

Общеобразовательная автономная некоммерческая организация

Гимназия « ЭЛЛАДА»

во имя святых Кирилла и Мефодия

**Городская инновационная площадка по учебно-исследовательской
деятельности**

115409, г. Москва, ул. Кошкина, д.6

www.ellada.ru

8499-324-83-28

Научно-исследовательская работа

« Адсорбционные свойства уксусной кислоты и ее техническое применение»

Выполнил:

обучающийся 11а класса

Вершков Дмитрий Вадимович

ОАНО Гимназия « Эллада», Россия, г. Москва

Научный руководитель:

Недожогина Елена Сергеевна,

учитель химии и биологии высшей квалификационной категории ОАНО

Гимназия « Эллада», Россия, г. Москва

Москва, 2019

Структура работы:

Введение.....	.....
I. Адсорбция.....	.....
1. Адсорбция на поверхности жидкости.....	.....
2. Адсорбционная теория гетерогенного катализа.....	.....
3. Практическое применение адсорбции.....	.....
II. Кислотно-основные индикаторы и титрование.....	.....
1. Диапазон изменения окраски индикатора.....	.....
2. Кислотно-основные титрования.....	.....
III. Методика эксперимента «Адсорбция уксусной кислоты.....	.....
активированным углём» и обработка результатов.....	.....
Заключение.....	.....
Литература.....	.....
Приложение.....	.....

Введение

Наша природа многогранна и уникальна. Одни вещества могут поглощать другие, и это происходит в природных явлениях постоянно. Этот процесс называется сорбцией. Те тела, которые имеют более развитую поверхность, способны поглощать, т. е. адсорбировать, из окружающего объема молекулы газа, жидкости. Это явление имеет очень большое значение в жизни человека, особенно практическое значение. Например, это явление - адсорбции применяется в использовании и строении противогаса, а также для очистки сточных вод. Если мы вспомним, что Москва - промышленный город, где одной из развитых направлений является химическое производство, то сразу можно остановиться на загрязнении вод отходами и продуктами химического производства. Это лишний раз показывает нам, насколько важно использование сорбентов в нашей жизни, и именно в нашем регионе.

Целью нашего исследования:

-изучить основные моменты в адсорбционном процессе уксусной кислоты активированным углем;

-правильно выбрать структуру и модель процесса адсорбции для более улучшенного результата исследования.

Если мы в качестве нашей гипотезы примем тот факт, что если взять раствор известной концентрации и привести его в контакт с адсорбентом, затем немного подождать, то установится адсорбционное равновесие.

Далее концентрацию полученного равновесного раствора можно определить из разности между концентрацией раствора до и после адсорбции.

Если мы определяем разность для исследуемых растворов с различной концентрации, а также имея данные по массе адсорбента, мы получим данные об удельной адсорбции в зависимости от равновесной концентрации раствора. Используя все эти данные и расчеты, мы сможем построить изотерму адсорбции.

Учитывая все эти данные, мы в своем исследовании применяли

поисковый и исследовательский методы.

Перед собой мы ставили следующие задачи:

1. Систематизировать материал об адсорбции;
2. Изучить явление адсорбционной хроматографии;
3. Проанализировать основные положения титриметрического метода анализа;
4. Экспериментом определить разность между концентрацией раствора до и после адсорбции. При этом растворы мы будем брать различной концентрации и зная массу адсорбента, получить данные об удельной адсорбции в зависимости от равновесной концентрации раствора;
5. Построить изотерму адсорбции (график зависимости адсорбции от равновесной концентрации);
6. Получить результаты исследования и обработать

I. 1.Адсорбция на поверхности жидкости

Поверхностная энергия стремится самопроизвольно уменьшиться. Это может проявляться в уменьшении площади поверхности или поверхностного натяжения. К явлениям, происходящим вследствие стремления к самопроизвольному снижению поверхностного натяжения, относится адсорбция.

Адсорбция - это процесс самопроизвольного перераспределения компонентов системы между поверхностным слоем и объемной фазой.

При адсорбции в поверхностный слой предпочтительнее переходит тот компонент, который сильнее уменьшает поверхностное (межфазное) натяжение.

При адсорбции более плотную фазу (вещество, на поверхности которого происходит адсорбция) принято называть адсорбентом. Адсорбент может быть твердым или жидким. Вещество, которое перераспределяется и может

находиться в газообразной или жидкой фазе, называют адсорбатом. Таким образом, адсорбат адсорбируется на адсорбенте. Обратный процесс перехода вещества из поверхностного слоя в объемную фазу называют десорбцией.

Различают физическую (молекулярную) адсорбцию, хемосорбцию (образование химического соединения между адсорбентом и адсорбатом) и ионный обмен.

Для физической адсорбции характерно взаимодействие адсорбента и адсорбата за счет слабых межмолекулярных сил (ван-дер-ваальсовых) и водородных связей.

Хемосорбция отличается от физической адсорбции тем, что обусловлена образованием химических связей между адсорбентом и адсорбатом. Сильная хемосорбция часто необратима, вместо адсорбированного вещества может десорбироваться другое соединение. Нередко физическая адсорбция предшествует хемосорбции. Типичным примером является адсорбция кислорода на угле. При температуре 150-200°C кислород адсорбируется обратимо благодаря физическим взаимодействиям; теплота адсорбции равна 15,5 кДж/моль. При комнатной температуре часть кислорода адсорбируется необратимо, а теплота адсорбции, составляющая 290 кДж/моль, указывает на протекание химической реакции между углеродом и кислородом. Десорбируются, кроме кислорода O_2 также угарный газ CO и углекислый газ CO_2 .

Для количественного описания адсорбции используют в основном две величины. Одна измеряется числом молей или граммов адсорбата, приходящихся на единицу поверхности или на единицу массы адсорбента. Ее принято обозначать буквой A . Такой способ описания адсорбции используется в случае твердых адсорбентов.

Другая характеристика величины адсорбции определяется избытком вещества в поверхностном слое по сравнению с его количеством в таком же объеме фазы, также отнесенным к единице массы адсорбента. Эту величину называют поверхностным избытком или адсорбцией Гиббса, обозначают

буквой Γ и используют в основном в случае жидкого адсорбента.

На молекулы жидкости, находящиеся на поверхности, действует сила, стремящаяся перенести их вглубь. В случае жидких растворов, которые состоят из растворителя и растворенного вещества, на поверхности возникает конкуренция между молекулами растворителя и частицами (молекулами, ионами) растворенного вещества за «право» покинуть поверхность. И здесь возможны два варианта:

- если перенос частиц растворенного вещества с поверхности вглубь раствора даст меньший выигрыш в энергии, чем аналогичный перенос молекул растворителя, то будет происходить накопление растворенного вещества в поверхностном слое. Поверхность будут покидать молекулы растворителя, так как это дает больший выигрыш в энергии;
- если же перенос частиц растворенного вещества с поверхности даст больший выигрыш в энергии, чем перенос молекул растворителя, то именно частицы растворенного вещества будут уходить вглубь раствора. При этом содержание растворенного вещества в поверхностном слое будет меньше, чем в слое такой же толщины в объеме раствора.

