#### Занятие 3

## ИЗУЧЕНИЕ АДСОРБЦИИ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ТВЁРДЫХ АДСОРБЕНТАХ

**Цель работы:** Экспериментальное определение величины адсорбции ПАВ на твёрдом адсорбенте титриметрическим методом.

#### ОСНАЩЕНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА

Склянки с пробками или крышками Бумажные фильтры Колбы для титрования Растворы органических кислот Бюретка на 25 мл Раствор NaOH 0,1М Спиртовый раствор фенолфталеина

Пипетка на 1 мл
Твёрдые адсорбенты (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, активированный уголь и др.)
Воронки
Узкогорлые склянки

(Фото 1)



Фото 1. Оснащение рабочего стола.

#### ПРОВЕДЕНИЕ ОПЫТА

- 1. Проверить оснащение рабочего места.
- 2. Отмерить в склянки с пробками (крышками) по 10 мл указанных преподавателем растворов ПАВ органических кислот. (Фото 2)



Фото 2.

Отмериваем по 10 мл раствора ПАВ указанного преподавателем в 3 склянки с разными концентрациями (в нашем случае CH<sub>3</sub>COOH)

3. Поместить в каждую из этих склянок по 0,5 г растертого в порошок твердого адсорбента. Закрыть склянки, перемешать их содержимое и оставить на 15 мин., время от времени перемешивая встряхиванием.



Фото 3.

Открываем аккуратно конвертик с порошком активированного угля.



Фото 4. Высыпаем содержимое каждого конверта в склянки с раствором ПАВ.

5. Титрованием определить исходные концентрации ПАВ в растворах. Объём проб для титрования — 1 мл, титрант — 0,1М раствор NaOH, индикатор — фенолфталеин. **Каждый раствор титруется не менее 3 раз.** (Фото 5-8)



Фото 5. Отмериваем 1 мл  $CH_3COOH$  в колбу для титрования.

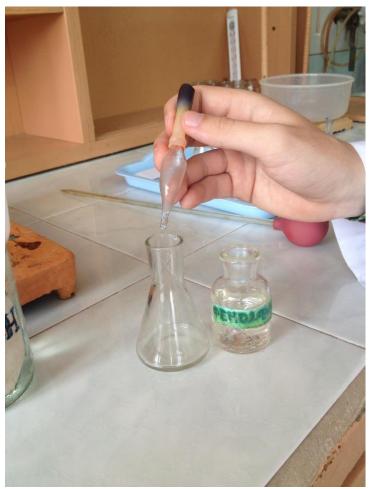


Фото 6. Добавляем 1-2 капли фенолфталеина.



Фото 7. Добавляем по каплям NaOH в колбу для титрования, до появления розового оттенка



Фото 8. Когда раствор стал розового цвета, прекращаем титрование.

# 6. Учимся складывать фильтр. (Фото 9-13)



Фото 9. Берем фильтр



Фото 10. Складываем его пополам.



Фото 11. Снова сворачиваем его пополам.



Фото 12. Отодвигаем один край, чтобы получилась воронка



Фото 13. Вставляем фильтр в воронку и смачиваем его водой.

7. Отфильтровать растворы, находившиеся в контакте с адсорбентом. (Фото 14)

**<u>ВНИМАНИЕ!</u>** Воронки и склянки для фильтрования должны быть сухими. Если они перед началом опыта ополаскивались водой, для сведения ошибки определения к минимуму следует удалить воду из склянок стеканием или встряхиванием. Растворы должны быть отфильтрованы полностью.



Фото 14. Вставляют воронку в колбу для титрования.



Фото 15. Отфильтровываем растворы, находившиеся в контакте с адсорбентом.

