

## ДЕВЯТЫЙ КЛАСС

### Задача 9-1

Задача на премию Петербургской Академии наук на 1753 г. (М. В. Ломоносов, ПСС, т. 3, стр. 11, М.–Л. 1953) (перевод с латинского Я. Н. Боровского)

«Полагаю, что премии, которая будет предложена на ближайшей конференции, должен быть удостоен тот, кто лучше других объяснит на основании физических и химических законов отделение золота и серебра, производимое с помощью царской водки, и укажет наиболее удобный способ отделения друг от друга этих металлов с наименьшим трудом и затратами.»

1. Для большинства процессов очистки характерны следующие стадии: 1) растворение, 2) разделение, 3) выделение чистых компонентов. Напишите уравнения реакций, соответствующих растворению золота и серебра в «царской водке» (одно уравнение для растворения золота, а другое – для серебра, считая, что единственным газообразным продуктом реакции является оксид азота (II)). Какие параметры определяют оптимальный состав «царской водки», используемой для растворения компонента смеси?
2. Напишите уравнение реакции для второй стадии процесса очистки – разделения компонентов (желательно, чтобы этот процесс был доступен во времена жизни Ломоносова).
3. Напишите уравнения реакций выделения металлов (серебра и золота) после разделения.
4. Напишите уравнение реакции растворения в «царской водке» губчатой платины, учитывая, что образуется соединение платины (IV) с координационным числом 6.
5. В «царской водке» способны растворяться и простые вещества неметаллы. Напишите уравнения реакций растворения теллура (продукт – теллур (IV) с координационным числом 6) и иода (продукт – иод (III) с координационным числом 4).
6. Для каких металлов оптимально использовать «царскую водку» состава, приготовленного для растворения а) теллура, б) иода? Укажите причины этого сходства.

### Задача 9-2

Винни-Пух стоял у дерева и пристально смотрел вверх. «Наверное, в том дупле хранятся большие запасы меда. Но как выгнать оттуда пчел? Эх, если б мишки были пчелами, они точно нипочем не решились бы на вышках строить собственный свой дом!».

– Пух! – сказал Пятачок, нарушив повисшую тишину, – а давай привяжем к тебе воздушный шарик, и он быстренько поднимет тебя к дуплу.

– Давай! – выпалил Пух, – а чем ты надувал этот шарик?

– Собою! То есть воздухом, – ответил Пятачок.

– М-да, такие шарики только в мультике взлетают! – озадаченно буркнул Пух, почесывая опилки, – Ты физику в школе учил? Подъемная сила такого шарика равна нулю.

– Вспомнил! У меня есть жидкий азот, – радостно закричал Пятачок, – азот немного легче воздуха, мы наполним шарик, и он поднимет тебя.

– Боюсь, одного шарика тогда не хватит, чтобы поднять меня целиком, – озабоченно пробормотал Пух.

– Это поправимо, – заметил Пятачок, – вспомни, как ты худел, когда застрял в норе у Кролика? Я и сейчас могу подождать с шариком. До пятницы я совершенно свободен!

– Ну уж нет, я не собираюсь до пятницы околачивать груши у этого дупла! – воскликнул Пух, – я требую меда! Придумайте же хоть что-нибудь!

В этот момент к дереву в задумчивости подошёл ослик Иа-Иа.

– Если у вас есть азот, – сказал он, – то я могу вам помочь. У меня припрятано немного серебристо-белого твердого вещества **A**. Если его нагреть в атмосфере азота, то полученный продукт будет на 10,65% тяжелее исходного вещества **A**, зато при обработке водой даст вам много-много легкого газа **B** для наполнения шарика.

– Тоже не годится, – оборвал Пух, – уж больно этот газ **B** резко пахнет. Мед будет тоже пахнуть, и пчелы его не смогут есть, и мы тоже. Тогда мед пропадет. Нехорошо!

– Да что вы изобретаете велосипед? – воскликнула пролетавшая мимо Сова, – возьмите вещество **A** и просто киньте его в воду. Тогда выделится газ **B**, он легче **B** и не пахнет.

– Сова, ты химию в школе учила? – удивленно буркнул Пух, – Эта реакция начинается совсем не сразу, а выделение газа **B** происходит неравномерно. Так что я успею похудеть за то время, пока ты будешь получать расчетный объем газа **B**.

В этот момент из-за поворота показался Кролик.

– Да, непростая задача, – сказал он, – но я вам тоже могу помочь. У меня в норе есть волшебный белый порошок **Г**, который имеет молярную массу всего на 2,3% больше, чем **A**, а газа **B** при обработке водой выделяет в два раза больше.

### Вопросы:

- 1) Установите вещества **A–Г** и напишите уравнения всех упоминавшихся в задаче реакций.
- 2) Сколько шариков при н. у. можно заполнить газом, полученным из 44 г **A** (по способу Иа-Иа и по способу Совы), из 44 г **Г** (по способу Кролика). Примите

радиус шарика равным 8 см. Примечание: объем шарика принять равным равен  $\frac{4}{3}\pi r^3$ .

