

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ

«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИМЕНИ П.О.СУХОГО»

Кафедра «Материаловедение в машиностроении»

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

«Адсорбция»

Выполнил:

Студент гр.ТТ-31

Литвинов Д.И.

Принял преподаватель

Бобрышева С.Н.

ГОМЕЛЬ 2021

Лабораторная работа №5

Адсорбция

Цель работы:

1. Наблюдать адсорбцию на границе твердой и жидкой фаз.
2. Построить изотерму адсорбции.
3. Ознакомиться с методом определения активности угля термометрическим способом.

Теоретическая часть

Тела с очень большой поверхностью при соприкосновении с газовой или жидкой фазой способны поглощать часть газа или вещества, растворенного в жидкости. Явление поглощения одним веществом других веществ называется сорбцией. Однако поглощение не всегда имеет одинаковый характер: поглощаемое вещество может диффундировать вглубь поглотителя, распространяясь по всему объему. Такой вид сорбции называют абсорбцией. Если поглощаемое вещество химически взаимодействует с поглотителем, то сорбционный процесс принято называть хемосорбцией. Сорбционный процесс, происходящий только на поверхности раздела фаз и сопровождающийся концентрированием вещества на этой поверхности, называется адсорбцией. Вещество, на поверхности которого происходит адсорбция, называют адсорбентом, а поглощаемое вещество – адсорбатом.

Количество адсорбированного вещества определяется избытком вещества на границе раздела фаз. Избыток вещества в молях, отнесенный к 1 м² поверхности адсорбента, называется адсорбцией, обозначается буквой Γ и рассчитывается по формуле:

$$\Gamma = \frac{C_o - C_p}{S} \quad \left[\frac{\text{моль}}{\text{м}^2} \right], \quad (1)$$

где C_o и C_p – начальная и равновесная концентрации адсорбата, моль/л;

S – поверхность адсорбента, м².

Если поверхность адсорбента неизвестна (пористые твердые поглотители), то количество адсорбированного вещества относят к 1 кг адсорбента:

$$\Gamma = \frac{C_o - C_p}{m} \quad \left[\frac{\text{моль}}{\text{кг}} \right], \quad (2)$$

где m - количество адсорбента, кг.

Механизм адсорбции на поверхности твердых тел пока до конца не выяснен. Адсорбцию объясняют тем, что поверхность твердой фазы неоднородна. Поверхность адсорбента имеет активные центры, на которых происходит адсорбция. Природа адсорбционных сил различна. Различают физическую (или Ван-дер-Ваальсову) адсорбцию, происходящую под действием адгезионных сил и хемосорбцию, происходящую в результате образования химических связей. Физическая адсорбция обратима. Процесс, обратный адсорбции, называют десорбцией.

Величина адсорбции зависит от свойств поглотителя, поглощаемого вещества, температуры, давления газа или концентрации раствора.

Зависимость адсорбции от давления газа или содержания адсорбируемого вещества в растворе (его концентрации) при данной температуре выражается уравнением изотермы адсорбции Лэнгмюра:

$$\Gamma = \Gamma_{\infty} \frac{C}{K + C}, \quad (3)$$

где Γ и Γ_{∞} – количества адсорбированного вещества (моль) на 1 м² поверхности адсорбента (Γ – в момент адсорбционного равновесия; Γ_{∞} - максимально возможная); C – молярная концентрация раствора в момент адсорбционного равновесия, K – отношение скоростей десорбции адсорбции.

При адсорбции вещества из газовой фазы величина концентрации в уравнении (3) заменяется пропорциональной ей величиной давления P :

$$P = K \cdot C,$$

где K – константа, зависящая от химической природы и физического состояния адсорбента и адсорбата.

Уравнение изотермы адсорбции Лэнгмюра выражает зависимость величины адсорбции от равновесной концентрации адсорбата при условии отсутствия взаимодействия между адсорбированными молекулами (сильно разбавленные растворы).

Графическое изображение изотермы дано на рис. 1.