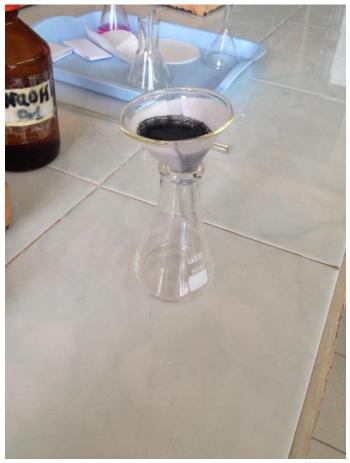


Фото 16. Ждем некоторое время, пока раствор фильтруется.

8. Титрованием определить концентрацию ПАВ в растворах, подвергавшихся адсорбции. **Каждый раствор титруется не менее 3 раз.** (Фото 17-20)



Фото 17. Отмериваем 1 мл отфильтрованного раствора в колбу для титрования.

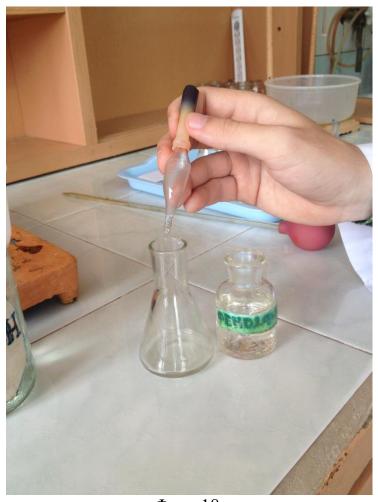


Фото 18. Добавляем 1-2 капли фенолфталеина, в колбу с отфильтрованным раствором.



Фото 19. Добавляем по каплям NaOH в колбу для титрования, до появления розового оттенка



Фото 20. Когда раствор стал розового цвета, прекращаем титрование.

9. Приводим в порядок рабочее место и сдаем его дежурному. (Фото 21)



Фото 21. Чистое рабочее место.

10. Расчет среднего объема NaOH, пошедшего на титрование

$$V_{{
m NaOH, \, cp.}} = rac{V_1 + V_2 + V_3}{3}$$

 $\Gamma$ де  $V_1,\,V_2,\,V_3$  – объемы NaOH, пошедшие на титрование данного раствора.

Объемы NaOH и данный расчет записываются в тетрадь для самостоятельной работы.

11. Расчет концентрации растворов до и после адсорбции

$$C = \frac{C_{NaOH} * V_{NaOH,cp.}}{V_{CH_3COOH}}$$

В нашем примере для раствора №1 расчет будет выглядеть так:

1) Концентрация до адсорбции:

$$C_0 = \frac{0.1 * 2.104}{1} = 0.2104$$
 моль/л

2) Концентрация после адсорбции:

$$C = \frac{0.1 * 1.581}{1} = 0.1581$$
 моль/л

# 3) Изменение концентрации в результате адсорбции ( $\Delta C$ ):

$$\Delta C = C_0 - C = 0.2104 - 0.1581 = 0.0523$$
 моль/л

	Исследуемое ПАВ: уксусная кислота			Адсорбент: уголь активированный			Температура: <b>25 °</b> C	
-	ykcyci	IAA KACIOI	4	уголь а	Кіньирова	1111111111	Темпера	тура. 25 С
Nº	С₀, моль/л	С, моль/л	ΔС, моль/л	А <sub>эксп.</sub> , моль/кг	lgC	lgA	1/C	1/A
1	0.2104	0.1581	0.0523					
2	0.4656	0.3890	0.0766					
3	0.8991	0.7852	0.1139					
4	1.1444	1.0257	0.1187					

### 12. Расчет величины адсорбции

$$A_{\mathfrak{IKCII.}} = \frac{\Delta C * V}{m}$$

где

 $\Delta C$  – изменение концентрации в ходе адсорбции, моль/л

V – объем раствора, из которого производится адсорбция, мл

т – масса адсорбента, г

Пример расчета для первого раствора:

$$A_{
m \scriptscriptstyle ЭКСП.} = {0.0523*10 \over 0.5} = \ 1.0459 \ {
m моль/кг}$$

	Исследуемое ПАВ: уксусная кислота				Адсорбент: уголь активированный			Температура: 25 °C	
Nº	С <sub>0</sub> , моль/л	С, моль/л	ΔС, моль/л	А <sub>эксп.</sub> , моль/кг	IgC	lgA	1/C	1/A	
1	0.2104	0.1581	0.0523	1.0459					
2	0.4656	0.3890	0.0766	1.5311					
3	0.8991	0.7852	0.1139	2.2777					
4	1.1444	1.0257	0.1187	2.3741					

# 13. Расчет логарифмов и обратных значений концентрации и величины адсорбции

- 1) Рассчитайте десятичные логарифмы С и A (lgC и lgA).
- 2) Рассчитайте обратные значения С и А (1/С и 1/А).

Исследуемое ПАВ:	Адсорбент:	
уксусная кислота	уголь активированный	Температура: 25 °C

Nº	С <sub>0</sub> , моль/л	С, моль/л	∆С, моль/л	А <sub>эксп.</sub> , моль/кг	lgC	lgA	1/C	1/A
1	0.2104	0.1581	0.0523	1.0459	-0.8010	0.0195	6.3241	0.9561
2	0.4656	0.3890	0.0766	1.5311	-0.4100	0.1850	2.5704	0.6531
3	0.8991	0.7852	0.1139	2.2777	-0.1050	0.3575	1.2735	0.4390
4	1.1444	1.0257	0.1187	2.3741	0.0110	0.3755	0.9750	0.4212

# 14. Расчет констант уравнения Фрейндлиха графическим методом

Уравнение Фрейндлиха для расчета величины адсорбции:

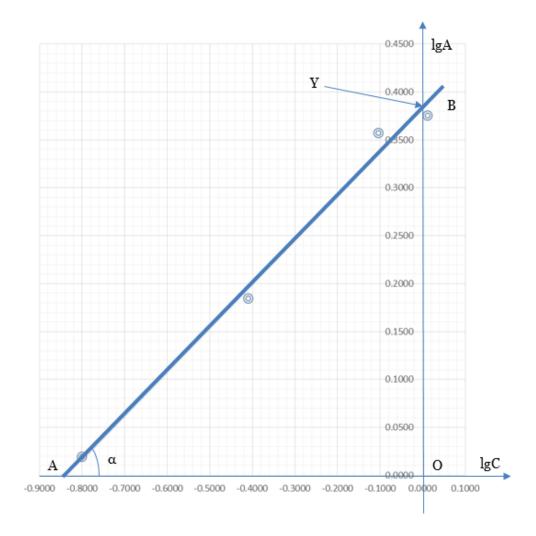
$$A = k * C^{\frac{1}{n}}$$

где

А – величина адсорбции, моль/кг

C – концентрация адсорбируемого вещества (адсорбтива) в растворе, моль/л k и 1/n – константы, определяемые из экспериментальных данных (именно их нам и предстоит определить)

# 1) На миллиметровой бумаге постройте график зависимости lgA от lgC:



- 2) По точкам на графике проведите усредняющую прямую так, чтобы она получилась как можно длиннее.
- 3) Константу 1/п для уравнения Фрейндлиха находим так:
  - на графике постройте прямоугольный треугольник (ABO), так чтобы гипотенузой была усредняющая прямая, которую Вы перед этим построили. Размер треугольника можно выбирать произвольным, но постарайтесь сделать его по возможности больше, от этого зависит точность расчетов;
  - константа 1/n равна тангенсу угла α, этот тангенс найдем как отношение длины противолежащего катета к прилежащему

$$1/n = tg \ \alpha = OB/OA = 0.38/0.84 = 0.45$$

- 4) Константу k для уравнения Фрейндлиха находим так:
  - найдем точку пересечения усредняющей прямой с осью lgA (обозначим эту точку буквой Y):

$$Y = 0.38$$

- определим коэффициент k через формулу антилогарифма:  $k=10^{0.38}=2.40$ 

Теперь мы можем использовать уравнение Фрейндлиха для расчета величины адсорбции уксусной кислоты на активированном угле из воды:

$$A = 2.4 * C^{0.45}$$

- 15. Теоретический расчет величины адсорбции по уравнению Фрейндлиха
- 1) Перепишите из таблицы 1 в таблицу 2 концентрацию после адсорбции и величину адсорбции:

			•	знение індлиха	Уравнение Ленгмюра		
Nº	С, моль/л	Аэксп., моль/кг	Аф., моль/кг	Аэксп./Аф.	Ал., моль/к	Аэксп./Ал.	
1	0.1581	1.0459					
2	0.3890	1.5311					
3	0.7852	2.2777					
4	1.0257	2.3741					

Аэксп./Аф. средн.

Аэксп./Ал. средн.

#### 2) Рассчитайте величину адсорбции по уравнению Фрейндлиха

#### Пример:

$$A_{\varphi.} = 2.4*C$$
  $^{0.45} = 2.4*$   $0.1581$   $^{0.45} = 1.0466$  моль/кг

			-	внение індлиха	Уравнение Ленгмюра		
Nº	С, моль/л	Аэксп., моль/кг	Аф. <i>,</i> моль/кг	Аэксп./Аф.	Ал., моль/к	Аэксп./Ал.	
1	0.1581	1.0459	1.0466				
2	0.3890	1.5311	1.5693				
3	0.7852	2.2777	2.1526				
4	1.0257	2.3741	2.4275				
				Аэксп./Аф.		Аэксп./Ал.	
				средн.		средн.	

3) Чтобы оценить на сколько качественно уравнение Фрейндлиха воспроизводит экспериментальные данные рассчитаем отношение экспериментальной величины адсорбции к теоретической по Фрейндлиху:

#### Пример:

Аэксп. / Аф. = 
$$1.0459 / 1.0466 = 0.9994$$

Получим 4 коэффициента и найдем для них среднее арифметические, запишем его в таблицу в графу «Аэксп./Аф. средн.» (внизу):

Аэксп./Аф. средн. = 
$$(0.9994 + 0.9756 + 1.0581 + 0.9780) / 4 = 1.0028$$

			-	внение и́ндлиха	Уравнение Ленгмюра	
Nº	С, моль/л	Аэксп., моль/кг	Аф. <i>,</i> моль/кг	Аэксп./Аф.	Ал., моль/к	Аэксп./Ал.
1	0.1581	1.0459	1.0466	0.9994		
2	0.3890	1.5311	1.5693	0.9756		
3	0.7852	2.2777	2.1526	1.0581		
4	1.0257	2.3741	2.4275	0.9780		

**Аэксп./Аф.** Аэксп./Ал. средн.

# 16. Расчет констант уравнения Ленгмюра графическим методом

Уравнение Ленгмюра для теоретического расчета величины адсорбции:

$$A = A_{\infty} * \frac{C}{b+C}$$

где

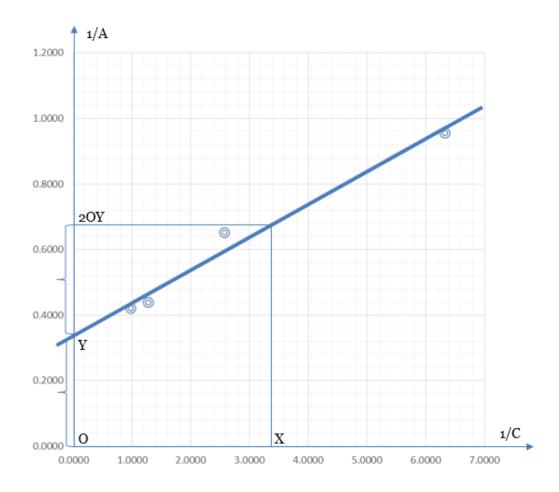
А – величина адсорбции, моль/кг

 $A_{\infty}$  - коэффициент уравнения Ленгмюра (предельная адсорбция), моль/кг

С – концентрация адсорбируемого вещества (адсорбтива) в растворе, моль/л

b – коэффициент уравнения Ленгмюра, моль/л

1) На миллиметровой бумаге постройте график зависимости 1/А от 1/С



2) По точкам на графике проведите усредняющую прямую до пересечения с осью 1/А (точку пересечения обозначим Y).