- 3) Поясните, какие сложности и почему могут возникнуть у Совы при проведении реакции А с водой.
- 4) Какова геометрическая форма молекулы газа Б?
- 5) Каким образом Иа-Иа следует хранить вещество А?

### Задача 9-3

*«Затем приступает к выделению самого метала – радия. До сих пор всякий раз, когда она добывала «чистый» радий, дело ограничивалось солями радия (хлористыми или бромистыми), представляющими собой его единственную стойкую форму. Андре Дебьерну и Мари удается выделить самый металл, не изменяющийся от воздействия воздуха. Это одна из самых тонких операций, которая никогда больше не повторялась.»*

*(Е. Кюри «Мария Кюри» М., Атомиздат, 1967, с. 250)*

Для получения металлического радия была приготовлена амальгама радия путем электролиза раствора, содержащего 0,1 г чистого  $\text{RaCl}_2$  при помощи ртутного катода. Эта жидкая амальгама изменяется на воздухе и разлагает воду. Амальгама была высушена, перенесена в лодочку из чистого железа и перегнана в атмосфере очень чистого водорода, полученного диффузией через раскаленную платину. Амальгама затвердевает при 400 °С. Металл, отделенный от ртути, плавится при 700 ° и начинает улетучиваться. Радий – белый блестящий металл, быстро изменяющийся на воздухе и энергично разлагающий воду.

(M<sup>me</sup> P. Curie et M. A. Debierne, Comptes Rendus (Académie des sciences) **1910**, v. 151, s. 523–525.)

1. Рассчитайте молярную концентрацию и мольную долю радия в полученной амальгаме, если для электролиза было взято 0,5 см<sup>3</sup> ртути, ее плотность составляет 13,546 г/см<sup>3</sup>.
2. «Эта жидкая амальгама изменяется на воздухе и разлагает воду.» Напишите уравнения реакций, которые могут происходить с амальгамой в контакте с воздухом, при разложении воды.
3. «Амальгама затвердевает при 400 °С.» Укажите причины затвердевания.

4. Всю полученную таким путем амальгаму поместили в 250 мл теплой воды. Какое значение pH может быть в таком растворе?

#### Задача 9-4

##### Опыты с неизвестным веществом

В школьной химической лаборатории была обнаружена закупоренная склянка без этикетки. В склянке находились палочки вещества **X** серебристо-белого цвета. Ударами молотка палочки раскалывались на несколько частей. Неизвестное вещество **X** при комнатной температуре не реагирует с водой, но растворяется в разбавленной серной кислоте и в растворе гидроксида натрия. Если порошок **X** внести в бромную воду, она постепенно обесцвечивается. При сгорании на воздухе **X** превращается в желтый порошок, который при охлаждении до комнатной температуры становится белым. При действии на раствор, полученный растворением **X** в разбавленной серной кислоте, раствора карбоната аммония, выпадает белый осадок **Y**, содержащий 38,4 % кислорода. При обратном способе сливания реагентов также образуется белый осадок, но другого состава (вещество **Z**), который также содержит 38,4 % кислорода. Вещество **Y** не меняет своей массы при хранении в эксикаторе над фосфорным ангидридом, а масса вещества **Z** при хранении в эксикаторе уменьшается. Оба вещества **Y** и **Z** при нагревании разлагаются, причем при прокаливании **Z** на воздухе потеря массы составляет 30,5 %.

##### Вопросы

- 1) Определите неизвестное вещество **X**, находящееся в склянке, а также вещества **Y** и **Z**. Запишите уравнения всех реакций, описанных в условии задачи (8 уравнений).
- 2) Что произойдет, если продукт прокаливании **Z** на воздухе смочить раствором нитрата кобальта и нагреть? Запишите уравнение реакции (9).
- 3) Как изменится скорость растворения **X** в кислотах, если вещество **X** очень тщательно очистить от следовых количеств меди?

#### Задача 9-5

##### Воздух, которым дышал Ломоносов

Говорят, что в каждом нашем вдохе содержатся молекулы воздуха, которые побывали в лёгких у Ломоносова. Докажите справедливость этого утверждения с помощью расчёта.

1. Используя значение нормального атмосферного давления, оцените общее число молекул воздуха в атмосфере Земли.
2. Полагая, что средний объём одного вдоха равен 0,5 л, рассчитайте число молекул, попадающих в лёгкие с одним вдохом при температуре тела (37 °С).
3. Полагая, что человек в среднем делает 15 вдохов в минуту, рассчитайте число молекул, выдохнутых Ломоносовым в течение всей жизни.
4. Сколько молекул, побывавших в лёгких у Ломоносова, может содержаться в каждом нашем вдохе?
5. Перечислите допущения, сделанные вами при расчёте.

Справочные данные:

Годы жизни М. В. Ломоносова – 1711–1765.

Средний радиус Земли – 6371 км.

Площадь поверхности шара –  $4\pi r^2$ .

Нормальное атмосферное давление – 101,3 кПа.

Средняя молярная масса воздуха – 29 г/моль