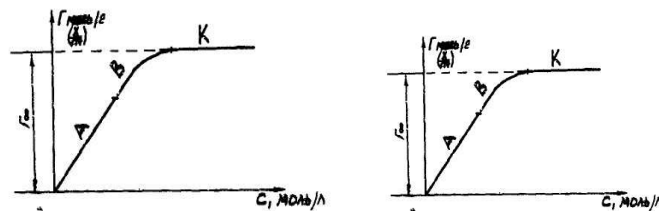


Рис. 1

Если концентрация адсорбата мала (отрезок **А**), то ее значением в знаменателе (3) можно пренебречь, и уравнение Лэнгмюра примет вид:

$$\Gamma = \Gamma_{\infty} \frac{1}{K} C \quad (4)$$

При более высоких концентрациях адсорбата (отрезки **В** и **К**) для описания зависимости величины адсорбции от концентрации адсорбата используют эмпирическое уравнение Фрейндлиха:

$$\frac{X}{m} = a \cdot C^n, \quad (5)$$

где X – количество поглощенного вещества; m – масса поглотителя; C – равновесная концентрация раствора; a и n – константы, характерные для данного процесса адсорбции, причем величина $n \leq 1$.

Если на оси ординат откладывать значения $\frac{X}{m}$, а на оси абсцисс – C , то получим кривую, вид которой изображен на рис. 1. Эта кривая аналогична изотерме адсорбции Лэнгмюра.

Для участка **А** величина $\frac{X}{m}$ в первом приближении прямо пропорциональна C , в этом случае $n \approx 1$. При высоких концентрациях (участок **К**) величина $\frac{X}{m}$ будет постоянна и все значения n будут равны нулю. Адсорбция практически не зависит от концентрации.

Если прологарифмировать уравнение (5), то оно примет вид:

$$\lg \frac{X}{m} = \lg a + n \lg C \quad (6)$$

Полученное уравнение есть уравнение прямой (рис. 2). Это графическое изображение логарифмического вида уравнения Фрейндлиха. Оно позволяет определить константы a и n в уравнении (5).

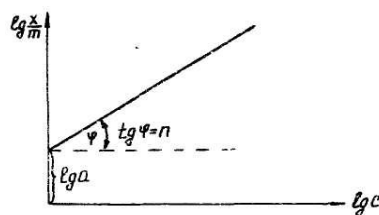


Рис. 2

Процесс адсорбции зависит не только от природы адсорбента, но и от природы адсорбируемого вещества. Из смеси различных веществ преимущественно адсорбируется вещество, обладающее большей поверхностной активностью. Поверхностно-активные вещества (ПАВ) – это вещества, понижающие поверхностное натяжение. Поверхностно-активными веществами являются органические соединения, молекулы которых содержат одновременно и полярную группу ($-OH$; $-COOH$; $-NH_2$ и т.д.) и неполярную углеводородную цепь. Такие молекулы называются дифильными. Дифильные молекулы, попадая в воду, стремятся выйти на поверхность раздела фаз. Концентрируясь самопроизвольно (т.е. адсорбируясь), молекулы ПАВ понижают поверхностное натяжение водных растворов ПАВ вследствие их адсорбции на поверхности раздела фаз.

Одним из самых распространенных адсорбентов является древесный уголь. Адсорбционные свойства угля могут быть повышены обработкой его паром и различными реактивами при высоких температурах. Такие угли называют активированными или активными. Активный уголь нашел широкое применение в качестве поглотителя в спиртоводочном, сахаро-рафинадном производствах, медицине и т.д. Его используют во всех противогазах для поглощения газов. Поэтому очень важно звать активность угля, его адсорбционную способность.

При погружении поглотителя в жидкость происходит выделение теплоты в результате адсорбции жидкости поверхностью адсорбента. Этот тепловой эффект называют теплотой смачивания. Теплота смачивания представляет собой энергию, которая выделяется при взаимодействии молекул растворителя с поверхностью адсорбента, т.е. является мерой его поглощающей способности. А поглощающая способность есть мера его активности. Поэтому и определяют активность угля по теплоте смачивания.

Практическая работа

Опыт №1. Измерение адсорбции уксусной кислоты на поверхности животного угля.