Коэффициент  $A_{\infty}$  найдем разделив 1 на значение в точке Y:

$$A_{\infty} = 1 / 0.34 = 2.94$$
 моль/кг

- 3) Теперь найдем коэффициент b:
  - удвоим отрезок ОҮ;
  - из точки 2OY проведем горизонтальную линию до усредняющей прямой;
  - от усредняющей прямой вниз проведем вертикальную линию до оси 1/C (точку пересечения обозначим X);
  - коэффициент b найдем разделив 1 на значение в точке X:

$$b = 1 / 3.4 = 0.3$$
 моль/л

Теперь мы можем рассчитывать величину адсорбции по уравнению Ленгмюра:

$$A = 2.94 * \frac{C}{0.3 + C}$$

- 17. Теоретический расчет величины адсорбции по уравнению Ленгмюра
  - 1) Рассчитайте величину адсорбции по уравнению Ленгмюра используя концентрацию из таблицы 2. Пример:

$$A = 2.94 * \frac{0.1581}{0.3 + 0.1581} = 1.0148$$
 моль/кг

	•			внение и́ндлиха	·	
Nº	С, моль/л	Аэксп., моль/кг	Аф., моль/кг	Аэксп./Аф.	Ал., моль/к	Аэксп./Ал.
1	0.1581	1.0459	1.0466	0.9994	1.0148	
2	0.3890	1.5311	1.5693	0.9756	1.6600	
3	0.7852	2.2777	2.1526	1.0581	2.1273	
4	1.0257	2.3741	2.4275	0.9780	2.2747	
				Аэксп./Аф.		Аэксп./Ал.
				средн.		средн.
				1.0028		

2) Чтобы оценить на сколько качественно уравнение Ленгмюра воспроизводит экспериментальные данные рассчитаем отношение экспериментальной величины адсорбции к теоретической по Ленгмюру:

#### Пример:

Аэксп. / Ал. = 
$$1.0459 / 1.0148 = 1.0307$$

Получим 4 коэффициента и найдем для них среднее арифметические, запишем его в таблицу в графу «Аэксп./Ал. средн.» (внизу):

1) Аэксп./Аф. средн. = 
$$(1.0307 + 0.9224 + 1.0707 + 1.0437) / 4 = 1.0169$$

				внение и́ндлиха	•	внение нгмюра
Nº	С, моль/л	Аэксп., моль/кг	Аф., моль/кг	Аэксп./Аф.	Ал., моль/к	Аэксп./Ал.
1	0.1581	1.0459	1.0466	0.9994	1.0148	1.0307
2	0.3890	1.5311	1.5693	0.9756	1.6600	0.9224
3	0.7852	2.2777	2.1526	1.0581	2.1273	1.0707
4	1.0257	2.3741	2.4275	0.9780	2.2747	1.0437
				Аэксп./Аф. средн. 1.0028		Аэксп./Ал. средн. 1.0169

18) В выводах укажите – какие величины были определены, какое уравнение Фрейндлиха или Ленгмюра лучше описывает адсорбцию на исследуемом адсорбенте.

Из полученных результатов мы видим, что уравнение Фрейндлиха лучше описывает адсорбцию в нашем эксперименте, т.к. средний коэффициент для него ближе к 1 (1.0028), по сравнению с таким же коэффициентом для уравнения Ленгмюра (1.0169).

# СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ.

Лабораторную работу выполнили студенты 2 курса 230 группы. Слынько Марк Говорунов Егор Дегтярева Валерия Батхиева Милана

Пятигорск 2013 год