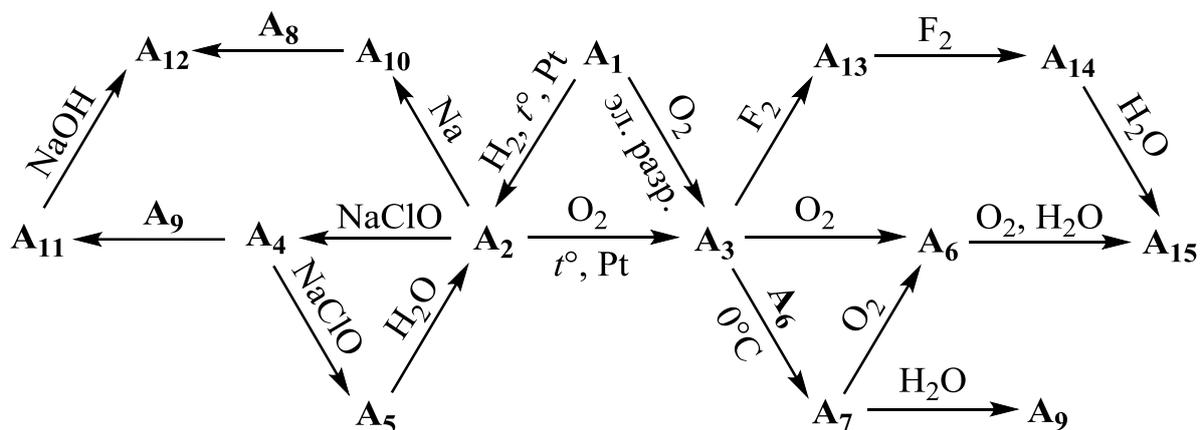


**Межрегиональные предметные олимпиады КФУ**  
**профиль «Химия»**  
**заключительный этап**  
**2020-2021 учебный год**  
**9 класс**

**Задача 1. «Безжизненный» элемент. (25 баллов)**

Название одного из элементов в Периодической системе происходит от греческого слова «безжизненный». Ниже приведена цепочка превращений с участием этого элемента:



?1. Расшифруйте цепочку превращений – определите вещества A<sub>1</sub> – A<sub>15</sub> и приведите уравнения восемнадцати реакций, если дополнительно известно, что:

- 1) вещество A<sub>1</sub> является простым;
- 2) A<sub>5</sub> содержит 68.87% хлора по массе;
- 3) вещества A<sub>3</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>7</sub> и A<sub>8</sub> имеют одинаковый качественный состав;
- 4) вещества A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub> и A<sub>11</sub> имеют одинаковый качественный состав.

Растворы веществ A<sub>9</sub> и A<sub>15</sub> при взаимодействии с очень концентрированным раствором перекиси водорода в кислой среде образуют растворы, содержащие вещество A<sub>16</sub>. Молекулы A<sub>16</sub> содержат 17.72% «безжизненного» элемента по массе. Было показано, что они могут образовываться в атмосфере из A<sub>6</sub> и неустойчивого радикала по реакции соединения.

?2. Определите формулу A<sub>16</sub>. Ответ подтвердите расчетом.

?3. Запишите уравнения реакций получения A<sub>16</sub> из A<sub>9</sub>, из A<sub>15</sub> и из A<sub>6</sub> в атмосфере.

?4. Нарисуйте структурную формулу молекулы A<sub>16</sub>.

?5. Частью возникновения какого вредного для экологии процесса является взаимодействие A<sub>6</sub> с неустойчивым радикалом с образованием A<sub>16</sub>?

## Задача 2. Ученическая задача. (25 баллов)

Юным химикам Роме и Акиму на химическом кружке их Учитель вручил три бесцветных раствора. Ребята подписали их: раствор **A**, раствор **B** и раствор **C**.

Рома для идентификации катиона решил вносить образцы растворов в пламя газовой горелки: во всех трех случаях пламя окрасилось в ярко-желтый цвет.

Аким сделал второй важный шаг: погрузил две имеющиеся у него индикаторные бумажки в растворы **A** (в нем универсальная индикаторная бумага окрасилась в синий цвет) и **C** (в нем – в красный).

– Раз среда такая разная, давай эти растворы сольем! – предложил Рома.

