

ХБМ № 7 2015: олимпиады № вёрстки 3	№ корректуры: Число ошибок: Верстал: <i>Соболева</i>	Дата	Подпись:
---	--	------	----------



Загорский Вячеслав Викторович
*Кандидат химических наук,
доктор педагогических наук,
профессор СУНЦ МГУ им. М.В. Ломоносова*

Химические задачи заочной олимпиады факультета биоинженерии и биоинформатики МГУ 2015 года

Второй год традиционная заочная олимпиада ФББ проводится в новом формате. Теперь в раздел «химия» добавлены задачи для 8-го класса (по математике, физике, биологии – с 7-го класса). Кроме того, часть задач предполагает их экспериментальное выполнение школьниками.

8 класс

1. Бинарное соединение, состоящее из металла и неметалла, используется в качестве твердого и износостойкого покрытия для инструментов. В России это покрытие используют в строительной практике при сооружении зданий специального назначения для замены более дорогого, но нестойкого к механическим повреждениям покрытия.

1) Какой цвет может иметь покрытие на основе данного бинарного соединения?

2) Из чего делают более дорогое, но механически менее прочное покрытие?

Решение. В условии нет численных данных для решения задачи расчётным путём. Остаётся догадаться, что ключом к ответу являются относящиеся к одному веществу слова «твёрдое и износостойкое покрытие», «здания специального назначения» и «цвет».

1) Данное покрытие на основе бинарного соединения – нитрид титана с условной формулой TiN – обычно золотистого цвета. Покрытия состава TiN_x , TiN_xO_y имеют цвет от светло-жёлтых до коричневых, реже встречается оранжевый оттенок.

Пример инструмента (сверло):



Пример здания специального назначения (купол храма):



2) Более дорогое и механически менее прочное покрытие – тончайшая золотая фольга («сусальное золото»).

2. (Экспериментальная задача)
В школьном приборе для получения газов можно использовать соляную кислоту и цинк, либо ту же кислоту с более доступным в виде проволоки алюминием. Однако при использовании в приборе алюминия возможны проблемы.

1) Попробуйте обнаружить эти проблемы экспериментально, объясните разное протекание процесса при использовании цинка и алюминия.

2) При невозможности провести эксперимент предскажите, чем отличаются процессы получения водорода при реакции металла с соляной кислотой в случаях использования цинка и алюминия.

Решение.

1) Реакция соляной кислоты с алюминием начинается не сразу (рис. 1) – сначала растворяется оксидная плёнка, зато через 1 – 2 мин скорость реакции резко возрастает (рис. 2), содержимое пробирки темнеет. Реакция соляной кислоты с цинком идёт более равномерно.



Рис. 1. Реакция соляной кислоты с алюминием, начало



Рис. 2. Реакция соляной кислоты с алюминием, продолжение

2) Алюминия потребуется гораздо меньше по массе, поскольку для получения 2 г (1 моля) водорода надо 18 г алюминия или 65 г цинка.

Алюминий может продолжать реагировать с водой, даже когда в растворе кончится кислота, поскольку в условиях получения во-

дорода (на поверхности алюминия бурно выделяется водород, этот же водород вытесняет воздух с кисло-

родом из прибора) оксидная защитная пленка на металле не образуется.

9 класс

1. Два образца магния одинаковой степени чистоты имеют массу 24,3 г каждый. Первый образец имеет форму шара, второй – квадратной пластины толщиной 0,5 мм. Плотность магния 1,74 г/см³.

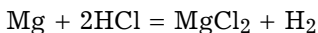
Оба образца поместили в избыток 10%-ой соляной кислоты при 27 °С.

1) Оцените, как относятся друг к другу объёмы водорода, которые выделяются при растворении образцов магния в течение первых 10 секунд реакции.

2) Как относятся друг к другу объёмы водорода после полного растворения магния?

Решение.

1) По реакции



за 10 секунд прореагирует малая доля магния, поэтому для оценки соотношения объёмов водорода нужно сравнить площади поверхности образцов металла, поскольку начальная скорость выделения водорода пропорциональна площади поверхности металла.