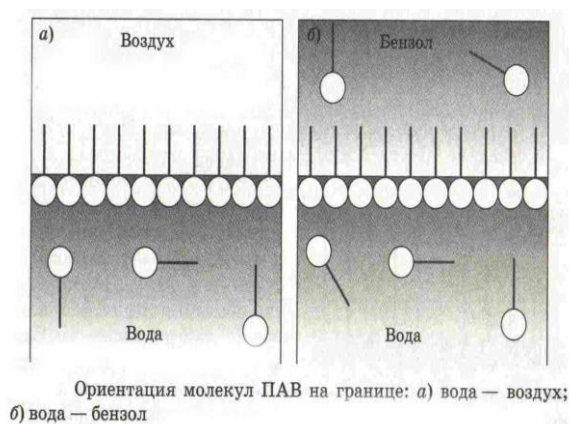
И в том, и другом случае система стремится к состоянию с минимальным поверхностным натяжением раствора. По способности концентрироваться на поверхности раствора растворенные вещества подразделяются на две группы:

- вещества, которые накапливаются в поверхностном слое, для которых концентрация на поверхности выше, чем в глубине раствора, т. е. $\Gamma > 0$, их называют поверхностно-активными веществами (ПАВ). Эти вещества значительно снижают поверхностное натяжение растворителя;
- вещества, для которых концентрация на поверхности ниже, чем в глубине раствора, т. е. $\Gamma < 0$, их называют поверхностно-инактивными веществами (ПИВ). Растворы этих веществ имеют несколько большее поверхностное натяжение, чем чистый растворитель.

По отношению к воде поверхностно-активными являются большинство органических растворимых в воде веществ: кислоты и их соли, спирты, эфиры,

амины, аминокислоты, белки и др. К поверхностно-инактивным относятся почти все неорганические электролиты: кислоты, щелочи, соли.

Молекулы ПАВ состоят из полярной группы (-ОН, -СООН, -СОО-, -NH₂ и др.), придающей молекуле гидрофильность, способствующей растворимости ПАВ в воде и углеводородного радикала - гидрофобной части молекулы, препятствующей растворимости в воде, но способствующей растворимости ПАВ в неполярных растворителях. Молекулы ПАВ обычно схематично изображают кружочком с хвостиком. Кружок обозначает полярную группу, а хвостик - углеводородный радикал.



Молекулы ПАВ, оказавшись на границе полярной и неполярной фаз, ориентируются определенным образом - полярная часть обращена к полярной фазе (например, к воде), а углеводородный радикал - к неполярной (например, к воздуху,

бензолу и т. п.), образуя подобие частогокола.

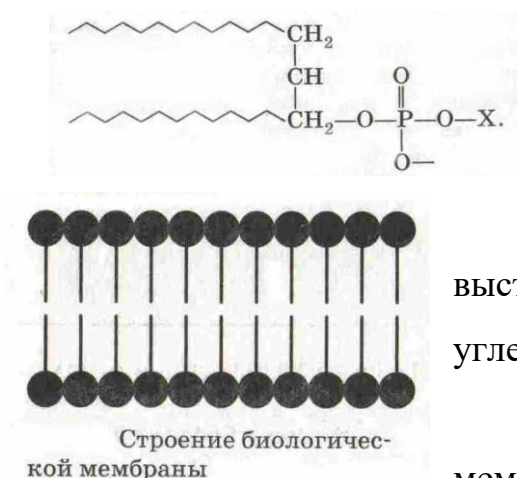
Обратная ориентация энергетически невыгодна.

Способность ПАВ сильно снижать поверхностное натяжение воды широко используется человеком в повседневной жизни. Все моющие и чистящие средства (мыло, стиральные порошки, шампуни, средства для чистки посуды и т. п.). В качестве основного компонента содержат ПАВ, что обеспечивает удаление загрязнений.

Мы выяснили, что в разбавленных растворах ПАВ их концентрация в поверхностном слое может в десятки и даже сотни раз увеличиваться в результате адсорбции, особенно для биологически активных веществ (белки, фолиевые кислоты и др.). Это имеет большое значение для живых организмов, так как приводит к увеличению скорости процессов, идущих на поверхности таких растворов.

Биологические мембраны, например оболочки клеток, тоже состоят из

молекул ПАВ - фосфолипидов, у которых по два углеводородных хвоста (X обозначает различные гидрофильные группы):



Внутри водного раствора фосфолипиды выстраиваются в двойной слой, чтобы спрятать углеводородные хвосты от воды.

Именно так устроены биологические мембраны. Если концентрация фосфолипида в водном растворе меньше некоторого критического значения, двойной слой делится на фрагменты, которые самопроизвольно сворачиваются в пузырьки. Причина все та же: стремление избежать контакта гидрофобных частей с водой. Размеры пузырьков - от сотых долей до десятков микрон. Внутри пузырька - капля раствора. Такой пузырек называют липосомой. В настоящее время разработаны методы получения липосом различных форм и размеров.

У каждой разновидности клеток организма своя неповторимая структура клеточной мембраны. Можно приготовить липосомы, которые будут взаимодействовать только с мембранами избранного типа клеток, например печеночных, и доставят лекарство только им, минуя все прочие. Теоретически возможно нацелить липосомы на раковые клетки – их оболочки отличаются от оболочек здоровых клеток. Эффективность лекарства многократно возрастет, ведь повышению его концентрации в очаге болезни не препятствует опасность отравить здоровые органы.

Несколько лет назад появились косметические препараты на липосомной основе. Большинство женщин понятия не имеют о проблеме, с которой сталкиваются специалисты почти каждый раз, когда готовят новый крем, косметическое молочко или лосьон. Большинство компонентов этих эликсиров красоты гидрофобны, и их приходится растворять в спирте, глицерине, разных

жирах и маслах, которые не так благотворны для кожи, как хотелось бы. Идеальной была бы косметика, приготовленная на воде. Вот тут-то и приходят на помощь липосомы. Водная взвесь липосом, в которых упрятаны гидрофобные вещества, легко впитывается в кожу.

2.Адсорбционная теория гетерогенного катализа

Гетерогенный катализ обычно включает как физическую адсорбцию, так и хемосорбцию. Некоторые химики полагают, что механизм гетерогенного катализа включает пять названных ниже стадий, причем все они обратимы.