Разбавили 2 М раствора уксусной кислоты в шести мерных колбах по 150 мл каждого раствора следующих концентраций:

Номер колбы	1	2	3	4	5	6
Объем раствора, мл	150	150	150	150	150	150
Концентрация, моль/л	0,012	0,025	0,050	0,100	0,200	0,400
Объем 2 М раствора, необходимого для приготовления 150 мл раствора	0,90	1,85	3,75	7,50	15,00	30,00

Для приготовления растворов в каждую колбу внесли мерной пипеткой указанное количество 2 М раствора CH_3COOH и долили до метки дистиллированной водой. Колбы с растворами закрыли пробками и перемешали.

Затем из колб 1,2,3 отобрали мерной пипеткой по 50 мл раствора и поместили в колбы для титрования под номерами 1,2,3 соответственно. Из колбы 4 мерной пипеткой отобрали 25 мл раствора CH_3COOH и поместили в колбу для титрования под номером 4. Из колбы 5 отобрали для титрования 10 мл раствора, а из колбы 6 – 5 мл раствора. Для того, чтобы во всех колбах осталось одинаковое количество раствора (100 мл) из колбы 4 мерной пипеткой перенесли в склянку для отходов уксусной кислоты 25 мл раствора, из колбы 5 – 40 мл раствора, а из колбы 6 – 45 мл раствора уксусной кислоты.

На техно-химических весах взвесили шесть навесок животного угля, по 3 г каждая. В мерные колбы, содержащие по 100 мл раствора, поместили приготовленные навески животного угля. Колбы закрыли корковыми пробками и встряхивали в течение 10 мин.

Затем отфильтровали содержимое каждой колбы через бумажные фильтры с помощью фильтровальных воронок.

Отобрали мерной пипеткой из фильтратов пробы в таких же количествах, какие были взяты для первоначального титрования. Определили

титрованием объемом 0,1 М раствора $NaOH$, пошедшего на титрование.

Номер колбы	Объем пробы кислоты на титрование после адсорбции V_1 , мл	Расход раствора щелочи на титрование после адсорбции V_2 , мл
1	9	4
2	16	13
3	20,5	17
4	22,2	20
5	22,4	21
6	23,7	22,6

Рассчитали количество молей CH_3COOH (C_2), содержащееся в 100 мл раствора после адсорбции.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{0.1}{C_2}$$

$$C_2^1 = \frac{0,1V_2}{V_1} = \frac{0.1 \times 4}{9} = 0.04 \text{ моль/л}$$

$$C_2^2 = \frac{0,1V_2}{V_1} = \frac{0.1 \times 13}{16} = 0.081 \text{ моль/л}$$

$$C_2^3 = \frac{0,1V_2}{V_1} = \frac{0.1 \times 17}{20.5} = 0.082 \text{ моль/л}$$

$$C_2^4 = \frac{0,1V_2}{V_1} = \frac{0.1 \times 20}{22.2} = 0.09 \text{ моль/л}$$

$$C_2^5 = \frac{0,1V_2}{V_1} = \frac{0.1 \times 21}{22.4} = 0.094 \text{ моль/л}$$

$$C_2^6 = \frac{0,1V_2}{V_1} = \frac{0.1 \times 22.6}{23.7} = 0.095 \text{ моль/л}$$

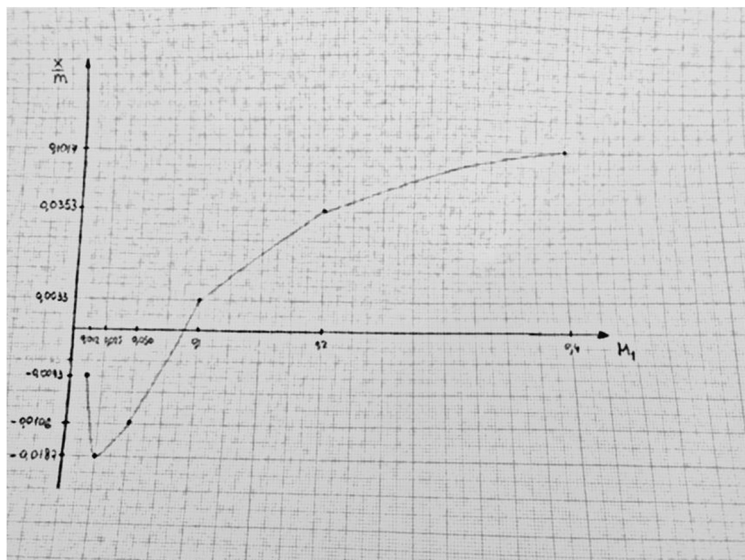
Разность между результатами первого (C_1) и второго (C_2) титрований дает количество уксусной кислоты X , поглощенное 3 г угля из 100 мл раствора:

$$X = C_1 - C_2$$

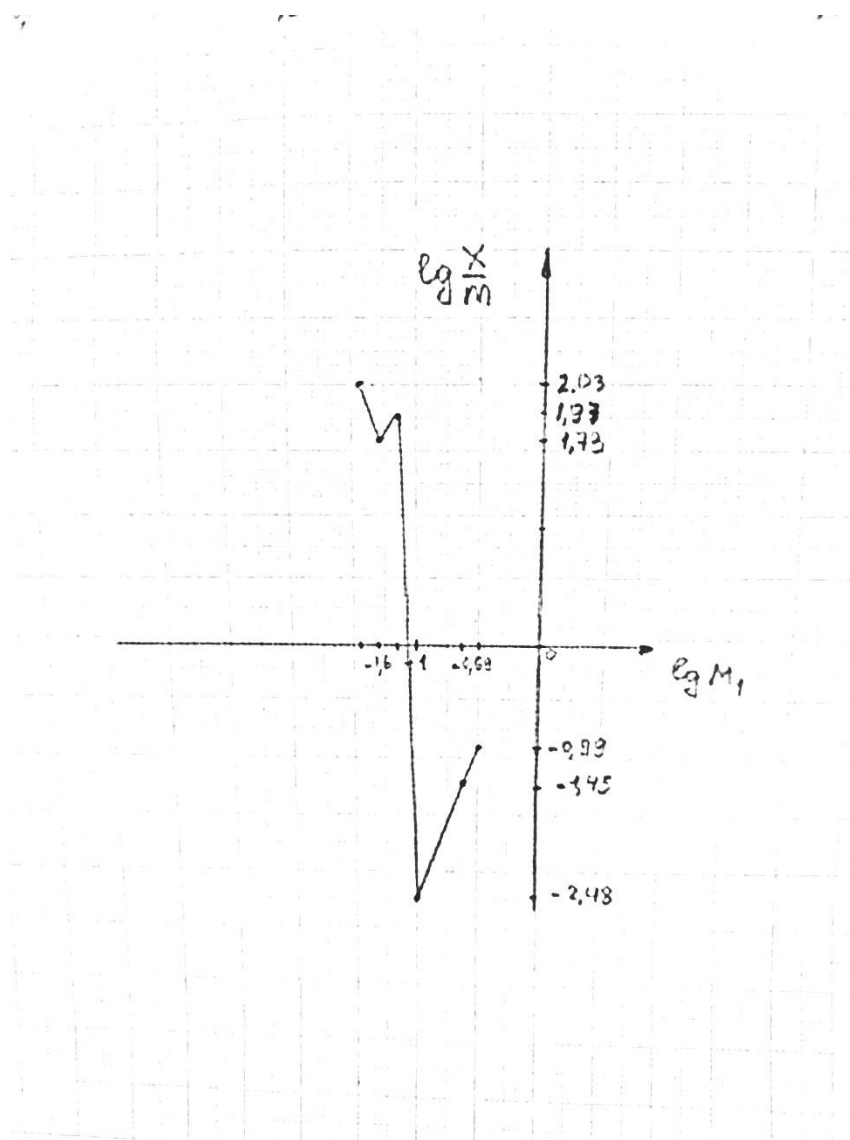
Полученные результаты заносят в таблицу:

№	Примерная концентрация	Точная концентрация, M_1	C_1	C_2	$X = C_1 - C_2$	$\frac{X}{m}$	$\lg M_1$	$\lg \frac{X}{m}$
1	0.012	0.012	0.012	0.04	-0.028	$\frac{-}{0,0093}$	$\frac{-}{1,92}$	$\frac{-}{2,03}$
2	0.025	0.025	0.025	0.081	-0.056	$\frac{-}{0,0187}$	$\frac{-}{-1,6}$	$\frac{-}{1,73}$
3	0.050	0.050	0.050	0.082	-0.032	$\frac{-}{0,0106}$	$\frac{-}{-1,3}$	$\frac{-}{1,97}$
4	0.100	0.100	0.100	0.09	0.01	$\frac{-}{0,0033}$	$\frac{-}{-1}$	$\frac{-}{2,48}$
5	0.200	0.200	0.200	0.094	0.106	$\frac{-}{0,0353}$	$\frac{-}{0,69}$	$\frac{-}{1,45}$
6	0.400	0.400	0.400	0.095	0.305	$\frac{-}{0,1017}$	$\frac{-}{0,39}$	$\frac{-}{0,99}$

Построили график зависимости M_1 от $\frac{X}{m}$. Для построения графика на оси абсцисс отложили значения M_1 , а на оси ординат – значения $\frac{X}{m}$. Полученная кривая и есть изотерма адсорбции Лэнгмюра.



Построили график зависимости величины $\lg M_1$ от величины $\lg \frac{X}{m}$.



Опыт №2. Определение теплоты смачивания угля термометрическим способом.

В фарфоровую ступку поместили активированный уголь и растёрли его пестиком в порошок. В стакан объемом 300 мл поместили толченый уголь (на одну треть стакана). Во второй стакан налили бензол. Объем бензола должен быть примерно равен объему угля. Измерили температуру содержимого обоих стаканов. Для этого опустили в оба стакана термометры и через 5 мин определили температуру содержимого стаканов. ($t=20^\circ\text{C}$)

Быстро вылили бензол в стакан с углем и, тщательно перемешивая массу, следили за подъемом температуры. Определили максимальный подъем температуры. ($t=24^\circ\text{C}$)

О качестве угля делают вывод, исходя из следующих значений изменения температуры:

$7^{\circ}C \leq \Delta t$ – уголь высококачественный;

$4^{\circ}C \leq \Delta t < 7^{\circ}C$ – уголь среднего качества;

$\Delta t < 4^{\circ}C$ – уголь низкого качества.

Следовательно, в опыте использовался уголь среднего качества.

Вывод: в ходе данной лабораторной работы мы наблюдали адсорбцию на границе твердой и жидкой фаз, построили изотерму адсорбции, ознакомились с методом определения активности угля термометрическим способом.

Контрольные вопросы

1. Какие явления называются сорбцией?
2. Какая разница между адсорбцией и абсорбцией?
3. От каких факторов зависит адсорбция?
4. Почему по теплоте смачивания можно судить об активности углей?

Ответы на контрольные вопросы

1. Сорбционные явления (от лат. *sorbeo* – поглощаю) – это физико-химические процессы, в результате которых происходит поглощение каким-либо веществом газа, пара или растворенного вещества из окружающей среды.
2. Абсорбция и адсорбция это две разновидности процесса сорбции, то есть поглощения газов, если мы говорим о газоочистных процессах. Разница заключается в том, что в первом случае вредные вещества поглощаются жидкостями, то есть абсорбентами, а во втором случае — твердым телом, то есть адсорбентом.
3. Адсорбция веществ зависит от давления (для газов) и концентрации (для растворенных веществ).
4. Уголь считается хорошим, если он обладает активностью, равной активности активированного березового угля (поднятие по капилляру в манометрической трубке 18—20 мм). О качестве полученного угля судят по разности между начальной и конечной температурой: если повышение температуры достигло 7 градусов, и более, то испытуемый уголь считается высококачественным; если температура повысилась в пределах 4—7 градуса - уголь среднего качества; наконец, если повышение температуры менее 3,5 градуса - уголь плохой.