Предложенный эксперимент привел к выделению бесцветного газа (назовем его газ **X**), который по газоотводной трубке попадал в стакан с дистиллированной водой. Оказалось, **X** неплохо растворим в воде.

Погоревав о том, что третьей индикаторной бумажки в их арсенале нет, ребята попробовали к раствору **C** прилить раствор **B**: к их удивлению, и в этом случае выделился бесцветный газ (назовем его газ **Y**). По газоотводной трубке он попал в стакан с водой, причем постепенно вода в стакане помутнела, а на дне образовался светлый осадок.

– Аким, ты воду после **X** похоже не поменял! – разочаровался в происходящем Рома.

– Это же хорошо: теперь мы поняли, что за газы выделились в обеих реакциях! Да и о растворах **A**, **B** и **C** мы теперь многое узнали.

Рома уже занимался другим: он украдкой принес от классной доски кусочек мела и поместил его в раствор **C**. Из раствора выделились пузырьки бесцветного газа **Z**, однако раствор помутнел, а на дне остался белый осадок. Аким отнесся к идее использования подручных средств с иронией, но погрузил в раствор **C** предварительно начищенный железный гвоздь: тот постепенно покрылся пузырьками бесцветного газа, которые медленно выделялись из раствора.

Аким, решив задействовать уже любые резервы, принес из-под тяги емкость с красной прозрачной жидкостью с надписью «вода».

– Опять первое слово растворилось... – вновь осознал несбыточность собственных жизненных идеалов Рома. Пока Рома восстанавливал исчезнувшую часть надписи, Аким добавил «воду» ко всем растворам: в **A** красная окраска исчезла и выпал светлый осадок, в **B** – окраска исчезла, но осадка не образовалось, а в **C** не исчезла даже красная окраска «воды». Аким удовлетворенно улыбнулся, наблюдая за задумавшимся Ромой: все стало понятно.

Завершил решение экспериментальной «угадайки» Учитель, сообщив, что все три растворенных вещества содержат три общих элемента.

- ?1. Какой вывод сделали ребята из самого первого эксперимента?
- ?2. Какая среда в растворах **A** и **C**?
- ?3. Определите формулы газов **X**, **Y** и **Z** и веществ в растворах **A**, **B** и **C**.
- ?4. Напишите уравнения всех описанных реакций (всего 7).

Учитель решил не выливать оставшиеся растворы. К **A** он добавил определенное количество щелочи и выкристаллизовал вещество **A<sub>1</sub>** с массовой долей кислорода 59.95%, по качественному составу совпадающее с веществом из раствора **B**. Раствор **B** он упарил и получил твердое вещество **B<sub>1</sub>** с массовой долей кислорода 42.08%, не совпадающее по качественному составу с веществом, содержавшимся в растворе **B** изначально. Раствор **C** он выпарил, а остаток прокалил. Полученное твердое вещество **C<sub>1</sub>** содержит 50.43% кислорода и совпадает по качественному составу с **B<sub>1</sub>**.

?5. Определите формулы **A<sub>1</sub>**, **B<sub>1</sub>** и **C<sub>1</sub>**. Ответ подтвердите расчетом.

?6. Нарисуйте структурные формулы анионов, содержащихся в **B<sub>1</sub>** и **C<sub>1</sub>**, если известно, что анион **B<sub>1</sub>** несимметричный.

### Задача 3. Синтез смеси. (25 баллов)

При нагревании кремния с бледно-желтым нерастворимым в воде и разбавленных кислотах веществом **A**, обратимо разлагающимся на свету, образуется жидкое при нормальных условиях вещество **B** с массовой долей кремния 8.08%. При нагревании **B** с фторидом **B** получается смесь соединений **Г<sub>1</sub>** (содержит 9.79% Si, 6.62% F по массе), **Г<sub>2</sub>** (12.43% Si, 16.82% F) и **Г<sub>3</sub>** (17.02% Si, 34.55% F), имеющих одинаковый качественный состав.

Газ **D** с плотностью по воздуху 1.31 окисляет кремний до газа **E** с плотностью 4.64 г/л при нормальных условиях. **E** при нагревании с бромидом **Ж** также образует смесь соединений **Г<sub>1</sub>**, **Г<sub>2</sub>** и **Г<sub>3</sub>**.