1. Диффузия. Реагирующие молекулы диффундируют к поверхности твердого вещества.

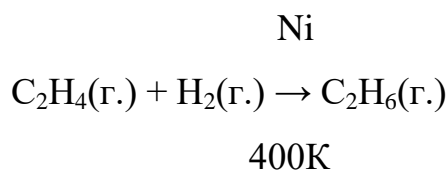
2. Адсорбция. Реагирующие молекулы сначала подвергаются физической адсорбции на активных центрах поверхности твердого вещества. Затем они хемосорбируются на ней.

3. Химическая реакция. Реагирующие молекулы, оказывающиеся рядом друг с другом, вступают в реакцию между собой с образованием продуктов.

4. Десорбция. Эта стадия обратна стадии адсорбции. После завершения реакции молекулы продуктов оказываются сначала хемосорбированными на поверхности. Затем они становятся физически адсорбированными на ней и в конце концов высвобождаются с поверхности.

5. Диффузия. Молекулы продуктов диффундируют от поверхности.

Эти пять стадий схематично представлены на рисунке на примере каталитического гидрирования этилена с использованием тонкоизмельченного никелевого катализатора:



Отметим, что водород адсорбируется на поверхностных атомах никеля в

атомарном виде. Тонкоизмельченное состояние катализатора обеспечивает большую площадь его поверхности и тем самым повышает эффективность его каталитического действия.

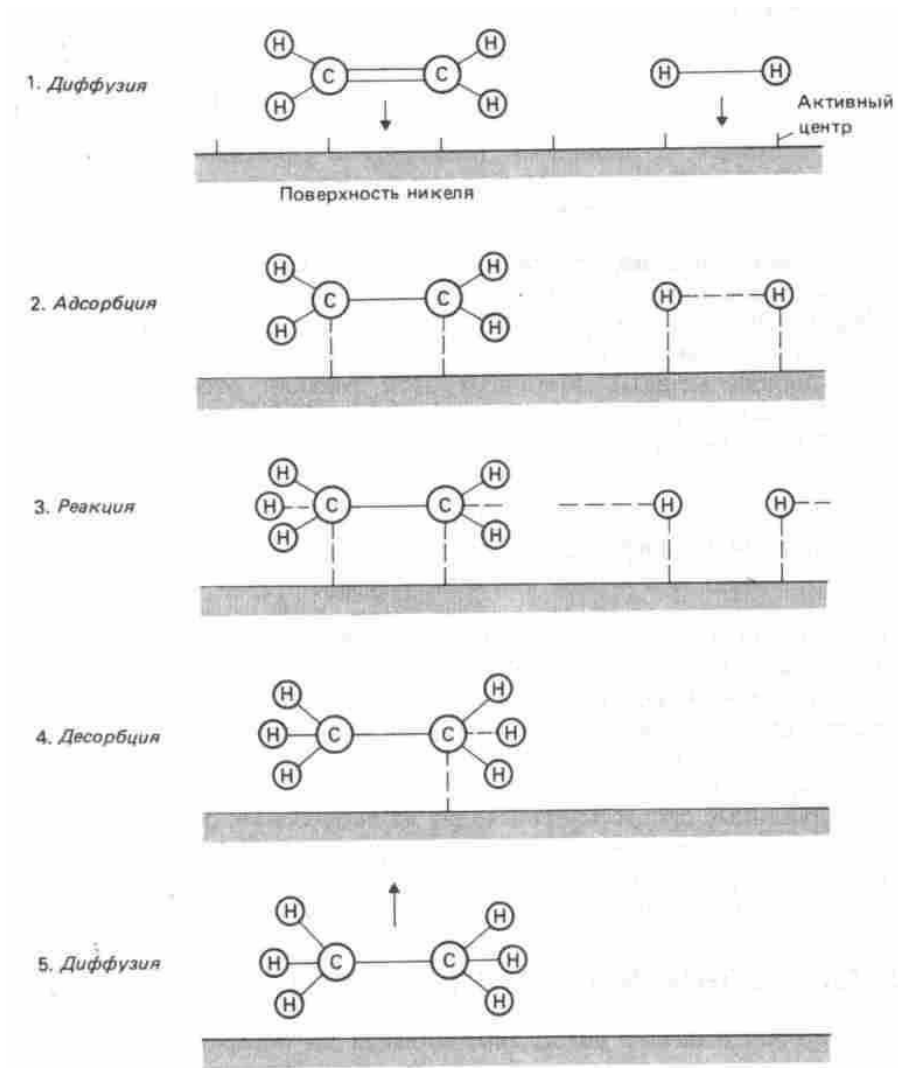


Рис. 9.20. Схематическое изображение пяти стадий гетерогенного катализа.

3. Практическое применение адсорбции

Практическое значение адсорбционных явлений очень велико.

Адсорбцией извлекают малые количества веществ, растворенных в больших объемах жидкости. Этим способом пользуются, например, в технологии получения редких элементов.

Важную роль адсорбционные процессы играют в гетерогенном катализе, при крашении волокон, при обогащении полезных ископаемых (флотация).

Адсорбция непосредственно используется при выработке сахара (для его очистки), в нефтяной промышленности (для улавливания бензина из природных газов) и т. д. Адсорбционные процессы лежат в основе крашения тканей, дубления кож и т. д.

Адсорбция играет основную роль при протекании многих каталитических реакций и в химии коллоидных растворов. На ней основаны также некоторые методы аналитической химии. Так, лучшая реакция открытия свободного йода – синее окрашивание им крахмала – обусловлена образованием адсорбционного соединения. Очень большое значение приобрел в настоящее время хроматографический метод разделения веществ, основанный на различном поглощении адсорбентом отдельных составных частей исходной смеси.

Ионообменная адсорбция нашла широкие применения в пищевой промышленности. Так, например, в производстве вина с помощью ионитов из него удаляют излишнее количество ионов Fe^{3+} , Cu^{2+} , Ca^{2+} , которые вызывают помутнение вин. Таким же методом изменяют солевой состав молока. Коровье молоко характеризуется повышенным содержанием солей, поэтому отличаются от женского характером створаживания, зависящим от соотношения казеина и солей кальция. Удаляя с помощью ионитов определенное количество солей кальция из коровьего молока, можно так изменить соотношение кальция и казеина, что коровье молоко можно будет применять для питания детей

раннего возраста. Полученное таким способом молоко называется ионитным. Иониты применяются для очистки воды и пивоваренном производстве и могут найти применение для умягчения воды в общественном питании.

Адсорбция широко используется в кулинарной практике, в частности, для осветления мясных и рыбных бульонов. Процесс осветления бульонов основан на том, что белки икры и яиц (при осветлении рыбных бульонов) или специальной «оттяжки» (при осветлении обычных мясных или мясо - костных бульонов) при нагревании свертываются, образуя пористую массу, которая адсорбирует на своей поверхности взвешенные частицы, придающие бульону мутность. Яичным белком осветляют также мутные фруктово-ягодные сиропы для приготовления желе.

На адсорбционных процессах основано тонкое разделение смесей веществ и выделение из сложных смесей определенных компонентов. Примеры-разделение изомеров алканов с целью получения нормальных углеводов для производства ПАВ. Для газовых смесей адсорбционные методы разделения используют при получении воздуха, обогащенного кислородом; во многих случаях эти методы успешно конкурируют с ректификационным. Быстро развивающаяся область применения адсорбционной техники-медицина, где она служит для извлечения вредных веществ из крови (метод гемосорбции) и др. физиологических жидкостей. Высокие требования к стерильности ставят очень трудную задачу подбора подходящих адсорбентов. К ним относятся специально приготовленные активные угли.

Современная медицина широко применяет специальные угли для извлечения токсичных веществ из крови (гемосорбция), лимфы, плазмы для повышения иммунитета, для консервирования крови, при инфекционных заболеваниях желудочно-кишечного тракта.

В XVIII веке была открыта способность древесного угля очищать различные жидкости и поглощать некоторые газы. До начала XX века углеродные сорбенты применяли преимущественно в пищевой промышленности и виноделии для очистки жидкостей. Необходимость

обезвреживания боевых отравляющих веществ, возникшая в ходе первой мировой войны, стимулировала развитие работ по очистке газов. Разработанный российским ученым Н.Д. Зелинским противогаз с активным углем в качестве сорбента до сих пор является наилучшим способом защиты от летучих ядовитых веществ.

Для различных областей применения требуются углеродные сорбенты с определенным набором характеристических свойств: определенной пористой структурой, составом поверхностных функциональных групп, прочностью, степенью чистоты и др. Так например, карбонизация древесной коры и последующее активирование углекислым газом позволяет получить дешевый активный уголь, который применяется для обесцвечивания стоков бумажного производства.

Как правило, стоимость углеродных сорбентов - это лимитирующий фактор их крупномасштабного использования. Для очистки газовых выбросов и промстоков целесообразно использовать достаточно дешевые сорбенты, получаемые из доступного, недорогого сырья или отходов производства. Такие сорбенты можно использовать как материалы одноразового применения.

Пожалуй, важный недостаток активного угля - это его горючесть. Нагревать активный уголь в воздушной среде допускается лишь до 200 °С. При более высоких температурах он может загореться. Ввиду этой особенности при работе с ним требуется осторожность, особенно если есть угольная пыль, которая при высоких температурах способна взрываться. Чтобы сделать уголь менее горючим, к нему подмешивают силикагель. Полученная смесь называется силикакарбоном. Содержание SiO_2 в силикарбоне настолько незначительно (обычно от 4 до 5%), что не может повлиять на свойства угля.

Так же как и уголь, силикагель нашел обширное техническое применение. Его используют как адсорбент при поглощении и разделении паров органических веществ и газов, при поглощении влаги, осушке газов, в противогазовом деле, как поглотитель веществ, плохо сорбируемых активным углем. По сравнению с углем силикагель механически более прочен, и имеет

большой срок службы.

Таким образом, **выводы первой главы** следующие:

- 1) адсорбция - это процесс самопроизвольного перераспределения компонентов системы между поверхностным слоем и объемной фазой;
- 2) при адсорбции в поверхностный слой предпочтительнее переходит тот компонент, который сильнее уменьшает поверхностное натяжение;
- 3) различают физическую адсорбцию и хемосорбцию;
- 4) для количественного описания адсорбции используют две величины.

Одна измеряется числом молей или граммов адсорбата, приходящихся на единицу поверхности или на единицу массы адсорбента. Ее принято обозначать буквой A , другая - определяется избытком вещества в поверхностном слое по сравнению с его количеством в таком же объеме фазы, также отнесенным к единице массы адсорбента. Эту величину называют поверхностным избытком или адсорбцией Гиббса, обозначают буквой Γ ;

- 5) вещества, которые накапливаются в поверхностном слое, для которых $\Gamma > 0$ - поверхностно-активные вещества (ПАВ);
- 6) вещества, для которых $\Gamma < 0$ - поверхностно-инактивными веществами (ПИВ);
- 7) гетерогенный катализ включает физическую адсорбцию и хемосорбцию;
- 8) механизм гетерогенного катализа - пяти стадийный;
- 9) колоночная хроматография и тонкослойная хроматография (ТСХ) представляют собой разновидности адсорбционной хроматографии. Используются для разделения смесей твердых веществ и для идентификации соединений, установления их чистоты соответственно;
- 10) практическое значение адсорбционных явлений очень велико.

II. Кислотно-основные индикаторы и титрование

1. Диапазон изменения окраски индикатора

При низких значениях pH индикатор, представляющий собой слабую кислоту, почти полностью находится в форме HIn и, следовательно, в растворе преобладает окраска этой формы. По мере возрастания pH интенсивность окраски А, присущей форме HIn , уменьшается. Таким образом, интенсивность окраски В, присущей форме In^- , возрастает. Наблюдаемое изменение окраски от А к В в действительности происходит в некотором диапазоне изменения значений pH. Индикатор наиболее эффективен, если отчетливое наблюдаемое изменение окраски происходит в узком диапазоне значений pH. Для большинства индикаторов этот диапазон находится в границах ± 1 от значения pK_{In} .

Универсальным индикатором называется смесь индикаторов, которая дает постепенное изменение окраски в широком диапазоне изменений pH. Если

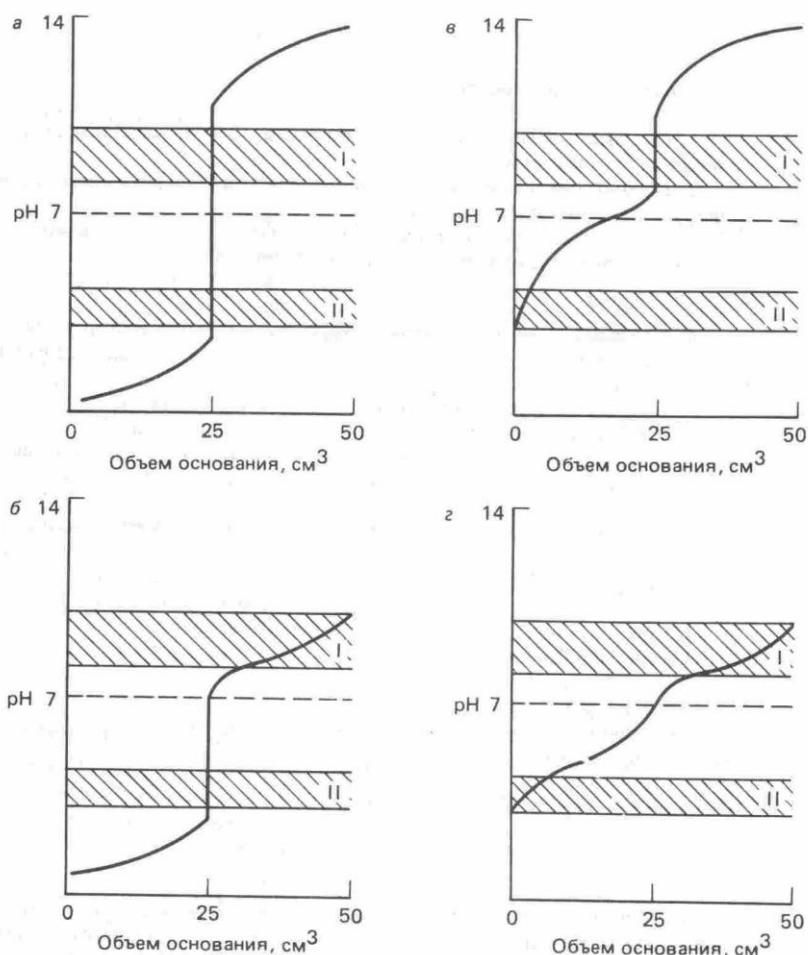
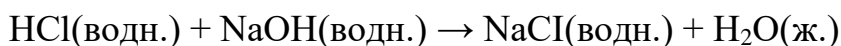
Индикатор	Окраска		pK_{In}	pH-Диапазон изменения окраски
	в форме кислоты	в форме основания		
	Тимоловый синий (первое изменение)	Красная			Желтая	1,5	1,2–2,8
Метиловый оранжевый	»	»	3,7	3,2–4,4
Бромкрезоловый зеленый	Желтая	Синяя	4,7	3,8–5,4
Метиловый красный	»	Красная	5,1	4,8–6,0
Бромтимоловый синий	»	Синяя	7,0	6,0–7,6
Феноловый красный	»	Красная	7,9	6,8–8,4
Тимоловый синий (второе изменение)	»	Синяя	8,9	8,0–9,6
Фенолфталеин	Бесцветный	Розовая	9,4	8,2–10,0

добавить в раствор несколько капель универсального индикатора, то по окраске раствора можно приблизительно определить его pH.

2. Кислотно-основные титрования

Кислотно-основное титрование-это экспериментальная методика определения концентрации кислоты либо основания, используемая преимущественно в количественном химическом анализе. Обычно кислоту с

известной концентрацией постепенно добавляют из бюретки в щелочной раствор неизвестной концентрации, находящийся в конической колбе. Точка эквивалентности титрования достигается в тот момент, когда к основанию добавлено точно стехиометрическое количество кислоты. В этой точке вся щелочь нейтрализована, и в растворе нет ни избытка кислоты, ни избытка основания. Раствор состоит только из соли и воды. Например, при добавлении соляной кислоты с концентрацией $0,1 \text{ моль/дм}^3$ к 25 см^3 раствора гидроксида натрия с концентрацией $0,1 \text{ моль/дм}^3$ точка эквивалентности титрования достигается в тот момент, когда в раствор добавлено точно $25,0 \text{ см}^3$ соляной кислоты. Это следует из стехиометрического уравнения



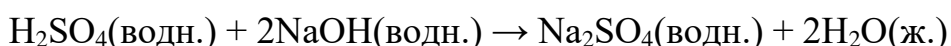
Кривые титрований $25,00 \text{ см}^3$ кислоты с концентрацией $0,10 \text{ моль/дм}^3$ основанием с концентрацией $0,10 \text{ моль/дм}^3$: а – титрование сильной кислоты сильным основанием; б – титрование сильной кислоты слабым основанием; в – титрование слабой кислоты сильным основанием; г – титрование слабой кислоты слабым основанием. I – фенолфталеин, II – метилоранж.

При проведении кислотно-основных титрований для определения точки эквивалентности часто пользуются индикаторами. Допустим теперь, что

титрование осуществляется путем добавления основания к кислоте. Если построить график изменения рН раствора по мере возрастания объема добавляемого основания, то в зависимости от того, сильными или слабыми являются кислота и основание, будут получаться кривые четырех типов. Эти четыре типа кривых титрования показаны на рисунке.

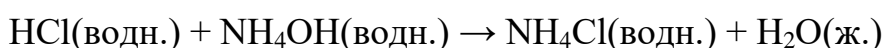
Следует обратить внимание, что достижение точки эквивалентности характеризуется резким возрастанием рН. Исключением в этом отношении является только титрование слабой кислоты слабым основанием. Если для определения точки эквивалентности кислотно-основного титрования приходится пользоваться индикатором, то его следует подобрать так, чтобы диапазон рН, в котором происходит изменение окраски, приходился на вертикальную часть кривой титрования. Это обеспечивает резкое изменение окраски индикатора в момент достижения точки эквивалентности титрования.

Титрование сильной кислоты сильным основанием. Например,



Вертикальная часть кривой этого титрования приходится на область изменений рН от 4 до 10. Следовательно, в точке эквивалентности титрования добавление к кислоте ещё одной капли основания вызывает возрастание рН сразу на 6 единиц. Значит, для такого титрования можно воспользоваться индикаторами, имеющими диапазон изменения окраски между значениями рН 4 и 10. Примерами таких индикаторов являются краситель метиловый красный и фенолфталеин. Отметим, что если в качестве индикатора титрования сильной кислоты сильным основанием использовать метиловый оранжевый, то изменение окраски оказывается не столь резким.

Титрование сильной кислоты слабым основанием. Например,



Вертикальная часть кривой этого титрования приходится на область изменений рН от 4 до 8. Удобными индикаторами для него являются метиловый красный либо бромтимоловый синий, но не фенолфталеин, поскольку его диапазон изменения окраски приходится на пологую часть кривой титрования.

Титрование слабой кислоты сильным основанием. Например,
 $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{водн.}) + \text{NaOH}(\text{водн.}) \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa}(\text{водн.}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж.})$

Вертикальная часть кривой этого титрования приходится на область значений pH от 6,5 до 11. Следовательно, удобными индикаторами для него оказываются феноловый красный либо фенолфталеин. Индикаторы с диапазоном изменения окраски, расположенным ниже pH 6, как у метилового оранжевого, не подходят для такого титрования, поскольку их диапазон изменения окраски приходится на пологую часть кривой титрования и, следовательно, не позволяет точно обнаружить точку эквивалентности.

Титрование слабой кислоты слабым основанием. Например,
 $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{водн.}) + \text{NH}_4\text{OH}(\text{води.}) \rightarrow \text{CH}_3\text{COONH}_4(\text{водн.}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж.})$

Титрование этого типа характеризуется отсутствием резкого изменения pH в момент достижения точки эквивалентности. Изменения pH происходят плавно во всей области принимаемых значений. Поэтому для титрований такого типа невозможно подобрать индикатор.

Таким образом, **выводы второй главы** следующие:

- 1) кислотно-основное титрование - это экспериментальная методика определения концентрации кислоты либо основания;
- 2) индикатор наиболее эффективен, если отчетливое наблюдаемое изменение окраски происходит в узком диапазоне значений pH;
- 3) точка эквивалентности титрования достигается в тот момент, когда к основанию добавлено точно стехиометрическое количество кислоты;
- 4) достижение точки эквивалентности характеризуется резким возрастанием pH. Исключением в этом отношении является только титрование слабой кислоты слабым основанием.

III. Методика эксперимента «Адсорбция уксусной кислоты активированным углём» и обработка результатов

Для описания процесса адсорбции разработано несколько теорий, наиболее часто используемыми из которых являются теории Ленгмюра и Фрейндлиха.

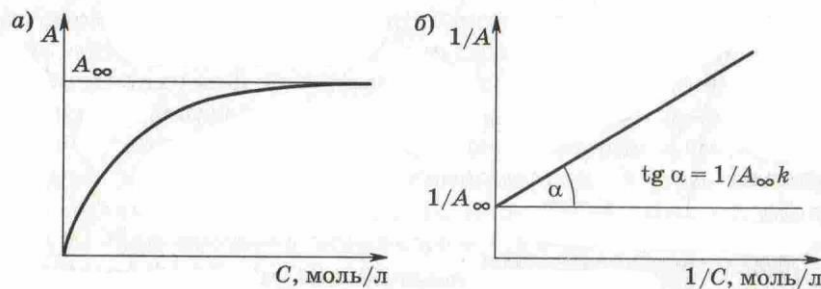
Теория адсорбции Ленгмюра основана на следующих положениях:

- поверхность адсорбента однородна, т. е. адсорбция частиц адсорбата на любом участке поверхности дает одинаковый выигрыш в энергии;
- адсорбция частиц происходит только в один слой;
- адсорбированные частицы не взаимодействуют между собой.

На основе этих положений было получено следующее уравнение изотермы

$$\text{адсорбции: } A = A_{\infty} \frac{kC}{1+kC} \quad (1)$$

где A_{∞} - предельная адсорбция, k - константа, C - концентрация раствора.



Изотерма адсорбции Ленгмюра в двух формах:
а — в координатах $A-C$; б — в координатах $1/A-1/C$

Изотерма адсорбции Ленгмюра изображена на рисунке.

Для определения соответствия теории результатам эксперимента

уравнение изотермы приводят к линейному виду и строят соответствующий график. Уравнение 1 можно привести к линейной форме путем деления 1 на обе части уравнения:

$$\frac{1}{A} = \frac{1 + kC}{A_{\infty}kC} \quad (2)$$

График, соответствующий уравнению 2, имеет вид восходящей прямой. Если экспериментальные данные, отложенные в координатах $1/A - 1/C$, ложатся на прямую, то это означает, что теория адсорбции Ленгмюра адекватно описывает данный процесс. Нахождение $\text{tg}\alpha$ и пересечения прямой с осью ординат позволит рассчитать A_{∞} и k . Если прямая не получается, то это означает, что данная модель непригодна для адекватного описания адсорбции в конкретной системе.

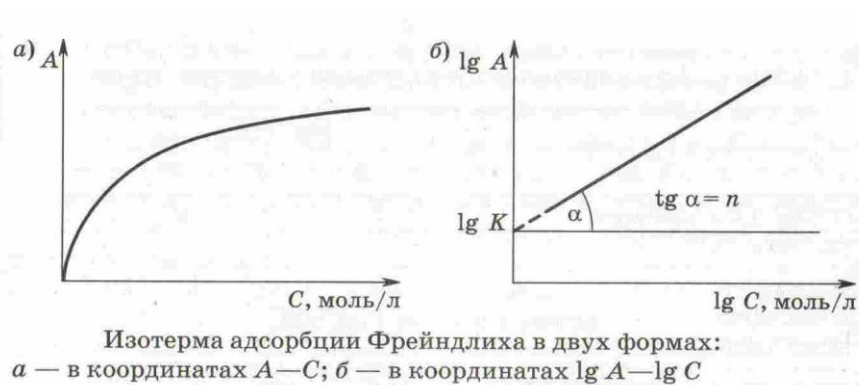
Ленгмюровская модель адсорбции является полезной абстракцией, передающей важные черты явления. Однако положения, лежащие в ее основе, в значительной степени идеализируют и упрощают действительную картину адсорбции. Поэтому она далеко не всегда оказывается справедливой.

В адсорбционной модели Фрейндлиха в основном используются те же положения, что и в теории Ленгмюра, кроме положения об однородности поверхности адсорбента. Фрейндлих предположил, что на поверхности есть более выгодные для адсорбции участки и менее выгодные. Он получил следующее уравнение изотермы адсорбции:

$$A = KC^n \quad (3)$$

где K и n - константы, C - концентрация раствора.

Изотерма адсорбции Фрейндлиха в координатах $A-C$ изображена на рисунке.



Уравнение 3 приводится к линейному виду путем логарифмирования:

$$\lg A = \lg K + n \cdot \lg C \quad (4)$$

График, соответствующий уравнению 4, имеет вид восходящей прямой. По аналогии с первой моделью, если экспериментальные данные отложить в координатах $\lg A - \lg C$ и при этом они лягут на прямую, то это будет означать применимость модели Фрейндлиха для описания адсорбции в данном случае. Нахождение $\operatorname{tg} \alpha$ и пересечения прямой с осью ординат позволит рассчитать K и n . При этом надо учитывать, что экспериментальные данные могут иметь некоторый разброс значений из-за случайных ошибок.

Оборудование: колбы конические, ёмкость 500 мл (12 шт.), бюретка с краном (25 мл), ц.д.= , мерные цилиндры, ёмкость 100 мл (ц.д.=), 25 мл(ц.д.=), 20 мл(ц.д.=), лабораторный штатив с лапкой, воронки (6 шт.), фильтры бумажные (6 шт.), весы учебные лабораторные (ВУЛ-100/200), калькулятор программированный (CASIO).

Реактивы: раствор уксусной кислоты (0,4 н), раствор гидроксида натрия (0,1 н), спиртовой раствор фенолфталеина (0,245 %), уголь активированный – УФБ (24 шт.)

В шести конических колбах ёмкостью по 500 мл готовят растворы уксусной кислоты (Приложение 1), разбавляя 0,4 н раствор водой, в соответствии с данными, приведенными в таблице 1.

Таблица 1

№ колбы	Объём раствора уксусной кислоты, $V_{\text{кисл}}$ мл	Объём раствора щелочи, пошедшей на титрование, $V_{\text{щел}}$ мл	Концентрация раствора щелочи, $C_{\text{щел}}$ н	Концентрация уксусной кислоты, C_0 , н
1	50,0	25,5	0,1	0,051
2	50,0	46,5	0,1	0,093
3	50,0	119	0,1	0,238
4	25,0	95,5	0,1	0,382
5	10,0	82	0,1	0,82
6	5,0	86,5	0,1	1,73

Точную концентрацию полученных растворов определяют титрованием 0,1 н раствором щелочи (Приложение 2) в присутствии индикатора – фенолфталеина (Приложение 3), для этого в другие 6 конических колб емкостью по 500 мл отбирают пипеткой следующие объемы растворов: из колб № 1, 2 и 3 - по 50 мл, из колбы № 4 - 25 мл, из колбы № 5 - 10 мл и из колбы № 6 - 5 мл. В отобранные растворы добавляют по 2-3 капли индикатора и титруют, по каплям добавляя из бюретки раствор щелочи до появления устойчивой слабо розовой окраски раствора. Содержание уксусной кислоты в исходных растворах вычисляют на основе закона эквивалентов, по объёму 0,1 н раствора щелочи, израсходованной на титрование:

$$C_{\text{кисл}} \cdot V_{\text{кисл}} = C_{\text{щел}} \cdot V_{\text{щел}}$$

$$\text{Откуда } C_{\text{кисл}} = \frac{C_{\text{щел}} \cdot V_{\text{щел}}}{V_{\text{кисл}}}$$

Полученные данные заносят в таблицу 2.

Таблица 2.

В каждую колбу первой серии, в которых осталось по 50 мл раствора уксусной кислоты, вносят по 1 г активированного угля и периодически перемешивают в течение 0,5 ч. Затем содержимое каждой колбы отфильтровывают. Первые порции фильтратов отбрасывают, а из оставшихся фильтратов отбирают порции для титрования: из колб №1, 2, 3 и 4 – по 25 мл, из колбы №5 – 10 мл и из колбы №6 – 5 мл. Отобранные растворы также титруют 0,1 н раствором щелочи. На основе результатов этого титрования рассчитывают равновесные концентрации уксусной кислоты. Полученные данные заносят в таблицу 3.

Таблица 3.

Характеристика раствора	№ колбы					
	1	2	3	4	5	6
Объём 0,4 н раствора кислоты, мл	3	6	12	18	30	55
Объём дистиллированной воды, мл	97	94	88	57	30	0
Объём полученного раствора, мл	100	100	100	75	60	55
Нормальность раствора	0,0125	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4

№ колбы	Объём раствора уксусной кислоты, $V_{\text{кисл.}}$, мл	Объём раствора щелочи, пошедшей на титрование, $V_{\text{щел.}}$, мл	Концентрация раствора щелочи, $C_{\text{щел.}}$, н	Концентрация уксусной кислоты, C_p , н
1	25,0	0,3	0,1	0,0012
2	25,0	0,9	0,1	0,0036
3	25,0	20,1	0,1	0,0804
4	25,0	70,5	0,1	0,282
5	10,0	68,3	0,1	0,683
6	5,0	76,3	0,1	1,526

По результатам опыта рассчитывают адсорбцию уксусной кислоты для каждого раствора по формуле

$$A = \frac{(C_0 - C_p)V}{m}$$

Где V – объём раствора уксусной кислоты, из которого проводилась адсорбция, л (в данном опыте 0,5 л), m – масса адсорбента (в данном опыте 1 г).

Данные заносят в таблицу 4.

Таблица 4.

№ колбы	C_p	A	$1/C_p$	$1/A$	$\lg C_p$	$\lg A$
1	0,0012	0,00249	833,33	401,61	-2,92	-2,60
2	0,0036	0,00447	277,78	223,71	-2,44	-2,35
3	0,0804	0,00788	12,44	126,90	-1,09	-2,10
4	0,282	0,005	3,55	200	-0,55	-2,30

5	0,683	0,00685	1,46	145,98	-0,16	-2,16
6	1,526	0,0102	0,65	98,04	0,18	-1,99

Чтобы построить изотермы адсорбции, по оси абсцисс откладывают равновесные концентрации C_p , а по оси ординат соответствующие им значения A . Для проверки применимости моделей адсорбции Ленгмюра или Фрейндлиха строят изотермы адсорбции в координатах $1/A-1/C_p$ и $\lg A-\lg C$. Какой из графиков окажется более прямолинейным, та модель будет наиболее подходящей для описания процесса адсорбции уксусной кислоты активированным углем.

Заключение

В природе широко распространено явление, называемое сорбцией. Тела с развитой поверхностью способны адсорбировать, из окружающего объема молекулы газа, жидкости. Практическое значение явления адсорбции в жизни человека весьма велико.

Адсорбцией пользуются в технологии получения редких элементов.

Важную роль адсорбционные процессы играют в гетерогенном катализе, при крашении волокон, при обогащении полезных ископаемых.

Адсорбция непосредственно используется при выработке сахара, в нефтяной промышленности. Адсорбционные процессы лежат в основе крашения тканей, дубления кож и т. д.

Адсорбция на сегодняшний день играет достаточно большую роль во многих областях науки и промышленности, играет значимую роль при протекании многих каталитических реакций, химических реакций коллоидных растворов.

Большое значение приобрел в настоящее время хроматографический метод разделения веществ, который основан на различном поглощении адсорбентом отдельных составных частей исходной смеси.

Ионообменная адсорбция нашла широкие применения в пищевой промышленности. Так, например, в производстве вина с помощью ионитов из него удаляют излишнее количество ионов Fe^{3+} , Cu^{2+} , Ca^{2+} , которые вызывают помутнение вин. Адсорбция широко используется в кулинарной практике.

На адсорбционных процессах основано тонкое разделение смесей веществ и выделение из сложных смесей определенных компонентов.

При изучении процесса адсорбции мы рассматривали несколько теорий, наиболее часто используемыми из которых являются теории Ленгмюра и Фрейндлиха. По теории Ленгмюра адсорбция однородна и происходит только в один слой, т.е. частицы не взаимодействуют между собой.

Теория адсорбции Ленгмюра основана на следующих положениях:

- ✓ поверхность адсорбента однородна, т. е. адсорбция частиц адсорбата на любом участке поверхности дает одинаковый выигрыш в энергии;
- ✓ адсорбция частиц происходит только в один слой;
- ✓ адсорбированные частицы не взаимодействуют между собой.

