

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования

«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт цветных металлов и материаловедения

Кафедра физической и неорганической химии

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

«Водород»

Преподаватель

подпись, дата

Креницын Д.О

инициалы, фамилия

Студент ЦМ22-02Б

подпись, дата

Валиулина Д. В.

инициалы, фамилия

Красноярск

2022

Теория

В современных лабораториях водород берут из баллонов или синтезируют, вытесняя его из кислот (HCl, H_2SO_4 (разб.)) действием цинка. Можно использовать и другой металл (M), имеющий E^0 (термодинамический фактор), если на его поверхности не образуется пассивирующая пленка (кинетический фактор). Пассивирующая пленка может возникать в результате взаимодействия с окружающей средой (например, с компонентами воздуха), или на начальной стадии растворения металла (часто в первые мгновения процесса). Пленка является пассивирующей, если она не только малорастворима в жидкой фазе системы, но и является достаточно плотной, чтобы препятствовать проникновению реагентов через нее к поверхности металла. Так, в нейтральной водной среде, в которой a_{H_2O} моль/л (при $22^\circ C$), водород должен восстанавливать все металлы, если их ОВП ниже потенциала воды ($E^0\left(\frac{H_2O}{H_2}\right) = -0,41 B$). Это Ca, Mg, Na и т.п. Но, например, $Zn(E^0 = -0,76 B)$ с водой практически не реагирует из-за формирования на его поверхности достаточно плотной пленки продукта окисления цинка.

В то же время гидроксиды M , образующиеся при взаимодействии Ca или Mg с водой, получают в виде достаточно рыхлых осадков, поэтому не препятствуют протеканию реакции, хотя в той или иной степени тормозят ее.

Очевидно, если пассивирующую пленку убирать по мере ее образования (например, соскабливая с поверхности металла – механический способ), то удастся практически полностью осуществить процесс взаимодействия M с водой.

Другой способ снятия пассивации – химический. Например, в случае амфотерных металлов пленка удаляется действием щелочи. Но при этом M восстанавливает водород воды только, если выполняется условие: i , ибо в щелочной среде при $pH = 14$ $E^0\left(\frac{H_2O}{H_2}\right) = -0,83 B$; в частности, E^0 , поэтому Al растворяется в щелочи.

Собирать выделяющийся водород удобно в перевернутый сосуд (т.к. H_2 много легче воздуха), а еще лучше в сосуд, заполненный водой, поскольку растворимость водорода в ней незначительна.

Несмотря на устойчивость молекул H_2 ($E_{амортизации} = 436 \frac{кДж}{моль}$) термодинамическая активность водорода высока благодаря образованию достаточно прочных H связей с другими элементами. Электроотрицательность (ЭО) водорода имеет среднее значение (2,1 по шкале Полинга), поэтому H_2 проявляет как окислительные свойства (по отношению к щелочным металлам (ЩМ), щелочноземельным металлам (ЩЗМ), редкоземельным и т.п.), так и восстановительную способность (в реакциях с кислородом, с оксидами

достаточно малоактивных металлов и др.).

Смеси водорода с кислородом от 6 до 67% (об.) по H_2 – взрывоопасны. Максимальной взрывной силой обладает т.н. «гремучая смесь», содержащая стехиометрические соотношения данных газов.) В то же время струя чистого водорода (без O_2) спокойно горит голубоватым пламенем на воздухе или в чистом кислороде с образованием воды. При охлаждении пламени, например, внесением в него льда, восстановление O_2 идет менее полно – лишь до пероксида H_2O_2 .

Отметим, что химическая активность атомарного водорода (H), как термодинамическая (E^0), так и кинетическая (ибо H является радикалом), много выше молекулярного, ибо при использовании H_2 большая часть энергии тратится на разрыв связи $H-H$. Даже при 2500°C атомизируются только 0,13% H_2 и лишь при 5000°C – 95 %). Чистый атомарный водород теоретически (без соприкосновения со стенками сосуда) может существовать неограниченно долго, поскольку при соударении двух атомов H образуется молекула H_2 с избытком энергии, которая тут же распадается. Реально же энергия отдается или частицам примеси, или стенкам сосуда, поэтому половина H комбинируется в молекулы всего за 1/3 секунды. При наложении сильного магнитного поля это время заметно увеличивается.

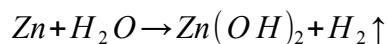
В химии, чтобы провести реакцию какого-либо вещества с атомарным водородом, помещают это вещество в реакционную зону образования H, например, в зону реакции Zn с кислотой. Таким образом можно осуществить при об.у. взаимодействие H с Cl_2 (даже в темноте), с O_2 , с Br_2 , I_2 , восстановить конц. H_2SO_4 и др.

Практическая часть

Опыт 1. Получение водорода из воды.

