колб. Подтвердите расчетом. Напишите уравнения реакций **1 - 7**.
2. Определите состав фиолетово-черного порошка **Е**, а также содержимое трех пробирок, которые понадобились друзьям для проведения своего «маленького чуда». Приведите расчеты. Запишите уравнения реакций **8 - 13**.

#### Задача 9-5

#### Огонь и лёд

В 60-х годах XX века произошёл удивительный случай. На одном из газопроводов в США закупорило трубы. Когда их вскрыли, оказалось, что они забиты снегом. Дело было летом, трубы лежали на поверхности, и казалось непостижимым, что водяные пары (а они всегда содержатся в газе) могли сконденсироваться и замерзнуть при 20 ° тепла. Позже установили, что причина этого явления – способность воды давать с различными веществами соединения, называемые клатратами.

Типичным примером клатратов является гидрат метана  $x\text{CH}_4 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ . Этот гидрат считается потенциальным источником топлива в будущем. По оценкам учёных, содержание гидрата метана в земной коре может достигать  $10^{15}$  т.

Для того, чтобы определить формулу гидрата метана, 10,00 г образца вещества сожгли (реакция 1) в избытке кислорода в герметичном сосуде. После завершения реакции и охлаждения, в сосуде оказалось 11,67 г воды и газ. Полученный газ пропустили через известковую воду (реакция 2), при этом выпал осадок массой 8,37 г.

1. Запишите уравнения реакций (1), (2). Определите молекулярную формулу гидрата метана, если его молярная масса составляет 956 г/моль.

Рассчитайте процентное содержание по массе метана в гидрате.

Кристаллическую структуру гидрата метана можно представить как бесконечно повторяющиеся в пространстве кубики (элементарные ячейки) со стороной 1,2 нм. В состав одного такого кубика входят  $x$  молекул метана и  $y$  молекул воды.

2. Используя длину ребра и массу элементарной ячейки, определите плотность гидрата метана. (Используйте значения  $x$  и  $y$  из пункта 1). Сколько литров метана (298 К, 1 атм) выделится при плавлении одного литра гидрата?

При сжигании 1 моль  $x\text{CH}_4 \cdot y\text{H}_2\text{O}$  в избытке кислорода при температуре 298 К выделяется 6690,4 кДж теплоты.

3. Используя приведённые ниже данные, определите теплоту образования  $x\text{CH}_4 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ :

а) из простых веществ; б) из метана и воды.

Вещество	$\text{CH}_4$ (газ)	$\text{H}_2\text{O}$ (ж)	$\text{CO}_2$ (газ)
$Q_{\text{обр}}$ , кДж/моль	74,8	285,8	393,5

4. Гидрат метана труднодоступен, его залежи находятся в глубинах Мирового океана и на суше под слоем вечной мерзлоты на глубинах от 500 м до 10 км. Если предположить, что в результате природных катаклизмов земная кора сильно нагреется и весь гидрат, содержащийся в ней, растает, то сколько метана (в объёмных %) будет содержать земная атмосфера? Масса атмосферы равна  $5,1 \cdot 10^{18}$  кг.