Каждый образец имеет объём

$$V = m/\rho = 24,3/1,74 = 13,97 \approx 14 \text{ см}^3.$$

Площадь поверхности шара

$$S = 4\pi R^2,$$

а объём шара

$$V = 4/3\pi R^3.$$

Находим радиус шара:

$$R = (V\pi/3/4)^{1/3} = (14 \cdot 3/4)^{1/3} = 1,495 \text{ см}.$$

Тогда площадь его поверхности

$$S = 4 \cdot 3,14 \cdot 1,495^2 = 28 \text{ см}^2.$$

Для нахождения площади поверхности квадратной пластины определим сторону квадратной пластины x , исходя из объёма пластины:

$$V = 14 = x^2 \cdot 0,05;$$

отсюда $x = 16,73 \text{ см}$.

Площадь поверхности

$$S = 2x^2 + 4 \cdot 0,05x = 560 + 3,3 = 563,3 \text{ см}^2.$$

Соотношение объёмов водорода и шара и пластины будет таким же, как соотношение их площадей:

$$V_{\text{ш}}/V_{\text{пл}} = 28/563,3 = 0,05$$

(или $V_{\text{пл}}/V_{\text{ш}} = 20 : 1$).

В первые 10 секунд с поверхности пластины может выделиться в 20 раз больше водорода, чем с поверхности шара из магния.

2) Поскольку массы образцов магния одинаковы, после полного растворения металла объёмы водорода будут равными, т. е. 1 : 1. Взят 1 моль магния, поэтому в обоих случаях выделится по 1 моль водорода (22,4 л при н. у.). Температура, приведённая в условии задачи, не нужна для получения ответов, поскольку нужно определить соотношение объёмов, а не их величины.

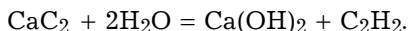
2. После длительного хранения на воздухе чистого карбида кальция образец хранившегося вещества растворили в избытке 10 %-ой соляной кислоты. При этом получилась смесь газов с плотностью 1,321 г/л (н. у.).

Сколько л ацетилена (н. у.) можно получить из 1 кг такого долго хранившегося карбида?

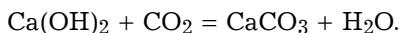


Карбид кальция

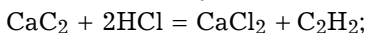
Решение. При хранении на воздухе карбид кальция реагирует с влагой:



Ацетилен улетает, а гидроксид кальция реагирует с углекислым газом:



При реакции долго хранившегося образца с соляной кислотой образуются ацетилен и углекислый газ:



Для ответа на вопрос задачи нужно определить соотношение газов и, соответственно, состав старого карбида. Средняя молярная масса газовой смеси

$$M = 1,321 \cdot 22,4 = 29,6 \text{ г/моль}.$$

Если x – мольная доля ацетилена в смеси, то

$$M = M(\text{C}_2\text{H}_2) \cdot x + M(\text{CO}_2) \cdot (1 - x);$$
$$29,6 = 26x + 44(1 - x).$$

Получаем $x = 0,8$.

На основании уравнений реакций с соляной кислотой мольная доля карбида в смеси тоже 0,8. Следовательно, на каждые 0,8 моль или 0,8·64 г карбида приходится 0,2 моль или 0,2·100 г карбоната кальция. В сумме это составит 71,2 г.

Составим пропорцию:

71,2 г смеси – 0,8 моль карбида;

1000 г смеси – y моль карбида.

Отсюда $y = 11,236$ моль. Столько же моль ацетилена выделится.

$$V(\text{C}_2\text{H}_2) = \nu(\text{C}_2\text{H}_2) \cdot V_m = 11,236 \cdot 22,4 = 251,7 \text{ л}.$$

10 класс

1. В стакан №1 с горячим 30%-ым раствором гидроксида калия (избыток) поместили порошок серы. В стакан №2 с горячим 30%-ым раствором гидроксида калия (избыток) поместили крупинки белого фосфора. После окончания реакций и охлаждения растворов в оба стакана добавили избыток 20%-ой соляной кислоты.