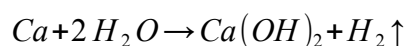
А. С помощью цинка. В пробирку налили 1 мл воды, добавить 3 капли фенолфталеина, и поместили кусочек очищенного (с помощью наждачной бумаги) цинка. Нагрели пробирку.

ф/ф бесцветный ф/ф окрашен



Выделился водород, Раствор немного порозовел.

Б. С помощью кальция. Собрали установку (рис. 1), заполнили кристаллизатор и пробирку водой. Завернули кусочек металлического кальция (размером с полспички) в марлю и с помощью щипцов быстро подвели к отверстию пробирки. Начал выделяться водород, вытесняя воду из пробирки.



После полного вытеснения воды из пробирки закрыли (не переворачивая!) ее отверстие пальцем и собранный газ перелили в другую пробирку, перевернутую вверх дном. Поднося по очереди обе пробирки к огню, выяснили, перелит ли газ. Мы слышали хлопок, когда подносили поочередно пробирки к огню, это значит, что H_2 находился в обеих пробирках.

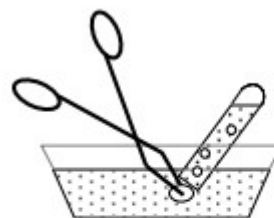
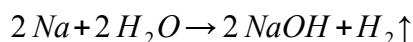


Рис. 1. Установка для получения водорода из воды с помощью кальция

После проведения опыта на марле обнаружился белый осадок (налёт) $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Затем провели анализ жидкости в кристаллизаторе. Для чего отобрали в пробирку 1 мл ее и добавили две капли фенолфталеина. Раствор стал малиновым, т.к. он содержит гидроксид ионы.

В. С помощью натрия. В стакан на 100 мл налили 30 мл воды, добавили 6 капель фенолфталеина и перемешали. Затем осторожно прилили 20 мл бензина и опустили в стакан кусочек очищенного натрия (величиной с горошину).



Вода под бензином стала малиновой, т.к. в ней содержатся ионы OH^{-} .

ДЕМОНСТРАЦИЯ: в кристаллизатор налили 0,3 л воды и добавили 12 капель фенолфталеина. Затем (под тягой) положили на воду маленький конверт, сделанный из фильтровальной бумаги с кусочком натрия (величиной с горошину). Натрий провзаимодействовал с водой, из-за чего фильтровальная бумага загорелась, а раствор стал малиновый.

Интенсивности окраски падает в ряду $\text{NaOH} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2$

Опыт 2. Восстановление оксида меди(II)

А. Получение водорода. Собрали установку (рис. 2). Предварительно заполнили хлоркальцевую трубку (2) гранулированным хлоридом кальция, в трубку (3) поместили (с помощью длинного бумажного «ковшика») 0,1 г оксида меди(II), а в отверстие выходной трубки (4) вставили тонкую медную проволоку.

Проверили герметичность прибора. Затем в колбу (1) внесли 30 гранул цинка, прилили 80 мл 2 M H_2SO_4 и закрыли колбу пробкой. Проследили, чтобы газоотводная трубка была близка к поверхности раствора.

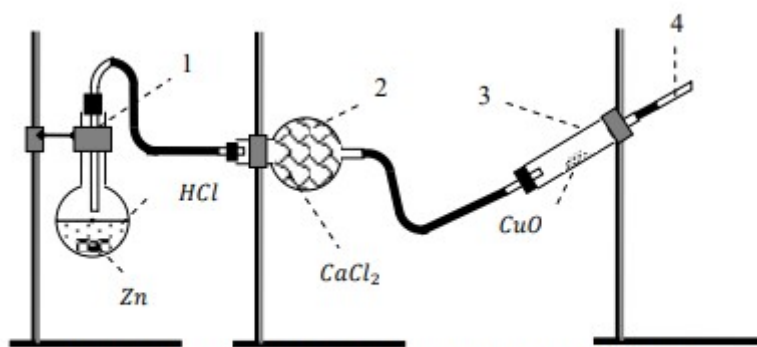
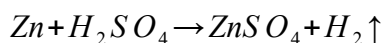
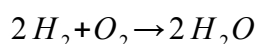


Рис. 2. Установка для восстановления оксида меди (II).



Б. Проверка водорода на чистоту. Собрали газ из газоотводной трубки (4) в пробирку (собирали в течение примерно 1-2 минут). Затем закрыли пробирку пальцем (не переворачивая ее) и поднесли, отняв палец, ее отверстие к огню. Газ начал сгорать с резким звуком, т.к. это «Гремучий газ». Пункт Б повторяли до тех пор, пока собранный газ не начал сгорать без резкого звука, что означало, что в нем содержание кислорода стало достаточно низким.



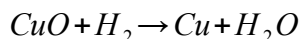
В. Горение водорода. Убедившись в отсутствии кислорода (во взрывоопасных количествах) в выделяющемся водороде, подожгли его у выхода из трубки (4). Пламя было оранжевое.

