

Из предложенных шести задач, нужно выбрать пять!

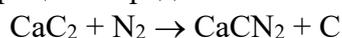
Указание: — при расчетах значения атомных масс следует округлять до целых, кроме хлора ($A_r(\text{Cl}) = 35,5$)
— в решении задачи обязательно нужно привести необходимые расчёты и рассуждения, ответ без доказательств может быть оценен в 0 баллов

Задача 1

Соединения углерода и металлов, которые в общем называют карбидами, очень разнообразны и обширны. Рассмотрим трех представителей этого класса соединений: Al_4C_3 , CaC_2 и Mg_2C_3 .

1. Запишите уравнения реакции этих карбидов с избытком разбавленного раствора соляной кислоты, если в результате образуются соответствующие газообразные углеводороды.
2. Рассчитайте плотность (н.у.) газовой смеси, которая образуется при обработке соляной кислотой эквимольной смеси исходных карбидов (считайте, что карбиды растворяются полностью и со 100%-ным выходом, возможной реакцией углеводородов с соляной кислотой можно пренебречь).

Карбид кальция (CaC_2) применяется в так называемом процессе Франка-Каро – одним из первых промышленных методов фиксации атмосферного азота для производства удобрений. Уравнение реакции соответствующего процесса представлено ниже:



Карбид кальция измельчали и нагревали до высоких температур (около 1000°C) в атмосфере азота.

Ниже представлены некоторые термодинамические характеристики веществ:

Вещество	$\Delta_f H^\circ_{298\text{K}}$, кДж/моль	$S^\circ_{298\text{K}}$, Дж/(моль·К)	C_p , Дж/(моль·К)
CaC_2	-59,8	70,0	62,7
N_2		191,6	29,1
CaCN_2	-350,6	81,6	91,8
C		5,7	8,5

3. Рассчитайте изменение энтальпии и энтропии реакции при 298К.
4. Рассчитайте изменение энтальпии и энтропии реакции при 1000°C . (Считайте, что теплоёмкости C_p не зависят от температуры).
5. Рассчитайте изменение энергии Гиббса реакции при 298К, и при 1000°C .

При обработке цианмида кальция (CaCN_2) горячей водой при 70°C образуются гидроксид кальция и соединение X с молярной массой 60 г/моль.

6. Запишите соответствующее уравнение реакции и назовите вещество X.

Справочная информация:

Зависимость изменения энтальпии реакции описывается уравнением Кирхгофа:

$$\Delta_r H^\circ_{T_2} = \Delta_r H^\circ_{T_1} + \Delta C_p (T_2 - T_1);$$

Зависимость изменения энтропии реакции описывается уравнением:

$$\Delta_r S^\circ_{T_2} = \Delta_r S^\circ_{T_1} + \Delta C_p \cdot \ln(T_2/T_1);$$

$$\Delta_r G^\circ_T = \Delta_r H^\circ_T - T \cdot \Delta_r S^\circ_T;$$

Задача 2

В лабораторию для анализа поступила старинная монета 1830 года номиналом 12 рублей (фото справа). Лаборант аккуратно поместил данную монету в концентрированный раствор азотной кислоты и нагревал достаточно продолжительное время, при этом масса монеты уменьшилась всего на 2,07 г. Поняв, что монета состоит из очень дорогого металла, он аккуратно поместил 1/10 остатка после растворения в HNO_3 (конц.) в раствор царской водки и замерил объем выделившегося бесцветного газа, бурящего на воздухе. При 23°C и давлении 740 мм. рт. столба он составил – 671 мл.



1. Определите основной компонент монеты. (Считайте, что остаток после растворения в HNO_3 (конц.) состоит только из искомого металла и в ходе реакции с царской водкой выделяется только исследуемый бесцветный газ). Определите пробу этого металла* в монете. Запишите уравнение реакции его растворения в царской водке. Все рассуждения подтвердите расчетом.



Современные коллекционные монеты в некоторых странах (на фото слева – австрийская монета, посвященная искусственному интеллекту) изготавливают из металла колумбия (Сb). Всё верно! Это устаревшее название и обозначение одного из металлов из таблицы Менделеева, которое он первоначально получил в честь минерала «Колумбит», из которого его получали. Одну из модификаций этого минерала можно выразить формулой $\text{M}^{\text{II}}\text{Сb}_2\text{O}_6$ ($\omega_{\text{M}} = 16,6\%$). Для получения элементарного Сb руду разлагают плавиковой кислотой в присутствии фторида калия. При этом образуется соль состава $\text{K}_2[\text{СbOF}_5]$. Через водный раствор $\text{K}_2[\text{СbOF}_5]$ затем пропускают аммиак (реакция 1), при этом осаждается $\text{Сb}_2\text{O}_5$, который после этого отфильтровывают и прокаливают с избытком углерода (реакция 2). Из 1 кг $\text{MСb}_2\text{O}_6$ можно получить около 550 г Сb

(выход считайте равным 100%).

2. Определите, какой металл раньше обозначали Сb и называли колумбий. Запишите уравнения реакций 1 и 2. Определите металл М в $\text{MСb}_2\text{O}_6$. Все рассуждения подтвердите расчетом.