Для того, чтобы привести в соответствие всю изученную теорию об адсорбции и полученные результаты, мы построили соответствующий график в координатах $1/A - 1/C$.

Мы определили, что Ленгмюровская модель адсорбции является полезной абстракцией, передающей важные черты явления. Но вот положения, которые лежат в ее основе, в значительной степени не достаточны и упрощают действительную картину адсорбции. Эта теория не всегда применима и является не точной.

В адсорбционной модели Фрейндлиха в основном используются те же положения, что и в теории Ленгмюра, но Фрейндлих предположил, что на поверхности есть более выгодные для адсорбции участки и менее выгодные.

Аналогично мы строим координаты по экспериментальным данным. При этом мы учитываем, что эти данные могут иметь некоторый разброс значений из-за случайных ошибок.

Итак, что мы имеем. В результате исследования, для проверки применимости моделей адсорбции Ленгмюра или Фрейндлиха мы построили изотермы адсорбции в координатах $1/A - 1/C_p$, $\lg A - \lg C$ и пришли к выводу, что поскольку график в координатах $1/A - 1/C$ оказался более прямолинейным, следовательно, адсорбционная модель Ленгмюра будет наиболее подходящей для описания процесса адсорбции уксусной кислоты активированным углем.

Литература

1. Габриелян О.С., В.В.Белоногов, Г.У.Белоногова. Поверхностные явления: 10-11 класс. – М. : Дрофа, 2008. - 109 с.
2. Рабинович В.А., Хавин З.Я. Краткий химический справочник.- Л. : Химия, 1991. - 430с.
3. Фримантл М. Химия в действии. Часть 1. -М.: Мир, 1998. - 528 с.
4. Храмов В.А., Гиззатова Г.Л., Гурина Е.Ю. Простые опыты по адсорбции.// Химия в школе. – 2007. - №4. - С.
5. <http://www.xumuk.ru/nekrasov/vii-03.html>
6. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Адсорбция>

Уксусная кислота (расчеты)

Дано:

ω_1 (CH₃COOH) – 9%

V_1 (CH₃COOH) – 200 мл

ρ_1 (CH₃COOH) – 1,0127 г/мл

Надо приготовить:

N (CH₃COOH)=0,4 н

Решение:

9% CH₃COOH содержит 9 г CH₃COOH в 100 г раствора. Это весовое количество раствора занимает объём:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{100}{1.0127} = 98,745 \text{ мл} \rightarrow \text{в 1 л раствора содержится: } \frac{9 \cdot 1000}{98,745} = 91,144 \text{ г}$$

$$C_M = \frac{m(\text{CH}_3\text{COOH})}{M(\text{CH}_3\text{COOH})} = \frac{91,144}{60} = 1,52 \text{ моль/л}$$

$$N = \frac{91,144}{\varepsilon} = 1,52 \text{ н}$$

$\varepsilon = M$, т.к. CH₃COOH – одноосновная кислота

$\varepsilon = M(\text{CH}_3\text{COOH})/1$

Итак,

1,52 н – 9%

0,4 н – $x\%$

$$x = 0,4 \cdot 9 / 1,52 = 2,36\%$$

у нас имеется:

ω_1 (CH₃COOH) – 9%

V_1 (CH₃COOH) – 200 мл

ρ_1 (CH₃COOH) – 1,0127 г/мл

Надо приготовить:

ω_2 (CH₃COOH) – 2,36%

ρ_2 (CH₃COOH) – 1,0022 г/мл

Решение:

1) $m_1 \text{ р-ра} = V \cdot \rho = 200 \cdot 1,0127 = 202,54 \text{ г}$

2) $m_1 \text{ в-ва} = \omega \cdot m \text{ р-ра} = 202,54 \cdot 1,0127 = 18,23 \text{ г}$

3) $0,0236 = \frac{18,23}{m_2 \text{ р-ра}}$

4) $m_2 \text{ р-ра} = \frac{18,23}{0,0236} = 772,46 \text{ г}$

5) $V_2 = \frac{m_2 \text{ р-ра}}{\rho_2} = \frac{772,46}{1,0022} = 770,76 \text{ мл}$

6) $V(\text{H}_2\text{O}) = V_2 - V_1 = 770,76 - 200 = 570,76 \text{ мл}$

Гидроксид натрия (расчеты)

$$m_{\text{в-ва}} = 1,80 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 300 \text{ г}$$

$$m_{\text{р-ра}} = 1,8 + 300 = 301,8 \text{ г}$$

$$\omega = \frac{1,8}{301,8} * 100\% \approx 0,6\%$$

$$\rho = 1,005 \text{ г/мл}$$

$$N = \frac{\omega * \rho * 10}{\text{Э}} = \frac{0,6 * 1,005 * 10}{40} = 0,603 \text{ н}$$

M=Э, т.к. NaOH – однокислотное основание

$$0,603 \text{ н} - 0,6\%$$

$$0,1 \text{ н} - x\%$$

$$x = 0,1 * 0,6 / 0,603 \approx 0,1\%$$

Дано:

$$\omega = 0,6\%$$

$$m_1 \text{ р-ра} = 301,8 \text{ г}$$

$$\rho = 1,005 \text{ г/мл}$$

Надо приготовить:

$$0,1\% \text{ NaOH}$$

$$\rho \approx 1 \text{ г/мл}$$

Решение:

$$1) m_{\text{в-ва}} = 1,80 \text{ г}$$

$$2) 0,001 = \frac{1,8}{m_{\text{р-ра}}}$$

$$3) m_2 \text{ р-ра} = \frac{1,8}{0,001} = 1800 \text{ г}$$

$$4) m(\text{H}_2\text{O}) = m_2 \text{ р-ра} - m_1 \text{ р-ра} = 1800 - 301,8 = 1498,2 \text{ г}$$

$$5) V(\text{H}_2\text{O}) = m / \rho = 1498,2 / 1 = 1498,2 \text{ мл}$$

Фенолфталеин (расчеты)

$$m(\text{фенолфталеин})=0,10 \text{ г}$$

$$V(\text{CH}_3\text{COOH})=47 \text{ мл}$$

$$\omega(\text{CH}_3\text{COOH})=70\%$$

$$m(\text{CH}_3\text{COOH})=\rho \cdot V=0,8677 \cdot 47=40,782 \text{ г}$$

$$m_{\text{р-ра}}=0,1+40,782=40,882 \text{ г}$$

$$\omega(\text{фенолфталеина})=\frac{m(\text{фен})}{m_{\text{р-ра}}} \cdot 100\% = \frac{0,1}{40,882} \cdot 100\% = 0,245\%$$