При направлении пламени на кусочек льда, стекающая со льда жидкость вызовет посинение иодидкрахмального подкисленного раствора.

Г. Восстановление меди (II). С помощью спиртовки прогрели трубку (3) по всей длине, а потом сильно нагрели ту ее часть, где находится оксид меди (II).

черный

красный



Когда оксид меди восстановился полностью (что определяем по окраске, которая не должна меняться), закончили нагревание и оставили прибор остывать, не прекращая тока.

Молекулярный водород для восстановления из можно получить взаимодействием разбавленных кислот с металлами, электродный потенциал которых меньше нуля.

Опыт 3. Сравнение активности H_2 и H

А. Получение водорода из щелочного раствора. Собрали установку (рис. 3).

Положили в пробирку (1) 3-4 кусочка алюминия и прилили 4 мл 1М гидроксида натрия. Заткнули пробирку пробкой с газоотводной трубкой (2) и на последнюю надели пробирку (3). Осторожно нагрели пробирку (1) спиртовкой и собирали в течение 3-4 минут выделяющийся газ.

Доказать, что он содержит H_2 .

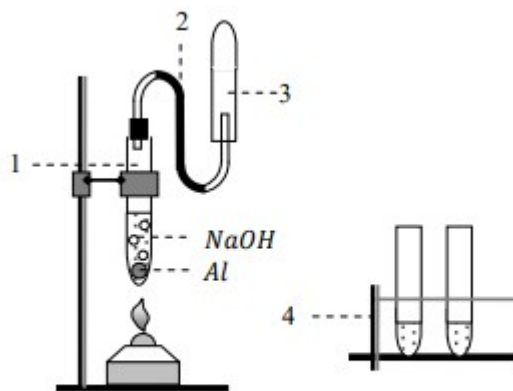
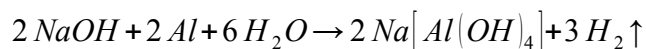
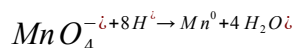
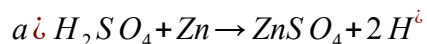


Рис. 3. Установка для получения водорода из щелочного раствора



При поджигании слышится хлопок, что говорит о реакции горения H_2 .

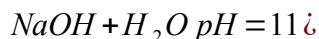
Б. Восстановление перманганата калия. В две пробирки налили по 3 мл 20%-ной серной кислоты, и добавили по 2 капли 0,1М KMnO_4 . В одну пробирку поместили 4 гранулы цинка, а через раствор во второй – пропустили водород из газоотводной трубки (2), опустив ее до дна пробирки. Через 10 минут сравнили окраску растворов в обеих пробирках.



$b \text{ } \dot{\text{H}} 2 \text{KMnO}_4 + 5 \text{H}_2 + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8 \text{H}_2\text{O}$ Цвет в первой пробирке(а) был более насыщенным.

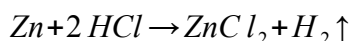
В. Определение изменения щелочности раствора. Из пробирки (1) (рис. 3) с помощью пипетки отобрали 1 мл раствора в стакан на 50 мл. В другой такой же стакан поместили 1 мл исходной 1М щелочи. Затем в оба стакана добавили по 20 мл воды и измерили рН полученных растворов с помощью рН-метра. Мы разбавили раствор, так как он был очень концентрированным.



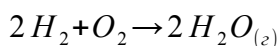


ОПЫТ 4. Получение и взрыв «Гремучей смеси»

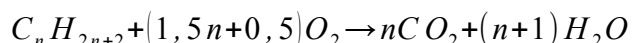
А. Получение водорода (по методу Кавендиша). В колбу с газоотводной трубкой поместили 10 гранул цинка и прилили 20 мл концентрированной хлороводородной кислоты. Газоотводную трубку подвели под консервную банку, опрокинутую вверх дном, предварительно сделав в дне банки отверстие диаметром примерно 3 мм, которое на время ее заполнения заклеивали лейкопластырем.



Б. Образование и взрыв «гремучей смеси». После заполнения банки водородом (что установили по выделению из-под нее «дыма») газоотводную трубку удалили. Открыли отверстие банки и сразу же длинной лучинкой подожгли выходящий из него водород. Банка взорвалась с громким звуком и подлетела на пару метров. Это произошло из-за взрыва «гремучей смеси»



Дополнительный опыт. Окисление углеводородов. В фарфоровую чашку налили 200 мл воды и довели ее до кипения на плитке. Тонкостенную маленькую пробирку наполнили на 1/3 объема парафином и добавили небольшой кусочек керамики. Закрепили пробирку в держателе; расплавили, а затем довели до кипения парафин с помощью спиртовки. Быстро, но осторожно, прилили парафин к воде, стараясь разлить его по ее поверхности. После чего происходит взрыв.



Парафин не загорался при кипячении потому, что площадь соприкосновения с воздухом была мала. А после разливания она увеличилась, что и привело к взрыву.