Справочная информация:

1 золотник (1 зол) = 1/96 фунта = 96 долей (дол.)

1 фунт \approx 409,5 г

Проба - количество граммов чистого металла в 1000 граммах сплава.

* - Для чеканки монет использовалась самородная уральская ..., не очищенная от примеси сопутствующих металлов, поэтому надпись на реверсе таких монет «...чистой уральской ...» следует понимать только как свидетельство об отсутствии в металле легирующих присадок.

Задача 3

Углекислый газ пропустили через 50 г 35%-ного водного раствора гидроксида натрия. Полученный после поглощения CO_2 раствор количественно перенесли в мерную колбу вместимостью 100 мл и довели дистиллированной водой до метки.

Из приготовленного раствора пипеткой Мора отбирали аликвоту объёмом 10,0 мл, переносили её в колбу для титрования, добавляли соответствующий индикатор и титровали 2,023 М раствором соляной кислоты до изменения окраски. Израсходованный объём HCl фиксировали. Аналогичным образом готовили и анализировали последующие пробы.

Результаты шести титрований (в зависимости от используемого индикатора) приведены ниже:

$V_{\text{ФФ}}^*(\text{HCl})$, мл
9,27
9,22
9,31

$V_{\text{МО}}(\text{HCl})$, мл
21,55
21,60
21,73

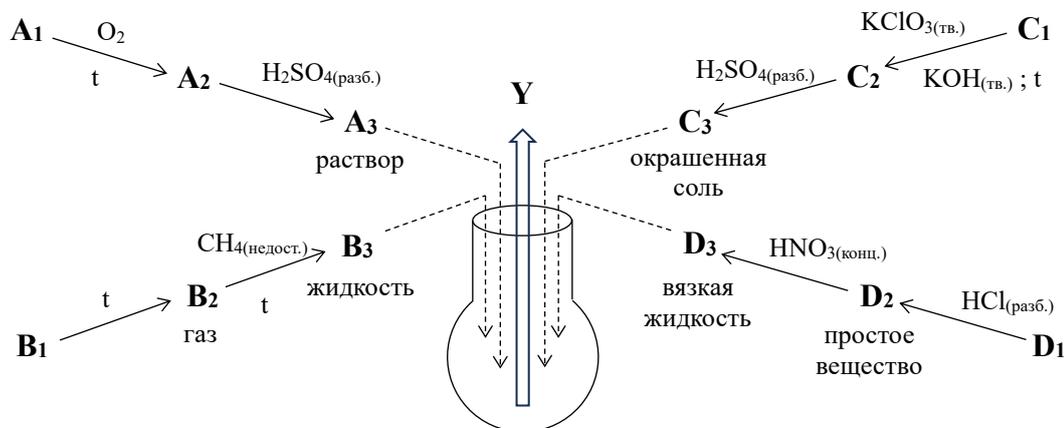
* - $V_{\text{ФФ}}$ – объём соляной кислоты, пошедший на титрование в присутствии фенолфталеина;
 $V_{\text{МО}}$ – объём соляной кислоты, пошедший на титрование в присутствии метилового оранжевого;

1. Каким может быть состав раствора после поглощения углекислого газа в зависимости от времени его пропускания (растворимость CO_2 в воде можно пренебречь). Приведите все возможные составы. Запишите соответствующие уравнения реакций, протекающие в ходе пропускания CO_2 .
2. В зависимости от состава раствора после пропускания CO_2 на титрование по методике, описанной выше, могут пойти различные объёмы $V_{\text{ФФ}}(\text{HCl})$ и $V_{\text{МО}}(\text{HCl})$. Запишите соответствующие уравнения реакций протекающие при титровании* (обязательно укажите какая реакция при каком индикаторе) и определите соотношения между $V_{\text{ФФ}}(\text{HCl})$ и $V_{\text{МО}}(\text{HCl})$ для каждого из составов из п.1 (с помощью знаков $<$, $>$, $=$, если V равен нулю, укажите это)
3. Рассчитайте количества веществ (моль, кроме воды) в растворе после пропускания углекислого газа. Приведите необходимые формулы и расчеты.

* - то есть уравнение реакции, сопровождающееся изменением окраски индикатора.

Задача 4

Ниже приведена схема реакций. В изображенной колбе смешали четыре вещества (на схеме это показано пунктирными линиями), при этом выделился газ Y. Данные по агрегатным состояниям остальных веществ и смесей и некоторая другая информация приведены для комнатных условий. В схеме зашифрованы вещества или их водные растворы.



Вещество	Сведения о веществах
A ₁	Оксид с массовой долей кислорода равной 10,458%.
B ₁	Нитрат с массовой долей азота равной 35,000%.
C ₁	Оксид с массовой долей кислорода равной 36,782%.
D ₁	Соль кислородсодержащей кислоты, окрашивающая пламя в желтый цвет, массовая доля металла в которой равна 29,114%, а массовая доля кислорода - 30,380%. Ранее использовалась при изготовлении фотографий.

