

## Адсорбция растворенного вещества на границе раздела фаз «твердое тело – жидкость»

*Адсорбция* – это процесс самопроизвольного концентрирования растворенного в жидкости вещества на поверхности твердого тела.

Твердое вещество, на поверхности которого происходит адсорбция, называется *адсорбентом*. Вещество, которое концентрируется, или адсорбируется, называется *адсорбатом*. Адсорбат в жидкой фазе может находиться в виде молекул или ионов.

По виду адсорбата различают *молекулярную* и *ионную* адсорбцию. В первом случае на поверхности раздела фаз вещество концентрируется в виде молекул, во втором – в виде ионов. Обратный адсорбции процесс удаления адсорбата с поверхности адсорбента называется *десорбцией*.

В зависимости от силы взаимодействия между адсорбатом и адсорбентом различают *физическую* и *химическую* адсорбцию (*хемосорбцию*).

Физическая адсорбция протекает за счет образования между адсорбатом и адсорбентом слабых, ван-дер-ваальсовых связей, она протекает быстро и обратимо, теплота адсорбции невелика. При хемосорбции между адсорбатом и адсорбентом образуются прочные химические связи, хемосорбция протекает медленно и необратимо, теплота адсорбции велика.

Для количественного описания процесса адсорбции применяют адсорбцию по Лэнгмюру.

Адсорбция по Лэнгмюру ( $a$ ) – это абсолютное количество моль ( $n$ ) растворенного вещества, приходящееся на единицу массы ( $m$ ) адсорбента:

$$a = \frac{n}{m}, \text{ моль/г.} \quad (1)$$

Математическая зависимость величины адсорбции от концентрации адсорбата в растворе называется уравнением адсорбции (уравнение Лэнгмюра):

$$a = a_{\infty} \frac{K \cdot C}{1 + K \cdot C}, \quad (2)$$

где  $a_{\infty}$  и  $K$  – константы уравнения Лэнгмюра.

Для их определения уравнение Лэнгмюра преобразуют к линейному виду:

$$\frac{1}{a} = \frac{1}{a_{\infty}} + \frac{1}{a_{\infty} \cdot K} \cdot \frac{1}{C}.$$

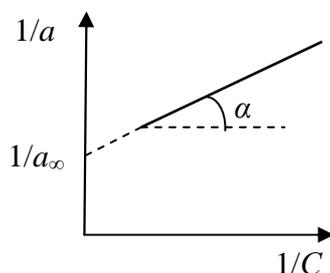


Рис. 1. Зависимость  $1/a = f(1/C)$

Построив график в координатах  $1/a = f(1/C)$  (рис. 1), получим  $1/a_{\infty}$  – отрезок, отсекаемый прямой на оси ординат,  $\frac{1}{a_{\infty} \cdot K} = \text{tg } \alpha$  ( $\alpha$  – угол наклона прямой к положительному направлению оси абсцисс).

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДОГО АДСОРБЕНТА

**Цель работы:** определение удельной поверхности фильтровальной бумаги.

**Оборудование и реактивы:** фотометр, встряхиватель, 4 стеклянные колбы, 4 пластиковые баночки с крышками, водные растворы красителей (фуксин:  $C_0 = 11,8 \cdot 10^{-5}$  моль/л; конго красный:  $C_0 = 14,1 \cdot 10^{-5}$  моль/л; кристаллический фиолетовый:  $C_0 = 5,6 \cdot 10^{-5}$  моль/л), навески адсорбентов (фильтровальная бумага).

**Сущность работы.** Для исследования окрашенных растворов адсорбатов можно использовать метод *фотоколориметрии*.

Этот метод основан на уменьшении интенсивности падающего на систему света ( $I_0$ ) в результате его поглощения. Прибор, позволяющий сопоставить интенсивности подающего ( $I_0$ ) и прошедшего через раствор ( $I_{пр}$ ) света, называется фотометром. С помощью фотометра измеряют величину оптической плотности  $D$ :

$$D = \lg\left(\frac{I_0}{I_{пр}}\right), \quad (3)$$

где  $I_{пр} = I_0 - I_{погл}$ .

Явление поглощения света наблюдается в истинных окрашенных растворах и подчиняется закону Бугера – Ламберта – Бера:

$$I_{пр} = I_0 \cdot \exp(-k \cdot C \cdot l), \quad (4)$$

где  $C$  – концентрация раствора;  $k$  – коэффициент пропорциональности, учитывающий уменьшение интенсивности светового потока;  $l$  – толщина слоя раствора.

Преобразуем уравнение (3), используя формулу (4):

$$D = \varepsilon \cdot C \cdot l, \quad (5)$$

где  $\varepsilon$  – молярный коэффициент поглощения, численно равный оптической плотности раствора, имеющего концентрацию 1 моль/л и толщину слоя 1 см.

График зависимости  $D = f(C)$  (рис. 2) представляет собой прямую линию, выходящую из начала координат.

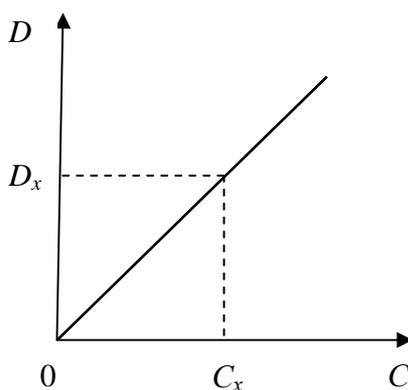


Рис. 2. График зависимости оптической плотности раствора от концентрации красителя

Этот график позволяет определить концентрацию раствора окрашенного вещества ( $C_x$ ) по известному значению оптической плотности ( $D_x$ ).

### Выполнение работы.

1. Согласно варианту (табл. 1), приготовить в стеклянных колбах 4 раствора красителя с концентрациями  $C_1, C_2, C_3, C_4$  объемом по 20 мл и перелить их в пластиковые баночки.

Таблица 1

№ раство- ра	Концентрацииготавливаемых растворов, $C \cdot 10^5$ , моль/л					
	Фуксин		Конго красный		Кристаллический фиолетовый	
	$\lambda = 490$ нм		$\lambda = 540$ нм		$\lambda = 590$ нм	
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5	Вариант 6
1	5,90	5,31	7,05	8,46	2,80	2,24
2	4,72	4,25	5,64	5,29	2,24	1,79
3	3,54	3,19	4,23	4,23	1,68	1,68
4	2,36	2,12	2,82	2,65	1,12	1,07

2. В каждую баночку поместить по навеске адсорбента одинаковой массы и закрыть ее крышкой. Поставить баночки на 20 мин на встряхиватель.

3. В стеклянных колбах приготовить четыре аналогичных раствора соответствующего красителя и на фотометре определить оптическую плотность этих растворов  $D_1, D_2, D_3, D_4$ . При измерениях оптической плотности использовать кюветы толщиной 0,5 см (раствор сравнения – вода) и длину волны в зависимости от природы красителя (табл. 1).

4. Построить графическую зависимость  $D = f(C)$ .

5. После окончания встряхивания измерить оптическую плотность каждого из растворов в пластиковых баночках:  $D_{1\text{равн}}, D_{2\text{равн}}, D_{3\text{равн}}, D_{4\text{равн}}$  (считать, что за время встряхивания на границе раздела фаз «адсорбент – раствор» установилось адсорбционное равновесие).

6. Используя построенную зависимость  $D = f(C)$ , по полученным значениям  $D_{1\text{равн}}, D_{2\text{равн}}, D_{3\text{равн}}, D_{4\text{равн}}$  определить равновесные концентрации красителя в каждом растворе:  $C_{1\text{равн}}, C_{2\text{равн}}, C_{3\text{равн}}, C_{4\text{равн}}$ .

7. Рассчитать величину адсорбции красителя в каждом опыте  $a_1, a_2, a_3, a_4$  по формуле:

$$a_i = \frac{(C_i - C_{i\text{равн}}) \cdot V}{m}, \quad (6)$$

где  $C_i$  – концентрация исходного раствора адсорбата, моль/л;  $C_{i\text{равн}}$  – равновесная концентрация раствора адсорбата, моль/л;  $V$  – объем раствора адсорбата, л;  $m$  – масса навески адсорбента, г.

8. По полученным данным рассчитать значения  $1/a_i$  и  $1/C_{i\text{равн}}$  и построить изотерму адсорбции Лэнгмюра в координатах  $1/a_i = f(1/C_{i\text{равн}})$ .

9. Из построенного графика определить константы уравнения Лэнгмюра  $K$  и  $a_\infty$ .

10. Используя приведенные в табл. 2 величины площади, занимаемой молекулой красителя на поверхности адсорбента  $S_0$ , рассчитать удельную поверхность твердого адсорбента  $S_{\text{уд}}$  по формуле:

$$S_{\text{уд}} = a_\infty \cdot N_A \cdot S_0. \quad (7)$$

Таблица 2

Краситель	$S_0 \cdot 10^{20}$ , м <sup>2</sup> /молек
Фуксин	200
Конго красный	210
Кристаллический фиолетовый	180