Синтезированные двумя способами смеси **Г<sub>1</sub>**, **Г<sub>2</sub>**, **Г<sub>3</sub>** и остаток непрореагировавших реагентов разделили и определили их массы. Результаты экспериментов, а также массы одного из реагентов, взятых для синтеза, представлены в таблице. Вещество **B** в первом синтезе и вещество **Ж** во втором синтезе прореагировали полностью, в обеих реакциях образуется только по одному менее летучему продукту, чем указанные.

	Масса одного из реагентов	Масса <b>Г<sub>1</sub></b> , г	Масса <b>Г<sub>2</sub></b> , г	Масса <b>Г<sub>3</sub></b> , г	Масса оставшегося реагента
Способ 1	$m(\mathbf{B}) = 3.444$ г	3.298	3.569	0.808	$m(\mathbf{B}) = 1.078$ г
Способ 2	$m(\mathbf{Ж}) = 6.169$ г	2.552	3.253	2.293	$m(\mathbf{E}) = 1.078$ г

?1. Определите формулы веществ **А** – **Ж**. Формулы соединений подтвердите расчетом.

?2. Запишите уравнения реакций:

а) **А** с кремнием;

б) разложения **А** на свету;

в) получения  $\text{Г}_2$  из **Е** и **Ж**;

г) гидролиза  $\text{Г}_2$  (образуется раствор смеси двух сильных кислот и студенистый осадок).

?3. Какую геометрическую форму имеют молекулы **Е** и  $\text{Г}_3$ ? Полярны ли эти молекулы?

?4. Какую массу **Б** взяли для первого синтеза?

#### Задача 4. Термохимия ионов в растворах. (25 баллов)

Полезный инструмент термохимии реакций в растворах – использование энтальпий образования ионов в растворе. Энтальпия образования любого иона в растворе рассчитывается относительно иона  $\text{H}^+$ , энтальпия образования которого принята строго равной нулю (так же, как и простых веществ в стандартном состоянии).

Известны стандартные энтальпии образования некоторых ионов в растворе и чистых веществ.

	$\Delta_f H^\circ$ , кДж/моль		$\Delta_f H^\circ$ , кДж/моль
$\text{Ba}^{2+}_{(р-р)}$	-524.0	$\text{H}_2\text{O}_{(ж.)}$	-285.8
$\text{OH}^-_{(р-р)}$	-230.0	<b>А</b> <sub>(тв.)</sub>	-190.1
$\text{M}^{n+}_{(р-р)}$	+81.0	<b>В</b> <sub>(тв.)</sub>	-548.0
$\text{Ag}^+_{(р-р)}$	+105.6	<b>С</b> <sub>(тв.)</sub>	-941.0

Известно, что металлический барий и вещества **А**, **В** и **С** при растворении в воде образуют одни и те же ионы, причем в двух случаях выделяется один и тот же газ, а в двух других газов не образуется. Энтальпии процессов, происходящих при растворении **А**, **В** и **С** равны -222, -150 и -43 кДж/моль, соответственно.

?1. Запишите уравнение взаимодействия бария с водой в ионном виде и рассчитайте энтальпию этой реакции.

?2. Определите вещества **А**, **В** и **С** и запишите уравнения процессов их растворения в воде в ионном виде. Ответ подтвердите расчетом.

?3. Используя данные задачи, приведите пример реакции (в ионном виде), энтальпия которой равна -524.0 кДж/моль.

Металл **М** погрузили в раствор нитрата серебра. Когда все серебро из раствора выделилось, масса вступившего в реакцию **М** составила 3.00 г, а количество выделившейся в результате реакции замещения теплоты 3.39 кДж.

Выпавшее в осадок серебро отфильтровали, а в раствор погрузили пластинку металла **Q** массой 10.00 г. По окончании реакции замещения масса пластинки, состоящей из **M** и **Q**, составила 12.61 г, а количество выделившейся теплоты составило 8.77 кДж. Энтальпии образования ионов серебра и  $M^{n+}$  приведены в таблице выше.

**?4.** Определите металл **M**. Ответ подтвердите расчетом.

**?5.** Определите металл **Q** и энтальпию образования ионов металла **Q** в водном растворе. Ответ подтвердите расчетом.