1) Что можно было наблюдать в ходе описанных процессов?

2) Напишите уравнения всех происходивших реакций.

3) Что общего в процессах, происходивших в стаканах №1 и №2, в чём их различие?

Решение.

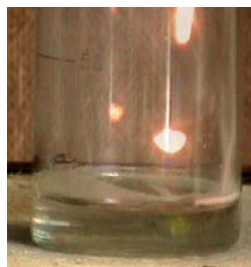
1) Порошок серы растворяется в горячей концентрированной щёлочи. При этом получается желтоватый раствор из-за образования полисульфида. При добавлении соляной кислоты из раствора выпадает почти белый осадок мелкодисперсной серы.

Белый фосфор растворяется в горячей концентрированной щёлочи, при этом газообразный фосфин са-

мовоспламеняется на воздухе (вспышки). При добавлении соляной кислоты видимых изменений не происходит.

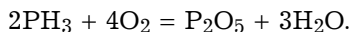
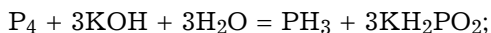
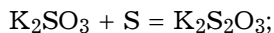
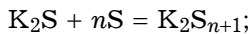
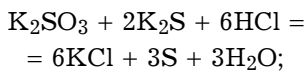
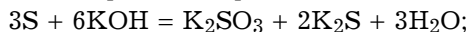


Взаимодействие серы с KOH



Вспышки фосфина, выделяющегося при реакции белого фосфора с KOH

2) Уравнения реакций:



В обоих случаях с кислотой про-реагирует избыток гидроксида калия.

3) Общим является диспропор-ционирование неметалла в щелоч-ной среде – из степени окисления 0 получатся соединения с поло-жительной и отрицательной степе-нями окисления. Различие связано с тем, что фосфин не остаётся в растворе и сгорает на воздухе, по-этому при добавлении соляной кислоты не удаётся получить ис-ходный неметалл.

2. Одна хозяйка похвасталась другой, что «нашла в Интернете» очень простой и дешёвый способ отмыть любую посуду даже от сильно пригоревшей пищи. Для это-го достаточно замочить грязную по-суду в растворе, полученном после растворения пакетика средства для чистки канализационных труб в стакане воды.

1) Опишите, как такой раствор действует в случае мытья посуды: а) чугунной, б) из нержавеющей стали, в) керамической, г) эмали-рованной, д) алюминиевой, е) алю-миниевой посуды с тефлоновым по-крытием.

2) В каких из перечисленных случаях рецепт действительно эф-

фективен и безопасен для посуды? В каких случаях посуда может быть испорчена? Какие меры предосто-рожности необходимы при мойке посуды таким раствором?

3) Напишите уравнения реакций.

Решение.

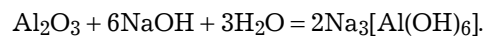
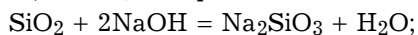
1) Средство для чистки канали-зационных труб – это почти чистая щёлочь, обычно гидроксид натрия.

а) Чугунная посуда не реагиру-ет, отмывается; б) нержавеющая сталь не реагирует, отмывается; в) керамическая посуда может реа-гировать со щёлочью – поверхность станет матовой; г) аналогично кера-мической; д) алюминий бурно реаги-рует со щёлочью; е) при наличии царапин на тефлоновом покрытии произойдёт бурная реакция и отсло-ение покрытия.

2) Способ пригоден для посуды из чугуна и нержавеющей стали. Для алюминиевой посуды, даже с покрытием из тефлона, однозначно применять нельзя. Керамическую и эмалированную посуду можно обра-батывать щелочным раствором ко-роткое время.

Щёлочь опасна для кожи и осо-бенно для глаз. Работать только в перчатках.

3) Реакции керамики и эмали:



Обе реакции идут в избытке щё-лочи и медленно.

Реакция алюминия:

