

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Утверждаю
Декан ХТФ
_____ В.М.Погребенков
«__» _____ 2009 г.

**ИЗУЧЕНИЕ АДСОРБЦИИ УКСУСНОЙ КИСЛОТЫ НА
АКТИВИРОВАННОМ УГЛЕ**

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплинам «Поверхностные явления и дисперсные системы» и «Коллоидная химия» для студентов ХТФ, ФТФ, ЭЛТИ, ИГНД

Составители: Михеева Е.В., Катюхин В.Е

Издательство
Томского политехнического университета
Томск 2009

УДК 541.1(075)

Изучение адсорбции уксусной кислоты на активированном угле:
методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплинам «Поверхностные явления и дисперсные системы» и «Коллоидная химия», для студентов ХТФ, ФТФ, ЭЛТИ, ИГНД. /Сост. Е.В. Михеева, В.Е.Катюхин. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 20 с.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы
к изданию методическим семинаром кафедры
физической и аналитической химии ХТФ
«__» _____ 2009 г.

Зав. кафедрой ФАХ
доктор хим. наук, профессор _____ *А.А. Бакибаев*
Председатель
учебно-методической комиссии ХТФ _____ *Н.В. Ушева*

Рецензент

Кандидат химических наук, доцент кафедры ФАХ

Н.П. Пикула

© Михеева Е.В., Катюхин В.Е., составление, 2009

© Составление. Томский политехнический университет, 2009

© Оформление. Издательство Томского политехнического университета, 2009

Изучение адсорбции уксусной кислоты на активированном угле

План коллоквиума по теме «Адсорбция»

1. Адсорбция, основные понятия и определения. Количественные способы выражения величины адсорбции. Физическая и химическая адсорбция. Основные экспериментальные зависимости адсорбции.

2. Теория мономолекулярной адсорбции Лэнгмюра. Основные положения. Уравнение мономолекулярной адсорбции Лэнгмюра (вывод). Анализ и применение уравнения адсорбции Лэнгмюра. Расчет констант в уравнении Лэнгмюра.

3. Эмпирическое уравнение адсорбции Фрейндлиха. Расчет констант в уравнении Фрейндлиха.

4. Теория полимолекулярной адсорбции Поляни. Основные положения. Адсорбционный потенциал. Особенности характеристической кривой.

5. Теория адсорбции БЭТ. Основные положения. Уравнение полимолекулярной адсорбции БЭТ. Расчет констант в уравнении БЭТ. Применение уравнения теории БЭТ к описанию изотерм адсорбции различного вида. Ограничения теории БЭТ.

6. Адсорбция на пористых сорбентах. Классификация пористых сорбентов. Капиллярная конденсация на пористых сорбентах.

Список литературы

1. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. – М.: Химия, 1989. – С.129-174.

2. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. – СПб: Химия, 1995. – С.150-178.

3. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. – М.:Химия, 1976. – С.8-113.

4. Зимон А.Д., Лещенко Н.Ф. Коллоидная химия. – М.: Химия, 1995. – С. 62-64, 68-77, 98-102.

5. Карбаинова С.Н., Пикула Н.П., Анисимова Л.С., Катюхин В.Е., Романенко С.В. Поверхностные явления и дисперсные системы. – Томск: Изд.ТПУ, 2000. – С. 36-51.

Теоретическая часть

Адсорбция. Основные понятия и определения

Поверхностная энергия любой термодинамической системы стремится самопроизвольно уменьшиться. Это выражается в уменьшении или площади межфазной поверхности, или поверхностного натяжения. К явлениям, происходящим вследствие стремления к самопроизвольному снижению поверхностного натяжения, относится адсорбция.

На любой границе раздела фаз существует так называемый *«поверхностный слой»* – переходная область от одной объемной фазы к другой. Поверхностный слой имеет очень малую толщину (всего несколько молекул), но в нем сосредоточен весь избыток поверхностной энергии и массы вещества.

Адсорбция – процесс самопроизвольного перераспределения компонентов системы между поверхностным слоем и объемной фазой, т.е. поглощение одного вещества поверхностью другого.

В однокомпонентных системах при формировании поверхностного слоя происходит изменение его структуры (сгущение, уплотнение), которые часто называют автоадсорбцией. В многокомпонентных системах при перераспределении компонентов в поверхностный слой предпочтительнее переходит тот компонент, который сильнее уменьшает межфазное (поверхностное) натяжение.

Если поглощаемое вещество диффундирует вглубь поглотителя и распределяется по всему объему, то такое явление называют *абсорбцией* (поглощение объемом).

Адсорбент – вещество, на поверхности которого идет адсорбция. *Адсорбат* – вещество, адсорбированное поверхностью адсорбента. *Адсорбтив* – вещество, находящееся в объемной фазе, способное к адсорбции.

С термодинамической точки зрения адсорбция – самопроизвольный процесс выравнивания химических потенциалов компонента в объеме системы и поверхностном слое. Этот процесс происходит вследствие стремления к минимуму поверхностной энергии или энергии Гиббса системы.

Количественные способы выражения адсорбции

Количественно величину адсорбции выражают двумя способами:

1. **Абсолютная адсорбция (A)** – количество вещества (моль) в поверхностном слое, приходящееся на единицу площади поверхности или единицу массы адсорбента (моль/м², моль/г).

$$A = \frac{n_s}{S} = \frac{C_s V_s}{S} = C_s h, \quad (1)$$

где: C_s – концентрация компонента в поверхностном слое объемом V_s , S – площадь поверхности адсорбента, h – толщина поверхностного слоя.

2. **Гиббсовская (избыточная) адсорбция (Γ)** – избыточное число моль адсорбата в поверхностном слое (на единицу площади поверхности) по сравнению с тем числом моль, который бы находился в адсорбционном объеме в отсутствие адсорбции.

$$\tilde{A} = \frac{N_{\text{ид}} - C_v V}{S} = \frac{V(C_0 - C_v)}{S} = \frac{V(C_s - C_v)}{S} = \tilde{A} - \tilde{N}_v h, \quad (2)$$

где: $N_{\text{общ}}$ – общее число моль адсорбтива; C_v – равновесная объемная концентрация адсорбтива; V – объем фазы; S – площадь поверхности адсорбента; C_0 – исходная концентрация адсорбтива; C_s – концентрация адсорбата в поверхностном слое.

При больших избытках адсорбата в поверхностном слое ($C_s \gg C_v$), равновесной концентрацией адсорбтива в объеме фазы (C_v) можно пренебречь, поэтому величины A и Γ приблизительно равны.

При экспериментальном определении величину адсорбции рассчитывают по разности исходных и равновесных концентраций адсорбтива, т.е. определяют величину Γ .

$$\Gamma = \frac{V(C_0 - C_p)}{S}, \quad (3)$$

где: C_0 – концентрация адсорбтива до адсорбции; C_p – равновесная концентрация адсорбтива после адсорбции, S – площадь межфазной поверхности, V – объем раствора.

Если адсорбентом является твердое пористое тело, общую поверхность которого определить невозможно, то адсорбцию Γ относят к единице массы адсорбента (моль/г).

Теория мономолекулярной адсорбции Лэнгмюра

В настоящее время не создано общей теории, которая бы достаточно корректно описывала бы все виды адсорбции на различных поверхностях раздела фаз. Рассмотрим основные

положения «классической» теории адсорбции, разработанной в начале XX века Лэнгмюром:

1. Адсорбция молекул адсорбата происходит на активных центрах, всегда существующих на поверхности адсорбента. Активные центры адсорбента энергетически равноценны.

2. Каждый активный центр может адсорбировать только одну молекулу адсорбата. В результате этого на поверхности адсорбента образуется *мономолекулярный слой* адсорбата.

3. Адсорбированные молекулы не взаимодействуют друг с другом. Поэтому время пребывания молекул на активных центрах не зависит от того, заняты молекулами соседние активные центры или нет.

4. Адсорбция носит динамический характер. Адсорбат удерживается на поверхности адсорбента некоторое время, а потом десорбируется.

На основе приведенных исходных положений Лэнгмюром было предложено уравнение *изотермы мономолекулярной адсорбции*, которое для адсорбции из растворов имеет вид:

$$\hat{A} = \hat{A}_{\infty} \frac{\hat{E}C}{1 + \hat{E}C}, \quad (4)$$

где: C – равновесная концентрация адсорбтива; K – константа адсорбционного равновесия, характеризующая энергию взаимодействия адсорбата и адсорбента; A_{∞} – предельная адсорбция (емкость адсорбционного монослоя).

Типичный вид изотермы Лэнгмюра показан на рисунке 1.

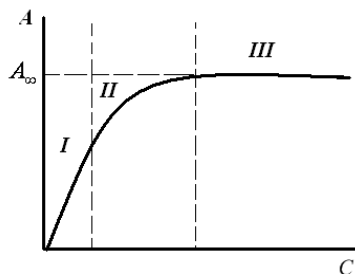


Рис. 1. Изотерма мономолекулярной адсорбции Лэнгмюра в координатах $A=f(C)$.

На изотерме адсорбции Лэнгмюра выделяют три участка:

I - область малых концентраций ($KC \ll 1$), тогда: $A = A_\infty KC$, величина адсорбции линейно растет с увеличением концентрации (уравнение Генри).

III – область больших концентраций ($KC \gg 1$), тогда: $A = A_\infty$, вся поверхность адсорбента занята молекулами адсорбата.

II – область средних концентраций: расчет ведут по уравнению (4).

Расчет констант уравнения Лэнгмюра

Константы (K и A_∞) уравнения Лэнгмюра рассчитывают двумя способами:

1. Аналитический способ: в уравнение (4) подставляют экспериментальные значения A при соответствующих значениях C , решают систему уравнений с двумя неизвестными, находят A_∞ и K .

2. Графический способ: уравнение (4) приводят к линейному виду: $y = a + bx$.

$$\frac{C}{A} = \frac{1}{A_\infty K} + \frac{1}{A_\infty} C \quad (5)$$

Строят изотерму адсорбции в координатах линейной формы уравнения Лэнгмюра (рис.2):

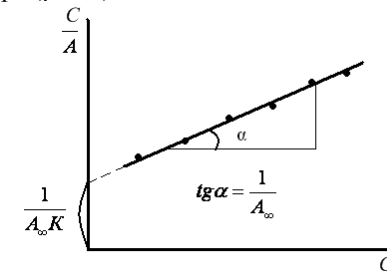


Рис.2. Изотерма адсорбции в координатах линейной формы уравнения Лэнгмюра.

Экстраполяция зависимости до оси ординат дает отрезок, равный $\frac{1}{A_\infty K}$, тангенс угла наклона прямой равен $\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{A_\infty}$.

Уравнение Лэнгмюра, выведенное для описания процесса адсорбции газа на твердой поверхности, используют и для описания молекулярной адсорбции из растворов.

Эмпирическое уравнение адсорбции Фрейндлиха

Для описания процесса адсорбции также используют эмпирическое уравнение Фрейндлиха.

$$A = \beta \cdot C^{1/n}, \quad (6)$$

где: C – равновесная концентрация адсорбтива; β и n – константы, определяемые опытным путем.

Константа β по своему физическому смыслу представляет собой значение адсорбции при равновесной концентрации адсорбтива, равной единице (при $C=1, A = \beta$). Эта константа для различных адсорбционных систем колеблется в пределах $2 \div 2,5$.

Показатель $1/n$ характеризует степень отклонения изотермы адсорбции от прямой линии ($1/n \approx 0,2 \div 0,7$).

Константы уравнения Фрейндлиха из опытных данных определяют графически. Для этого уравнение (6) логарифмируют:

$$\lg A = \lg \beta + \frac{1}{n} \lg C, \quad (7)$$

Уравнение (7) представляет собой уравнение прямой в координатах $\lg A - \lg C$.

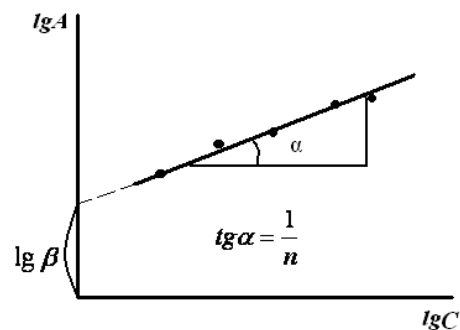


Рис.3. График для нахождения констант в уравнении Фрейндлиха

Экстраполяция зависимости до оси ординат дает отрезок, равный $\lg \beta$, тангенс угла наклона прямой равен $\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{n}$.

Экспериментальная часть

Изучение адсорбции уксусной кислоты из ее водных растворов на активированном угле с использованием титриметрического метода определения концентраций (вариант I)

Цель работы:

1. Изучить процесс адсорбции на границе твердое тело – раствор на примере адсорбции уксусной кислоты на активированном угле с использованием титриметрического метода определения концентраций.

2. Сравнить изотерму адсорбции, полученную экспериментально, с изотермами адсорбции, рассчитанными по уравнениям Лэнгмюра и Фрейндлиха. Сделать вывод о том, какое из уравнений более пригодно для описания адсорбции уксусной кислоты на активированном угле.

Приборы и реактивы:

1. Две серии склянок по шесть штук в каждой. На каждой склянке указывается концентрация раствора уксусной кислоты. Склянки второй серии берутся с пробками.
2. Конические колбы для титрования.
3. Пипетки.
4. Мерный цилиндр.
5. Воронки и фильтровальная бумага.
6. Бюретки.
7. Растворы уксусной кислоты, концентрации 0,6 моль/л и 0,4 моль/л.
8. Раствор гидроксида натрия, концентрации 0,1 моль/л.
9. Активированный уголь.
10. Фарфоровый тигель.
11. Индикатор – фенолфталеин.
12. Встряхиватель.
13. Дистиллированная вода.

Порядок выполнения работы:

1. Приготовление растворов уксусной кислоты

В шесть склянок первой серии приливают по 100,0 мл раствора уксусной кислоты следующих концентраций: 0,6 М, 0,4 М, 0,3 М, 0,2 М, 0,1 М, 0,05 М. Растворы с концентрацией 0,3 М и ниже готовят

последовательным разбавлением исходных 0,6 М и 0,4 М растворов уксусной кислоты.

Например: для приготовления 0,3 М раствора исходный 0,6 М раствор уксусной кислоты разбавляют в два раза, т.е. в колбу (бутылку) отбирают мерным цилиндром 50,0 мл 0,6 М раствора кислоты и приливают к нему 50,0 мл дистиллированной воды. Аналогичным образом проводят разбавление для приготовления растворов кислоты концентрации 0,2 М, 0,1 М и 0,05 М. Для приготовления 0,2 М раствора кислоты исходный 0,4 М раствор разбавляют в два раза. 0,1 М раствор кислоты готовят разбавлением исходного 0,4 М в четыре раза или разбавлением полученного 0,2 М в два раза и т.д.

2. Проведение процесса адсорбции

В шесть склянок с пробками второй серии насыпают по 1 г предварительно растертого в фарфоровом тигле активированного угля и приливают по 50,0 мл приготовленных растворов уксусной кислоты концентраций: 0,6 М, 0,4 М, 0,3 М, 0,2 М, 0,1 М, 0,05 М. Склянки закрывают пробками, помещают на встряхиватель и проводят процесс адсорбции при встряхивании содержимого в колбах в течение 30 минут, считая, что за это время установится адсорбционное равновесие. При этом концентрация раствора уксусной кислоты уменьшится за счет адсорбции ее молекул на частицах угля и станет $C_K^{равн}$.

3. Определение точной концентрации приготовленных растворов уксусной кислоты методом титрования

Пока идет процесс адсорбции, уточняют концентрации приготовленных растворов уксусной кислоты титрованием 0,1 М раствором гидроксида натрия. Для этого в конические колбы для титрования отбирают аликвоты приготовленных растворов уксусной кислоты: по 2,0 мл (для 0,6 М и 0,4 М растворов), по 5,0 мл (для 0,3 М и 0,2 М растворов) и по 10,0 мл (для 0,1 М и 0,05 М растворов). В колбы с аликвотами по 2–5 мл приливают по 10 мл дистиллированной воды.

Проводят титрование растворов кислоты 0,1 М раствором гидроксида натрия в присутствии индикатора фенолфталеина (1-2 капли). Фиксируют объем щелочи, пошедшей на титрование (в точке

эквивалентности окраска индикатора из бесцветной становится малиновой). Титрование каждого раствора проводят 2-3 раза, определяют средний объем щелочи, пошедшей на титрование. Точную концентрацию приготовленных растворов уксусной кислоты рассчитывают по формуле:

$$C_K^{точн} = \frac{C_{NaOH} \cdot V_{NaOH}}{V_K}, \quad (8)$$

где: $C_K^{точн}$ - точная концентрация уксусной кислоты, моль/л;
 C_{NaOH} - концентрация щелочи, используемой для титрования, моль/л;
 V_{NaOH} - объем щелочи, пошедшей на титрование, мл;
 V_K - объем аликвоты уксусной кислоты, взятой для титрования, мл.
 Результаты титрования и расчеты заносят в таблицу 1.

Таблица 1
 Результаты титрования приготовленных растворов уксусной кислоты до адсорбции

Исходный раствор титруемой кислоты, моль/л	Объем аликвоты кислоты, взятой для титрования (V_K), мл	Объем щелочи, пошедший на титрование, мл	Среднее значение объема щелочи V_{NaOH} , мл	Рассчитанная концентрация кислоты до адсорбции ($C_K^{точн}$), моль/л
0,6	2	V_1 V_2 V_3		
0,4	2			
0,3	5			
0,2	5			
0,1	10			
0,05	10			

4. Фильтрация растворов уксусной кислоты после адсорбции

По истечении 30 минут от начала процесса адсорбции встряхиватель выключают, склянки вынимают.

Проводят фильтрацию растворов уксусной кислоты после адсорбции в предварительно вымытые склянки первой серии. Для

фильтрации используют бумажные фильтры. С целью устранения ошибок, первые порции фильтрата отбрасывают.

5. Определение точной концентрации уксусной кислоты после адсорбции методом титрования

Проводят титрование отфильтрованных растворов кислоты 0,1 М раствором гидроксида натрия в присутствии индикатора фенолфталеина (1-2 капли). Аликвоты каждого из отфильтрованных растворов кислоты титруются аналогично (п.3). Концентрации отфильтрованных растворов уксусной кислоты рассчитывают по уравнению (8). Результаты титрования заносят в таблицу 2.

Таблица 2

Результаты титрования отфильтрованных растворов уксусной кислоты после адсорбции

Исходный раствор титруемой кислоты, моль/л	Объем аликвоты кислоты, взятой для титрования (V_K), мл	Объем щелочи, пошедший на титрование, мл	Среднее значение объема щелочи V_{NaOH} , мл	Рассчитанная концентрация кислоты после адсорбции ($C_K^{равн}$), моль/л
0,6	2	V_1 V_2 V_3		
0,4	2			
0,3	5			
0,2	5			
0,1	10			
0,05	10			

Далее проводят обработку экспериментальных данных (стр.16).

Изучение адсорбции уксусной кислоты из ее водных растворов на активированном угле с использованием кондуктометрического метода определения концентраций (вариант II)

Цель работы:

1. Изучить процесс адсорбции на границе твердое тело – раствор на примере адсорбции уксусной кислоты на активированном угле с использованием кондуктометрического метода определения концентраций.

2. Сравнить изотерму адсорбции, полученную экспериментально, с изотермами адсорбции, рассчитанными по уравнениям Лэнгмюра и Фрейндлиха. Сделать вывод о том, какое из уравнений более пригодно для описания адсорбции уксусной кислоты на активированном угле.

Приборы и реактивы:

1. Учебно-лабораторный комплекс «Химия» в комплектации:
 - центральный контроллер;
 - модуль «Электрохимия» в комплекте с двумя стаканами (50,0 см³), двумя электродами в одной обойме для кондуктометрических измерений.
2. Серия стандартных растворов уксусной кислоты концентраций: 0,60 М; 0,50 М; 0,40 М; 0,30 М; 0,20 М; 0,10 М.
3. Две серии склянок по шесть штук в каждой. На каждой склянке указывается концентрация раствора уксусной кислоты. Склянки второй серии берутся с пробками.
4. Мерные цилиндры на 25 мл и 100 мл.
5. Воронки и фильтровальная бумага.
6. Растворы уксусной кислоты, концентрации 0,6 моль/л и 0,4 моль/л.
7. Активированный уголь.
8. Фарфоровый тигель.
9. Встряхиватель.
10. Дистиллированная вода.

Порядок выполнения работы:

1. Приготовление растворов уксусной кислоты для проведения процесса адсорбции

В шесть склянок первой серии помещают по 100,0 мл раствора уксусной кислоты следующих концентраций: 0,6 М, 0,4 М, 0,3 М, 0,2 М, 0,1 М, 0,05 М. Растворы с концентрацией 0,3 М и ниже готовят последовательным разбавлением исходных 0,6 М и 0,4 М растворов уксусной кислоты.

Например: для приготовления 0,3 М раствора исходный 0,6 М раствор уксусной кислоты разбавляют в два раза, т.е. в колбу (бутылку) отбирают мерным цилиндром 50,0 мл 0,6 М раствора кислоты и приливают к нему 50,0 мл дистиллированной воды.

Аналогичным образом проводят разбавление для приготовления растворов кислоты концентрации 0,2 М, 0,1 М и 0,05 М. Для приготовления 0,2 М раствора кислоты исходный 0,4 М раствор разбавляют в два раза. 0,1 М раствор кислоты готовят разбавлением исходного 0,4 М в четыре раза или разбавлением полученного 0,2 М в два раза и т.д.

2. Проведение процесса адсорбции

В шесть склянок с пробками второй серии насыпают по 1 г предварительно растертого в фарфоровом тигле активированного угля и приливают по 50,0 мл приготовленных растворов уксусной кислоты концентраций: 0,6 М, 0,4 М, 0,3 М, 0,2 М, 0,1 М, 0,05 М. Склянки закрывают пробками, помещают на встряхиватель и проводят процесс адсорбции при встряхивании содержимого в колбах в течение 30 минут, считая, что за это время установится адсорбционное равновесие.

3. Построение градуировочного графика

Используя серию стандартных растворов уксусной кислоты, строят градуировочный график зависимости электрической проводимости стандартных растворов кислоты от концентрации $L = f(C_K)$. Для этого в сосуд для измерения электрической проводимости приливают последовательно каждый из стандартных растворов уксусной кислоты, начиная с раствора наименьшей концентрации 0,10 М, помещают электроды и измеряют электрическую проводимость растворов. Полученные данные заносят в таблицу 3. По результатам измерений строят градуировочный график. Градуировочный график должен иметь вид прямой.

Таблица 3

Результаты кондуктометрических измерений для построения градуировочного графика

Концентрация стандартных растворов кислоты (C_K), моль/л	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,05
L , мСм							

4. Измерение электрической проводимости растворов уксусной кислоты до адсорбции

Пока идет процесс адсорбции измеряют электрическую проводимость приготовленных растворов уксусной кислоты (L_0). Для этого в сосуд для измерения электрической проводимости приливают последовательно каждый из приготовленных растворов уксусной кислоты, помещают электроды и измеряют электрическую проводимость приготовленных растворов. Результаты измерений заносят в таблицу 4. С помощью градуировочного графика определяют точную концентрацию приготовленных растворов уксусной кислоты ($C_K^{точн}$). Данные заносят в таблицу 4.

5. Фильтрация растворов уксусной кислоты после адсорбции.

По истечении 30 минут от начала процесса адсорбции встряхиватель выключают, склянки с растворами вынимают.

Проводят фильтрацию растворов уксусной кислоты после адсорбции в предварительно вымытые склянки первой серии. Для фильтрации используют бумажные фильтры. С целью устранения ошибок первые порции фильтрата отбрасывают.

6. Определение концентрации уксусной кислоты после адсорбции

Измеряют электрическую проводимость отфильтрованных растворов уксусной кислоты (L). По градуировочному графику определяют концентрации растворов уксусной кислоты после адсорбции ($C_K^{равн}$). Результаты заносят в таблицу 4.

Таблица 4

Результаты измерения электрической проводимости растворов кислоты

Исходная концентрация кислоты, моль/л	L_0 , мСм	Уточненная концентрация кислоты до адсорбции, $C_K^{точн}$, моль/л	L , мСм	Концентрация кислоты после адсорбции, $C_K^{равн}$, моль/л
0,6				
0,4				
0,3				
0,2				
0,1				
0,05				

Обработка экспериментальных данных

1. Расчет экспериментальной гиббсовской адсорбции уксусной кислоты ($G_{\text{экс}}$)

В процессе адсорбции концентрация раствора уксусной кислоты уменьшается за счет адсорбции ее молекул на поверхности частиц активированного угля и становится равновесной ($C_K^{\text{равн}}$).

Величину адсорбции, то есть число миллимоль кислоты, адсорбированной 1 г активированного угля, для каждого объема раствора кислоты ($V = 0,05$ л) рассчитывают по уравнению:

$$G_{\text{экс}} = \frac{C_K^{\text{точн}} - C_K^{\text{равн}}}{m} \cdot V \cdot 1000, \quad \text{ммоль/г}, \quad (9)$$

где: $G_{\text{экс}}$ – значение экспериментальной гиббсовской адсорбции уксусной кислоты, ммоль/г; $C_K^{\text{точн}}$ – исходная уточненная концентрация уксусной кислоты до адсорбции, моль/л; $C_K^{\text{равн}}$ – равновесная концентрация уксусной кислоты после адсорбции, моль/л; V – объем раствора уксусной кислоты, л; 1000 – множитель для перевода моль в миллимоль.

Полученные для каждого раствора уксусной кислоты значения $G_{\text{экс}}$ заносят в таблицы 5, 6 и 7.

2. Расчет адсорбции по уравнению Лэнгмюра

2.1 Для каждого из шести растворов уксусной кислоты с найденными значениями равновесных концентраций рассчитывают значения $C_K^{\text{равн}} / G_{\text{экс}}$ и заносят в таблицу 5, при этом $C_K^{\text{равн}}$ приводят к единицам измерения ммоль/л, т.е. умножают на коэффициент 1000.

Таблица 5

Расчет гиббсовской адсорбции по уравнению Лэнгмюра

№ раствора	$C_K^{\text{равн}}$, ммоль/л	$G_{\text{экс}}$, ммоль/г	$C_K^{\text{равн}} / G_{\text{экс}}$, г/л	$G_{\text{Лэнг}}$, ммоль/г
1				
2				
3				
4				
5				
6				

2.2 Для нахождения величины предельной адсорбции Γ_{∞} строят изотерму адсорбции в координатах линейной формы уравнения Лэнгмюра $\frac{C_K^{равн}}{\Gamma_{экс}} = f(C_K^{равн})$. При этом $C_K^{равн}$ выражают в ммоль/л, а $\Gamma_{экс}$ в ммоль/г. Изотерма адсорбции в координатах линейной формы уравнения Лэнгмюра получается в виде прямой линии, тангенс угла которой равен $1/\Gamma_{\infty}$, отрезок, отсекаемый прямой от оси ординат равен $1/\Gamma_{\infty}K$. Внешний вид изотермы представлен на рис.2.

2.3 Рассчитывают константы Γ_{∞} и K в уравнении Лэнгмюра.

2.4 Используя найденные значения Γ_{∞} и K , для каждой концентрации уксусной кислоты рассчитывают величину адсорбции по уравнению Лэнгмюра:

$$\Gamma_{Лэнг} = \Gamma_{\infty} \frac{K \cdot C_K^{равн}}{1 + K \cdot C_K^{равн}}, \quad (10)$$

Полученные значения $\Gamma_{Лэнг}$ заносят в таблицу 5.

3. Расчет адсорбции по уравнению Фрейндлиха

3.1 Для каждого из шести растворов уксусной кислоты с найденными значениями равновесных концентраций $C_K^{равн}$ (в ммоль/л) и $\Gamma_{экс}$ (в ммоль/г) рассчитывают значения $\lg \Gamma_{экс}$ и $\lg C_K^{равн}$ и заносят в таблицу 6.

Таблица 6

Расчет гиббсовской адсорбции по уравнению Фрейндлиха

№ раствора	$C_K^{равн}$, ммоль/л	$\lg C_K^{равн}$	$\Gamma_{экс}$, ммоль/г	$\lg \Gamma_{экс}$	$\Gamma_{Фр}$, ммоль/г
1					
2					
3					
4					
5					
6					

3.2 Для нахождения констант в уравнении Фрейндлиха β и $1/n$ строят прямую в координатах $\lg \Gamma_{\text{экс}} = f(\lg C_K^{\text{равн}})$. Тангенс угла наклона прямой в соответствии с уравнением Фрейндлиха в логарифмической форме равен $1/n$, а отрезок, отсекаемый прямой от оси ординат равен $\lg \beta$. Внешний вид прямой представлен на рис.3.

2.3 Рассчитывают константы β и $1/n$ в уравнении Фрейндлиха.

2.4 Используя найденные значения β и $1/n$ для каждой концентрации уксусной кислоты, рассчитывают величину адсорбции по уравнению Фрейндлиха:

$$\Gamma_{\text{Фр}} = \beta \cdot C_{\text{равн}}^{1/n}, \quad (11)$$

Полученные значения $\Gamma_{\text{Фр}}$ заносят в таблицу 6.

4. Сравнение значений адсорбции, рассчитанных по уравнениям Лэнгмюра и Фрейндлиха, с экспериментальными значениями

4.1 Рассчитанные значения $\Gamma_{\text{экс}}$, $\Gamma_{\text{Лэнг}}$ и $\Gamma_{\text{Фр}}$ заносят в таблицу 7.

Таблица 7

Сравнительные данные расчета адсорбции по экспериментальным данным и уравнениям Лэнгмюра и Фрейндлиха

№ раствора	$C_K^{\text{равн}}$, ммоль/л	$\Gamma_{\text{экс}}$, ммоль/г	$\Gamma_{\text{Лэнг}}$, ммоль/г	$\Gamma_{\text{Фр}}$, ммоль/г
1				
2				
3				
4				
5				
6				

4.2 Для сравнения значений адсорбции, рассчитанных по уравнениям Лэнгмюра и Фрейндлиха с экспериментальными значениями адсорбции, строят изотермы адсорбции в координатах: $\Gamma_{\text{экс}} = f(C_{\text{равн}})$, $\Gamma_{\text{Лэнг}} = f(C_{\text{равн}})$, $\Gamma_{\text{Фр}} = f(C_{\text{равн}})$ на одном графике.

4.3 Делают вывод о том, какое из уравнений (Лэнгмюра или Фрейндлиха) точнее отражает процесс адсорбции уксусной кислоты из ее водных растворов на активированном угле.

Учебное издание

**ИЗУЧЕНИЕ АДСОРБЦИИ УКСУСНОЙ КИСЛОТЫ НА
АКТИВИРОВАННОМ УГЛЕ**

Методические указания к выполнению лабораторных работ
по дисциплинам «Поверхностные явления и дисперсные системы» и
«Коллоидная химия» для ХТФ, ФТФ, ЭЛТИ, ИГНД

Составители


Михеева Елена Валентиновна
Катюхин Владимир Евгеньевич

Подписано к печати 00. 00.2009. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».
Печать Хегох. Усл. печ. л. 000. Уч.-изд. л. 000.
Заказ . Тираж экз.



Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Томского политехнического университета
сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту
ISO 9001:2000



ИЗДАТЕЛЬСТВО  **ТПУ**. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.