1. Определите все зашифрованные вещества. Формулы веществ A₁, B₁, C₁, D₁ должны быть выведены, а не угаданы и проверены расчетом массовых долей.
2. Напишите уравнения приведенных реакций.
3. Укажите, какая роль у веществ, участвующих в протекании реакции в колбе.

Задача 5

С буро-оранжевым раствором соли **X** провели ряд опытов.

Серия опытов №1. К раствору соли **X** добавили стружку металла **A** и оставили на некоторое время без доступа кислорода. В итоге раствор обесцветился. Также известно, что в конечном растворе имеются только катионы, содержащие атомы металла с соотношением числа протонов и нейтронов равным 0,867 (в самом распространенном в природе изотопе).

Серия опытов №2. К одной порции раствора соли **X** добавили недостаток натриевой соли **B** (массовая доля натрия равна 15,333%), выпал темный осадок **C**, если его отфильтровать и растворить в бензине, то образуется окрашенный раствор.

1. Каков цвет раствора **C** в бензине?

Если к такой же порции раствора **X** добавить избыток соли **B**, то образуется интенсивно окрашенный раствор, окраска которого обусловлена наличием соединения **D** (массовая доля натрия равна 5,693%).

Серия опытов №3. При добавлении к раствору соли **X** комплексной натриевой соли **E** (массовая доля натрия равна 19,492%) выпадает окрашенный осадок. При добавлении избытка 5% раствора гидроксида натрия масса осадка уменьшается, но часть осадка остается, и образуется соль **E**.

2. Каков качественный состав осадка до добавления щелочи?

Серия опытов №4. К первой порции раствора соли **X** в пробирке добавили несколько капель соляной кислоты (полученный раствор содержит только один тип анионов), цвет раствора стал желтым. Вторую такую же порцию раствора соли **X** налили в другую пробирку. Обе пробирки нагревали на водяной бане в течении нескольких минут. В одной из пробирок образовался осадок **F**, в другой только изменился цвет раствора.

3. Чем обусловлено изменение цвета раствора при добавлении соляной кислоты? В пробирке с какой порцией (первой или второй) раствора соли **X** выпал осадок? Почему в этой пробирке он образуется, а в другой нет? Каков стал цвет раствора в пробирке, в которой осадок не выпал?

Определите все упомянутые в тексте задачи вещества (и приведите необходимые расчеты для вывода формулы), напишите уравнения всех описанных химических реакций, ответьте на вопросы.

Задача 6

Учитель химии Колбочкин начал писать стихи. К сожалению, он не был опытным поэтом, поэтому иногда его стихи были, честно говоря, не очень складными. Но нашего начинающего стихотворца это не останавливало, и современный последователь Александра Сергеевича начал сочинять для своих учеников задания в стихотворной форме. Ниже приведено одно из произведений Колбочкина, посвященное своему лаборанту Аппарат-Киппову. Надписи, выделенные **жирным шрифтом**, не входят в стихотворение, но нужны для решения задачи.

*Работал лаборантом
Герой бесстрашный наш,
Но вот в нём зародился
Ученого кураж.*

*Таинственный прибор разбил,
Что Галилей соорудил,
Частиц порыв тот мерять мог,
Но не сдержал удара в бок.*

*Извлек герой наш каплю
Жидкости, и в тигль её залил.
И огонёк не очень жаркий
Под тиглем запалил.*

*Прошло немного времени,
И в тигле – порошок (**вещество А**).
Что цветом, как моркови
Созревший в земле плод.*

*Герой подумал наш чуток:
Не сделать больше ль огонёк?
Нагрел цветной свой порошок,
И получил отца кислот (**вещество В**).*

*А к серебру же жидкому (**вещество С**),
Что тянет вниз сосуд,
Добавил жидкость едкую,
Что царской назовут
(**раствор двух веществ D и E**).*

*Бесцветный дух вознесся (**вещество F**),
Схватил отца кислот,
Тотчас всем показался,
Спугнув честной народ.*

*В сосуд, откуда вышел дух,
Залили едкий щелок,
Узрели в миг осадок там,
Он желтый, яд, и тонок.*

*Осадок сей подобен порошку,
Тому, что красен и нагрет в начале,
Но цвет иной, и это непонятно,
К общественной досаде.*

*И как понять, что здесь к чему?
Попробуй разобраться.
А вам, друзья, осталось только
Задачей наслаждаться.*

Помогите ученикам Колбочкина решить задание, которое он придумал. Для этого необходимо:

1. Определить формулы веществ **A – F**.
2. Написать уравнения всех упомянутых в тексте стихотворения реакций.
3. Ответить на приведенные ниже вопросы.
 - Какой прибор разбил лаборант Аппарат-Киппов?
 - Что значит, что «бесцветный дух показался всем»?
 - Почему цвета красного порошка и желтого осадка отличаются несмотря на то, что они «подобны»? Почему в разных условиях образуются разные по цвету твердые субстанции?
 - Какая была фамилия у персонажа серии романов рубежа XX – XXI веков, который являлся учителем «химии» и также сочинил загадку в стихах?